



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**PROPOSTA DE IMPLANTANÇÃO DE DRENAGEM URBANA DO
BAIRRO JARDIM EUROPA DA CIDADE DE PATOS-PB**

Caio César Leite Rodrigues

Pombal - PB
2016

Caio César Leite Rodrigues

**PROPOSTA DE IMPLANTANÇÃO DE DRENAGEM URBANA DO
BAIRRO JARDIM EUROPA DA CIDADE DE PATOS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

Pombal - PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

R696p Rodrigues, Caio César Leite.
Proposta de implantação de drenagem urbana do bairro Jardim Europa da cidade de Patos-PB / Caio César Leite Rodrigues. – Pombal, 2016.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2016.

"Orientação: Por. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz".
Referências.

1. Drenagem Urbana. 2. Equação de Chuva. 3. Área de Influência. I. Queiroz, Manoel Moisés Ferreira de. II. Título.

CDU 696.121(043)

Caio César Leite Rodrigues

**PROPOSTA DE IMPLANTANÇÃO DE DRENAGEM URBANA DO
BAIRRO JARDIM EUROPA DA CIDADE DE PATOS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

(Orientador – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Prof^a. Dr^a Érica Cristine Medeiros Machado

(Examinador Interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

Prof. Dr. Marçal Rosas Florentino Lima Filho

(Examinador Externo – UFPB/*Campus* de João Pessoa-PB)

AOS MEUS PAIS

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo discernimento, coragem, fé, paciência e força que me conferiu ao longo da caminhada.

Aos meus pais, Maria Edilsa Leite e Lúcio Flávio Rodrigues que me apoiaram e incentivaram, confiando em meus ideais e princípios.

Aos meus irmãos, Flaviana, Leonardo e Cinthya que direto ou indiretamente me incentivaram a caminhar e vencer as batalhas da vida acadêmica.

Ao minha noiva Tamirys Ramos, por me apoiar e incentivar o alcançar dos meus sonhos.

As meu tio Ednaldo Leite de Oliveira, por me ajudar financeiramente e me apoiar durante todo o curso.

Ao meu professor orientador, Manoel Moisés Ferreira de Queiroz pela atenção e ensinamentos durante a realização deste trabalho e parte da vida acadêmica.

Aos amigos, Aldo Dantas, Rayza Souza e Talytta Ramos, pela amizade, confiança, apoio e grande ajuda na elaboração do referido trabalho.

Aos professores do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar que contribuíram para minha formação.

OBRIGADO!!!

RODRIGUES, C. C. L. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE DRENAGEM URBANA DO BAIRRO JARDIM EUROPA DA CIDADE DE PATOS-PB.** 2016. 48 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2016.

RESUMO

No presente trabalho foi definido a equação de chuva utilizando a distribuição de Gumbel, uma proposta de implantação de uma rede pluvial utilizando o método Racional, essa proposta conta com redes coletoras e transportadoras de águas pluviais, afim de amenizar os transtornos causados em um bairro localizado no município de Patos-PB.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Equação de Chuva, Área de influência

ABSTRAT

In the present work was to set the rain equation using the Gumbel distribution, a proposal of deploying a rain network using the Rational method, this proposal relies on collecting networks and carriers of pluvial waters, in order to alleviate the nuisance in a neighborhood located in the city of Patos-PB.

Keywords: Urban Drainage, Rain equation, area of influence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bairro Jardim Europa em 08/2011.....	13
Figura 2 – Bairro Jardim Europa em 01/2015.....	14
Figura 3 – Localização de Patos no Estado da Paraíba.....	17
Figura 4 - Rua Venâncio Costa, Jardim Europa após uma chuva, 04/2016.....	18
Figura 5 – Modelos de bocas-de-lobo.....	25
Figura 6 - Valores “observados e teóricos” da distribuição de Gumbel.	28
Figura 7 - Comportamento da curva IDF.	30
Figura 8 - Valores do log (t + t ₀) para o log da intensidade máxima	31
Figura 9 – Equação da chuva resultante.....	32
Figura 10 - Comparativo entre as curvas IDF.....	33

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Fórmulas da distribuição de Gumbel	19
Tabela 2 - Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva	21
Tabela 3 - Valores de C adotados pela Prefeitura de São Paulo	22
Tabela 4 - Coeficiente de rugosidade de Manning.	24
Tabela 5 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas	24
Tabela 6 - Distribuição de Gumbel	27
Tabela 7 - Distribuição de Gumbel para os devidos Tr	28
Tabela 8 - Alturas Máximas de acordo com o período de retorno	29
Tabela 9 - Intensidades Máximas em mm/h	29
Tabela 10 - LOG dos valores da Intensidade Máxima	30
Tabela 11 - Equação da chuva resultante	32
Tabela 12 - Valor Simulado a partir da equação de chuva	33
Tabela 13 - Dimensionamento da boca-de-lobo	35

LISTA DE APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Capacidade de condução do escoamento pelas sarjetas (Equação de Manning).....	41
Apêndice 2 - MÉTODO RACIONAL.....	42
Apêndice 3 - PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS.....	44
Apêndice 4 – Áreas de influência para cada trecho.....	45
Apêndice 5 – Projeto com bocas coletoras, poços de visita e galerias.....	46
Apêndice 6 – Perfil longitudinal do projeto.....	47
Apêndice 7 – Planilha de custo do projeto.....	48

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	15
3 OBJETIVOS	16
3.1 GERAL	16
3.2 ESPECÍFICOS	16
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	17
4.1 Área de estudo	17
4.2 Hidrologia – determinação das vazões do projeto.....	18
4.2.1 Equação de Chuva	20
4.3 Hidráulica – Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas	21
4.3.1 Terminologia.....	23
4.3.1.1 Sarjetas	23
4.3.1.2 Boca coletoras.....	25
4.3.1.3 Galerias	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Hidrologia – determinação das vazões de projeto.....	27
5.2 Hidráulica – Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas	34
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	
APÊNDICES	40

1 INTRODUÇÃO

Cheias naturais são fenômenos provocados pelo excesso de escoamento superficial, devido a uma intensa precipitação, é um processo cíclico, natural e benéfico ao ambiente, pois a presença de água sempre foi um fator relevante para o desenvolvimento das cidades (MIGUEZ et al., 2015).

O processo de urbanização modifica os padrões de uso do solo e com isso tem-se um agravamento nas enchentes urbanas, devido a uma maior disponibilização de escoamento superficial (MIGUEZ et al., 2015).

Como é o caso de algumas cidades brasileiras que por ter tipo um crescimento desordenado vem causando impactos significativos para a população como também meio ambiente, isto pela impermeabilização das bacias hidrográficas para que se possa implantar loteamentos e vários outros empreendimentos. Deixando a qualidade de vida da população cada vez menor, devido ao aumento dos números de enchentes que ocorrem nessas cidades, diminuição da quantidade e qualidade da água, e aumento de materiais sólidos jogados nos corpos receptores. (MANUAL DE DRENAGEM URBANA PARANÁ, 2002)

Além dos problemas de perdas de bens materiais existe um grande problema que é o surgimento de vetores de doenças como leptospirose, diarreia, febre tifóide e a proliferação de mosquito como o *Aedes aegypti* que é um dos maiores problemas que a população brasileira enfrenta hoje, pois pode causar várias doenças (TUCCI et al., 2005).

Esse problema ocorre também devido a ocupação de áreas inadequadas como áreas ribeirinhas, em locais com declividade acentuada entre outros. Além disso a falta de um Plano Diretor para que se tenha uma viabilização nos sistemas de drenagem e com isso diminuir os transtornos causados por esses impactos. (RAMOS et al., 1999).

Drenagem é o termo utilizado para designar o escoamento de águas através de instalações hidráulicas, podendo ser aplicadas em rodovias, zonas rurais e áreas urbanas. Esses sistemas hidráulicos pode ser de micro e macrodrenagem. Vamos utilizar nesse trabalho a drenagem urbana que tem o intuito de melhorar o

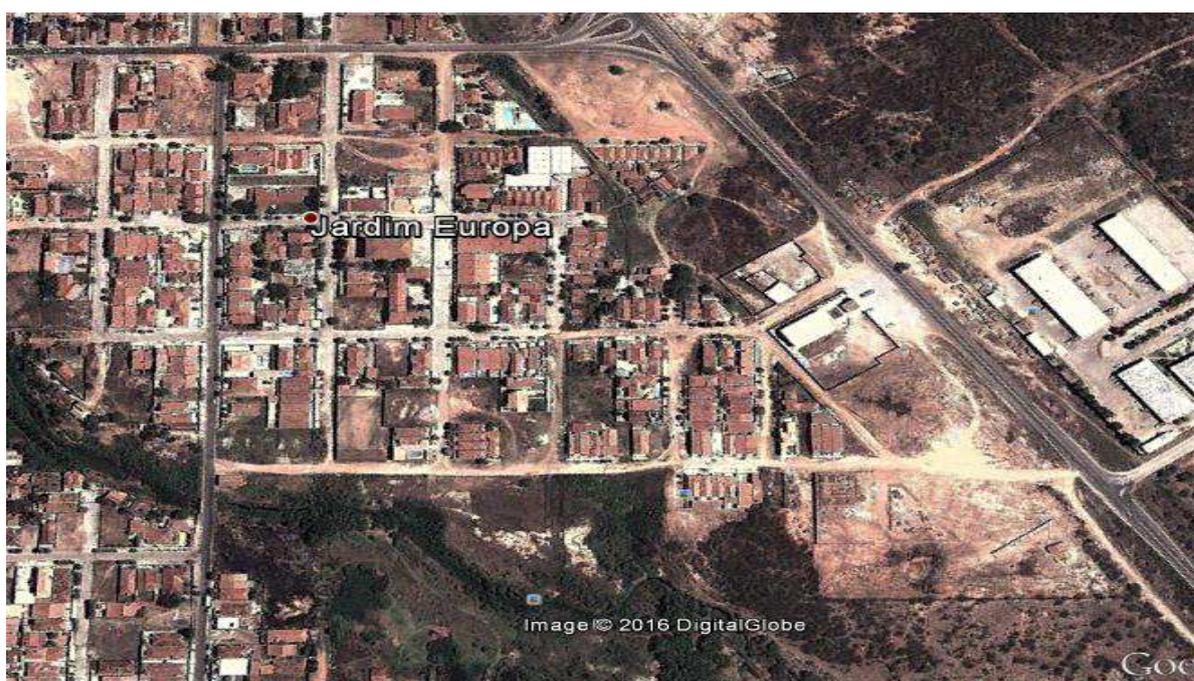
escoamento superficial, levando a água que antes inundava para jusante (MELLER et al., 2014).

Como o impacto da drenagem urbana geralmente é transferido para jusante, quem produz o impacto não será necessariamente o mesmo a sofrer com ele. Logo o poder público terá que interferir, fazendo uma regulamentação e planejamento, para que o problema não decorra sempre para aqueles com o menor poder aquisitivo (TEIXEIRA et al., 2005).

Diante disso a proposta de trabalho é projetar um sistema de drenagem, um projeto hidrológico e hidráulico como proposta de solução para essa localidade, apresentando ao órgão competente para que o mesmo possa tomar as soluções cabíveis.

É o caso da área de estudo cuja a problemática em questão é bastante evidente no qual traz grandes problemas para a população. Esse local teve sua vegetação retirada para construção civil, trazendo vários impactos significativos, um deles é a compactação do solo, impedindo a infiltração da água, fazendo com haja um alto nível de escoamento superficial, causando inundações no local, e com isso prejudicando a população, como é mostrado nas fotos a seguir como o local foi se transformando ao longo do tempo (Figura 1 e 2).

Figura 1 – Bairro Jardim Europa em 08/2011.



Fonte - Google Maps, 2016

Figura 2 – Bairro Jardim Europa em 01/2015.



Fonte - Google Maps, 2016.

2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem como objetivo, acabar com os transtornos causados pelas inundações frequentes, e melhorar a acessibilidade que é causado durante e depois de cada chuvas ocorridas no bairro Jardim Europa, devido à falta de um sistema de drenagem urbano (micro drenagem), como também, um Plano Diretor na cidade em questão.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Desenvolver um projeto técnico de sistema de drenagem urbana (micro drenagem), para o bairro Jardim Europa localizado no município de Patos – PB, considerando as características de uso e ocupação do solo e as condições hidrológicas do local.

3.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar a fisiografia da área;
- Desenvolver a equação de chuva para a localidade;
- Dimensionar o sistemas de micro drenagem;
- Construir um mapa representativo da área com os elementos hidráulicos de drenagem.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para realização desse trabalho foi necessário a utilização de programas computacionais como Qgis, permitindo a construção do mapa de localização do município de Patos no estado da Paraíba (figura 3), utilizou-se também o Autocad civil 3D, o qual proporcionou a elaboração do mapa da área de drenagem, como também, a área de influência de cada trecho, permitindo assim, saber onde alocar cada condutos que seriam utilizados na obra proposta (Apêndices 4 e 5), e o Excel para fabricação de planilhas e gráficos, onde todo cálculo de dimensionamento foi realizado (tabelas em geral).

4.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se na cidade de Patos, município do estado da Paraíba, Brasil, localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, à 307 km de João Pessoa (Figura 3). Seu bioma predominante é a caatinga e sua área tem 473,056 km², possui uma população aproximada de 107 mil habitantes, estimada em 2016 (IBGE, 2016). Possui uma altitude no ponto mais baixo de 211m e no ponto mais alto de 501 m. A temperatura média é de 25,5 C^o sendo o mês de janeiro o mais quente e o mês de julho o mais frio, e sua média de chuva dos últimos 30 anos foi de 241,5 mm (INMET, 2016).

Figura 3 – Localização de Patos no Estado da Paraíba



Fonte – Rodrigues, 2016

A área utilizada foi um bairro localizado ao norte da cidade (figura 2), cuja vegetação predominante encontra-se escassa devido ao avanço da construção civil, em que lotes em locais inadequados foram feitos e com isso tornou-se mais propício à inundação, sendo assim, exigira do órgão municipal uma estratégia bem elaborada para que os mesmos não apresentem problemas, em épocas de chuvas. Como mostra a figura 4.

Figura 4 - Rua Venâncio Costa, Jardim Europa após uma chuva, 04/2016.



Fonte – Rodrigues, 2016

4.2 Hidrologia – determinação das vazões do projeto.

Para construção do trabalho utilizou-se a distribuição de Gumbel, o qual mostrou-se bastante eficaz devido ao seu ajuste.

De acordo com Tomaz (2016), a distribuição de Gumbel ou Gumbel tem como objetivo encontrar a máxima enchente de um rio, a máxima precipitação, o máximo vento, entre outros.

Ao utilizar a distribuição de Gumbel, adquiriu-se os valores das máximas diárias de cada ano, a partir dos dados pluviométricos das estações localizada na cidade de estudo, disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde foram coletados os últimos 30 anos de precipitações, percebendo-se que no ano de 2009 teve uma chuva diária com 284,6mm, sendo a de maior precipitação desse estudo. Em seguida foi colocado essas precipitações

em ordem decrescente, para se fazer a distribuição Gumbel observada e teórica, tabela1.

Tabela 1 - Fórmulas da distribuição de Gumbel

H(mm)	M	P(M/N+1)	T	Variação de Gumbel, Y	
				Observ.	Teórico
X1	1	P1= (X1/4+1)	T1= 1/P1	-LN(-LN(1-1/T1))	(H(mm)-m (0,47*S))/ (0,7797*S)
X2	2	P2= (X2/4+1)	T2= 1/P2	-LN(-LN(1-1/T2))	(H(mm)-m (0,47*S))/ (0,7797*S)
X3	3	P3= (X3/4+1)	T3= 1/P3	-LN(-LN(1-1/T3))	(H(mm)-m (0,47*S))/ (0,7797*S)
X4	4	P4= (X4/4+1)	T4= 1/P4	-LN(-LN(1-1/T4))	(H(mm)-m (0,47*S))/ (0,7797*S)

Fonte – Tucci, 2005

onde: H(mm) = são as precipitações máximas diárias de cada ano;

P = probabilidade

M = é a ordem numérica crescente;

N = quantidade de amostras;

T = período de retorno;

m = média das precipitações;

S = desvio padrão das precipitações.

Feito essa distribuição foi possível calcular os parâmetros de Y e K, para os determinados períodos de retorno, depois utiliza-se o K, a média e desvio padrão para encontrar a precipitação ajustada. De acordo com a fórmula:

$$Y = -\text{LN}(-\text{LN}(1-1/T1)) \quad (1)$$

$$K = 0,7797 * Y - 0,45 \quad (2)$$

$$H(\text{mm}) = \text{Média} + (K * \text{Desv. Padrão}) \quad (3)$$

Média X: É a soma dos dados dividido pelo número deles.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Em Excel: X= MEDIA

Desvio padrão S: É a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças da media dividido por n-1.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$$

Em Excel: S= DESVPAD

4.2.1 Equação de Chuva

A obtenção da equação de chuvas intensas, também denominadas de curvas intensidade-duração-frequência (IDF), que relacionam a intensidade, duração e frequência de ocorrência de um evento em determinado período de retorno (CAMPOS et al., 2014), é expressa pela formula:

$$i = \frac{K * Tr^m}{(t+t_0)^n} \quad (4)$$

onde: i é a intensidade média da chuva em mm/h; t é a duração da chuva, em min; Tr é o período de recorrência, em anos; m, n, t₀ e K são parâmetros relativos ao ajuste da equação.

A equação permite sintetizar o feixe de curvas, mas, poderá apresentar erros, já que o ajuste nem sempre é perfeito. (GOERGEN, 2006).

De acordo com (CAMPOS et al., 2014), primeiro seleciona à precipitação máxima diária de cada ano da amostra, em seguida faz-se a desagregação das precipitações máximas de um dia para duração menores como 5; 10; 15; 20; 25; 30; 60; 360; 480; 600; 720; 1440 min., empregando o fator de desagregação a tabela 2. Com isso é possível calcular as alturas máximas, multiplica-se as precipitações H(mm) com os valores de desagregação fazendo assim o ajuste necessário para as alturas pluviométricas (TUCCI et al., 2005).

Tabela 2 - Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva

Relação entre alturas pluviométricas	Fator de desagregação
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,70
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/60min	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24h	0,85
24h/1d	1,14

Fonte - CETESB, 1986.

Feito isso coloca-se os valores que estão em minutos para hora, somando com t_0 , que melhor se ajuste na curva IDF. Depois cada valor encontrado no ajuste se logaritma, para em seguida visualizar como a curva se comporta e só então é feita a equação de chuva resultante onde se é feito um último gráfico para poder então ser retirado os parâmetros n , m , K e com isso visualizar a equação de chuva mostrada na formula 4 (TUCCI et al., 2005).

4.3 Hidráulica – Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas

Para obter a contribuição de cada trecho foi necessário dividir os lotes em quatro partes, começando pelas partes menores dos lotes, onde pegou-se o ângulo de 45° ligando uns aos outros como mostrado no apêndice 4, fazendo com que todos os trechos tivessem sua área de contribuição bem definida.

De acordo com TUCCI et al., 2005, a micro drenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Neste trabalho é mostrado os elementos físicos do projeto, como também os procedimentos para cálculo de vazão através do Método Racional.

Esse método em questão é bastante utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para pequenas bacias com até 100 hectares de área, tem como princípios básicos a duração da precipitação máxima de projeto, é igual ao tempo de

concentração da bacia, adota um coeficiente único de perdas “C” (TUCCI et al., 2005).

O modelo tem como equação:

$$Q = 2,78. C. i. A \quad (5)$$

onde: Q é a vazão máxima (m³/s); C é o coeficiente de escoamento; i é a intensidade da precipitação (mm/h); A à área da bacia (ha). O coeficiente de escoamento possui vários valores cada um atribuído com suas características, no presente trabalho foi utilizado o coeficiente de escoamento das zonas de edificação não muito densa para as ruas e edificação com poucas superfícies livres para os lotes, como mostrada na tabela 3.

Tabela 3 - Valores de C adotados pela Prefeitura de São Paulo

Zonas	C
Edificação muito densa: Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Matas, parques e campos de esporte: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte - Ramos et al., 1999.

4.3.1 Terminologia

De acordo com Ramos et al. (1999), para o dimensionamento de um sistema pluvial é necessário conter alguns condutos, os principais utilizados são:

- Galeria – canalização usada para conduzir águas pluviais captadas pelas bocas coletoras;
- Poço de Visita – estrutura do sistema de galeria onde permite mudanças de direção, declividade e diâmetro, como também limpeza das canalizações, estão alocadas em pontos estratégicos;
- Trecho Porção da galeria situada entre dois poços de visita;
- Bocas-de-lobo - Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais;
- Tubos de ligação - São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poços de visita;
- Meios-fios - Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio;
- 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;

4.3.1.1 Sarjetas

Para obter a capacidade de condução hidráulico de ruas e sarjetas, utilizou uma declividade de 3%, uma $h = 0,042\text{m}$ para ruas principais e $h_2 = 0,15$ para ruas secundarias onde o tráfego de veículos é bem menor, quando comparado à via principal (TUCCI et al., 2005). O dimensionamento hidráulico pode ser obtido pela equação de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (6)$$

onde: A é a área de drenagem; R é o raio hidráulico; S é a declividade do fundo e n o coeficiente de rugosidade. O valor de n é encontrado de acordo com as características do projeto, no caso desse trabalho foi utilizado 0,016 pois será utilizados pedras na composição do pavimento, mostrado na tabela 3.

Tabela 4 - Coeficiente de rugosidade de Manning.

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,3 – 0,40
Canais retilíneos com grama de até 30 cm de altura	0,3 – 0,06
Galeria de concreto	
pré-moldado com bom acabamento	0,011 – 0,014
moldado no local com formas metálicas simples	0,012 – 0,014
moldado no local com formas de madeira	0,015 – 0,02
Sarjetas	
asfalto suave	0,013
asfalto rugoso	0,016
concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
pavimento de concreto	0,014 – 0,016
pedras	0,016

Fonte - Tuccl, 2005

Outro valor a ser mostrado é o fator de redução da capacidade de escoamento que nos casos reais sofre limitações, no caso das sarjetas quando se acha a vazão teórica é multiplicado o fator de redução, que leva em conta as possibilidades de obstrução por lixo, carro e etc., como neste trabalho será utilizado sarjetas com declividade de 3%, logo o fator de redução será de 0,8. Como mostrado na tabela 5. (MANUAL DE DRANAGEM, 2005).

Tabela 5 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade das sarjetas (%)	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	0,2

Fonte - DAEE/ CETESB, 1980

4.3.1.2 Boca coletoras

Bocas coletoras ou bocas-de-lobo possuem três principais grupos, às bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Como é mostrado na figura 5.

Figura 5 - Modelos de bocas-de-lobo



Fonte – Tucci, 2005

Em seguida faz-se necessário calcular a capacidade de engolimento da boca-de-lobo, pois o acúmulo de água sobre a mesma, gera uma lâmina com altura menor do que a abertura da guia, podendo ser considerada como um vertedor (TUCCI et al., 2005), mostrada a parti da fórmula:

$$Q = 1,7 * L * y^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

onde: Q é a vazão de engolimento em m³/s ; L é o comprimento da soleira em m; y é a altura de água próxima à abertura na guia em m. Para uma boca-de-lobo guia padrão adota L= 1 e y= 0,1.

Como em casos reais o resultado teórico existe algumas limitações, e é necessário calcular um fator de redução para se obter a capacidade real de

engolimento da boca-de-lobo, o fator usado foi de 0,8 pois o tipo de boca-de-lobo usada no projeto foi a de guia (TUCCI et al., 2005). Assim foi possível saber quantas bocas-de-lobo usar em cada trecho do projeto.

4.3.1.3 Galerias

Para o dimensionamento das galerias é preciso saber o coeficiente de rugosidade utilizado na equação de Manning e saber também o tipo de boca-de-lobo adotado no projeto. Será utilizada a equação do Método Racional a fórmula 5.

O tempo de concentração utilizado foi de $t_c = 10$ min, que também será o tempo de partida, o diâmetro mínimo permitido pela literatura é de $D(m) = 0,3$ m, isso quer dizer que se na equação for calculado um $D_{cal} < 0,3$ m, logo será atribuído ao cálculo o $D_{dot} = 0,3$ m. ou seja sempre $D_{cal} < D_{dot}$, caso contrário atribui-se um D maior, sendo mostrado pela formula:

$$D = 1,55 \left(\frac{Qn}{S^{0,5}} \right)^{3/8} \quad (8)$$

onde: D é o diâmetro do galeria circular; Q é a vazão obtida pela fórmula 5; n é o coeficiente de rugosidade utilizado em Manning; S é a declividade do terreno.

De acordo com Botelho (1998), quando se obtém a vazão, também se obtém a velocidade.

Outra fórmula usada foi a de tempo de escoamento que foi obtida pela equação do movimento uniforme:

$$Tp = \frac{\text{distância}}{\text{velocidade}} \quad (9)$$

Com isso é somado com o tempo de escoamento do próximo pv. É preciso saber as cotas da galeria de acordo com a profundidade do terreno, neste caso foi possível que as galerias tivessem sempre 1 m de profundidade a menos, facilitando os cálculos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Hidrologia – determinação das vazões de projeto.

Como foi dito anteriormente, de início foi verificado as precipitação máxima diárias de cada ano, colocando em ordem crescente sendo possível montar a tabela 6, onde todos os valores foram calculados de acordo com a referida literatura. Nessa tabela mostra a distribuição de Gumbel onde os valores de H(mm), Yobs. e Yteór. formam um gráfico (figura 6), sabendo a partir daí se a distribuição está bem dimensionada ou não.

Tabela 6 - Distribuição de Gumbel

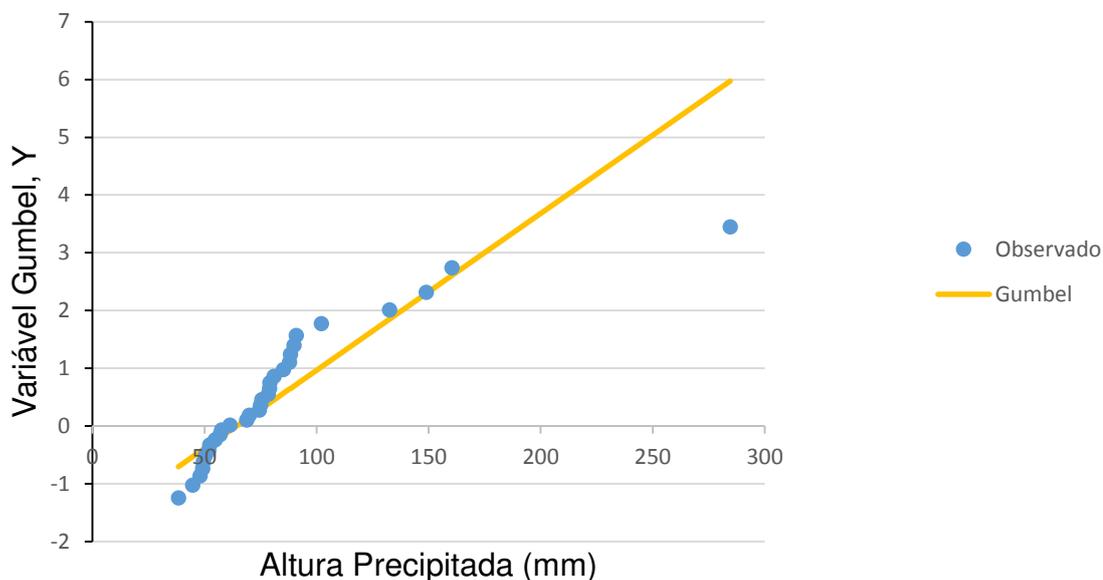
H(mm)	M	P(M/N+1)	T	Varia. De Gumbel, Y	
				Observ.	Teórico
284,6	1	0,03	32,00	3,4499	5,97366
160,4	2	0,06	16,00	2,74049	2,60536
149	3	0,09	10,67	2,31831	2,29619
132,6	4	0,13	8,00	2,01342	1,85142
102,2	5	0,16	6,40	1,77255	1,02698
91	6	0,19	5,33	1,57195	0,72323
90	7	0,22	4,57	1,39893	0,69611
88,4	8	0,25	4,00	1,2459	0,65272
88	9	0,28	3,56	1,10793	0,64187
85,2	10	0,31	3,20	0,98165	0,56594
81	11	0,34	2,91	0,86462	0,45203
79,2	12	0,38	2,67	0,75501	0,40322
79	13	0,41	2,46	0,65144	0,39779
78,5	14	0,44	2,29	0,55275	0,38423
75,6	15	0,47	2,13	0,45804	0,30558
75	16	0,50	2,00	0,36651	0,28931

H(mm)	M	P(M/N+1)	T	Varia. De Gumbel, Y	
				Observ.	Teórico
74,5	17	0,53	1,88	0,27749	0,275753
70	18	0,56	1,78	0,19034	0,153713
68,8	19	0,59	1,68	0,10449	0,121169
61,4	20	0,63	1,60	0,01936	-0,07952
57,6	21	0,66	1,52	-0,06564	-0,18257
57	22	0,69	1,45	-0,15113	-0,19885
54,8	23	0,72	1,39	-0,23784	-0,25851
52,4	24	0,75	1,33	-0,32663	-0,3236
52	25	0,78	1,28	-0,4186	-0,33445
50,4	26	0,81	1,23	-0,5152	-0,37784
49,5	27	0,84	1,19	-0,61858	-0,40225
49,2	28	0,88	1,14	-0,7321	-0,41038
48	29	0,91	1,10	-0,86168	-0,44293
44,7	30	0,94	1,07	-1,01978	-0,53242
38,4	31	0,97	1,03	-1,24292	-0,70328

Média	82,85
Desv P.	47,29

Fonte – Rodrigues, 2016

Figura 6 - Valores “observados e teóricos” da distribuição de Gumbel.



Fonte – Rodrigues, 2016.

Em seguida fez-se o ajuste de precipitações de acordo com as formulas 1, 2 e 3, mostrado pelo método de Gumbel, onde foi possível calcular os parâmetros de Y e K mostrado na tabela 7.

Tabela 7 – Distribuição de Gumbel para os devidos Tr.

Tr	Y	K	H(mm)
2	0,37	-0,16	75,08
5	1,50	0,72	116,88
10	2,25	1,30	144,55
15	2,67	1,63	160,16
20	2,97	1,87	171,09
25	3,20	2,04	179,51
50	3,90	2,59	205,45
75	4,31	2,91	220,52
100	4,60	3,14	231,19

Fonte – Rodrigues, 2016.

Feito esse ajuste, faz-se a altura dessas precipitações, onde é colocado as precipitações diárias em mm, multiplicando pelo valor de desagregação deixando cada períodos de retorno com as durações de chuva em mm, mostrado na tabela 8.

Tabela 8 - Valores Máximas de acordo com o período de retorno

		Valores máximos								
DURAÇÃO	VALOR DESAG.	2	5	10	15	20	25	50	75	100
5min/30min	0,34	7,69	11,97	14,80	16,40	17,52	18,38	21,04	22,58	23,67
10min/30min	0,54	12,21	19,01	23,51	26,05	27,82	29,19	33,41	35,86	37,60
15min/30min	0,70	15,83	24,64	30,47	33,76	36,07	37,84	43,31	46,49	48,74
20min/30min	0,81	18,32	28,51	35,26	39,07	41,74	43,79	50,12	53,80	56,40
25min/30min	0,91	20,58	32,03	39,62	43,89	46,89	49,20	56,30	60,44	63,36
30min/60min	0,74	22,61	35,20	43,53	48,23	51,53	54,06	61,87	66,41	69,63
1h/24h	0,42	30,56	47,57	58,83	65,18	69,63	73,06	83,61	89,75	94,09
6h/24h	0,72	52,39	81,54	100,85	111,74	119,37	125,24	143,34	153,85	161,30
8h/24h	0,78	56,75	88,34	109,25	121,05	129,31	135,68	155,28	166,68	174,74
10h/24h	0,82	59,66	92,87	114,86	127,26	135,95	142,64	163,24	175,22	183,70
12h/24h	0,85	72,76	113,25	140,07	155,20	165,79	173,95	199,08	213,69	224,03
24h/1d	1,14	85,60	133,24	164,79	182,58	195,04	204,64	234,21	251,40	263,56
1D		75,08	116,88	144,55	160,16	171,09	179,51	205,45	220,52	231,19

Fonte – Rodrigues, 2016.

Como os valores achados na tabela 9 estão em mm/min é preciso deixá-los em mm/h, com isso multiplica-se por 60 formando assim uma nova tabela 9, fazendo assim um gráfico mostrando a curva IDF, figura 7

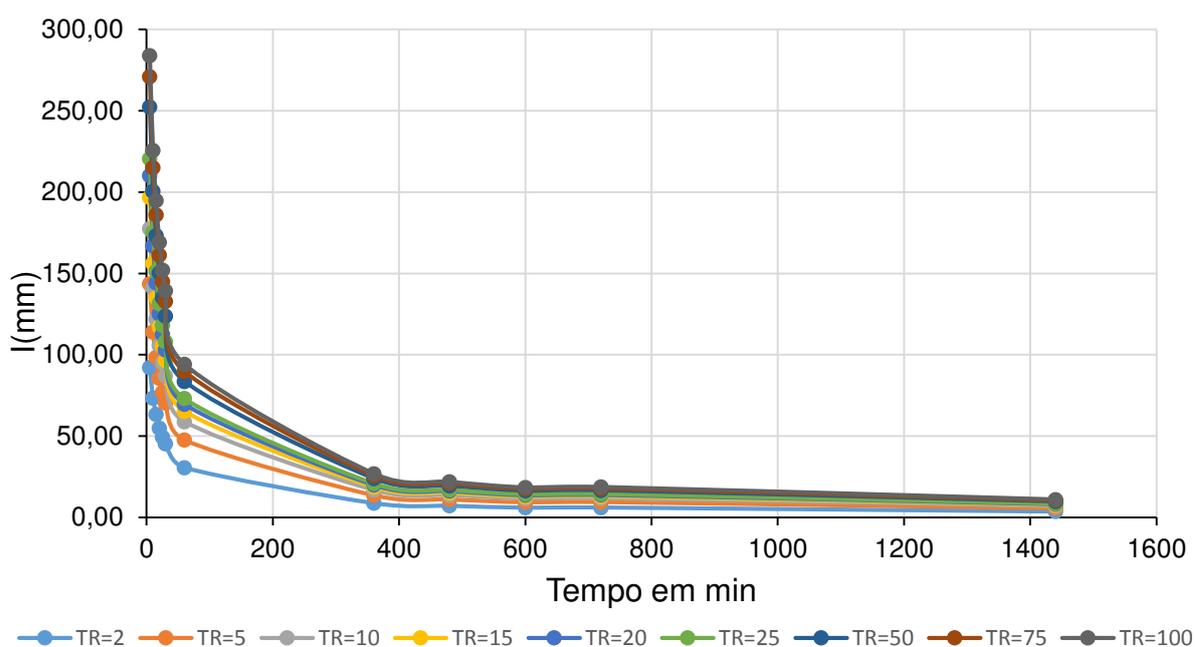
Tabela 9 - Intensidades Máximas em mm/h

		Intensidade Máximas							
DURAÇÃO	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=15	Tr=20	Tr=25	Tr=50	Tr=75	Tr=100
5	92,26	143,61	177,61	196,80	210,23	220,57	252,44	270,97	284,08
10	73,27	114,05	141,05	156,28	166,95	175,16	200,47	215,18	225,59
15	63,32	98,56	121,89	135,06	144,27	151,37	173,25	185,96	194,96
20	54,95	85,53	105,79	117,21	125,21	131,37	150,35	161,39	169,19
25	49,39	76,88	95,08	105,34	112,53	118,07	135,13	145,05	152,07
30	45,23	70,40	87,07	96,47	103,05	108,12	123,75	132,83	139,25
60	30,56	47,57	58,83	65,18	69,63	73,06	83,61	89,75	94,09

CONTINUAÇÃO...									
Intensidade Máximas									
DURAÇÃO	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=15	Tr=20	Tr=25	Tr=50	Tr=75	Tr=100
360	8,73	13,59	16,81	18,62	19,89	20,87	23,89	25,64	26,88
480	7,09	11,04	13,66	15,13	16,16	16,96	19,41	20,83	21,84
600	5,97	9,29	11,49	12,73	13,59	14,26	16,32	17,52	18,37
720	6,06	9,44	11,67	12,93	13,82	14,50	16,59	17,81	18,67
1440	3,57	5,55	6,87	7,61	8,13	8,53	9,76	10,47	10,98

Fonte – Rodrigues, 2016.

Figura 7 - Comportamento da curva IDF.



Fonte – Rodrigues, 2016.

Em seguida os valores são colocados em logaritmo (Tabela 10) para assim poder se obter a equação de chuva, adicionando o tempo inicial que melhor se ajuste na figura 8, mostrado a seguir.

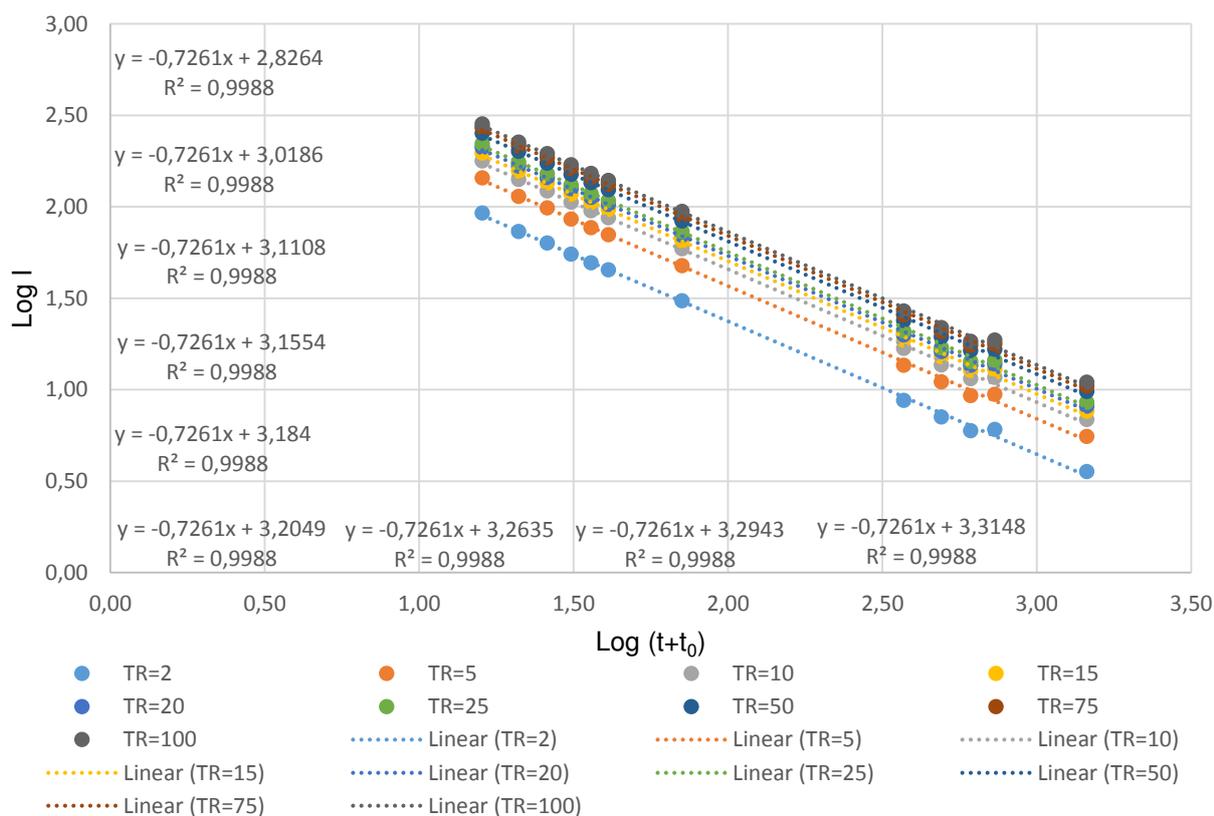
Tabela 10 - LOG dos valores da Intensidade Máxima

T0	DURAÇÃO	TR=2	TR=5	TR=10	TR=15	TR=20	TR=25	TR=50	TR=75	TR=100
11	1,20	1,97	2,16	2,25	2,29	2,32	2,34	2,40	2,43	2,45
11	1,32	1,86	2,06	2,15	2,19	2,22	2,24	2,30	2,33	2,35
11	1,41	1,80	1,99	2,09	2,13	2,16	2,18	2,24	2,27	2,29

Continuação...										
T0	DURAÇÃO	TR=2	TR=5	TR=10	TR=15	TR=20	TR=25	TR=50	TR=75	TR=100
11	1,49	1,74	1,93	2,02	2,07	2,10	2,12	2,18	2,21	2,23
11	1,56	1,69	1,89	1,98	2,02	2,05	2,07	2,13	2,16	2,18
11	1,61	1,66	1,85	1,94	1,98	2,01	2,03	2,09	2,12	2,14
11	1,85	1,49	1,68	1,77	1,81	1,84	1,86	1,92	1,95	1,97
11	2,57	0,94	1,13	1,23	1,27	1,30	1,32	1,38	1,41	1,43
11	2,69	0,85	1,04	1,14	1,18	1,21	1,23	1,29	1,32	1,34
11	2,79	0,78	0,97	1,06	1,10	1,13	1,15	1,21	1,24	1,26
11	2,86	0,78	0,97	1,07	1,11	1,14	1,16	1,22	1,25	1,27
11	3,16	0,55	0,74	0,84	0,88	0,91	0,93	0,99	1,02	1,04

Fonte – Rodrigues, 2016.

Figura 8 - Valores do log (t + t₀) para o log da intensidade máxima



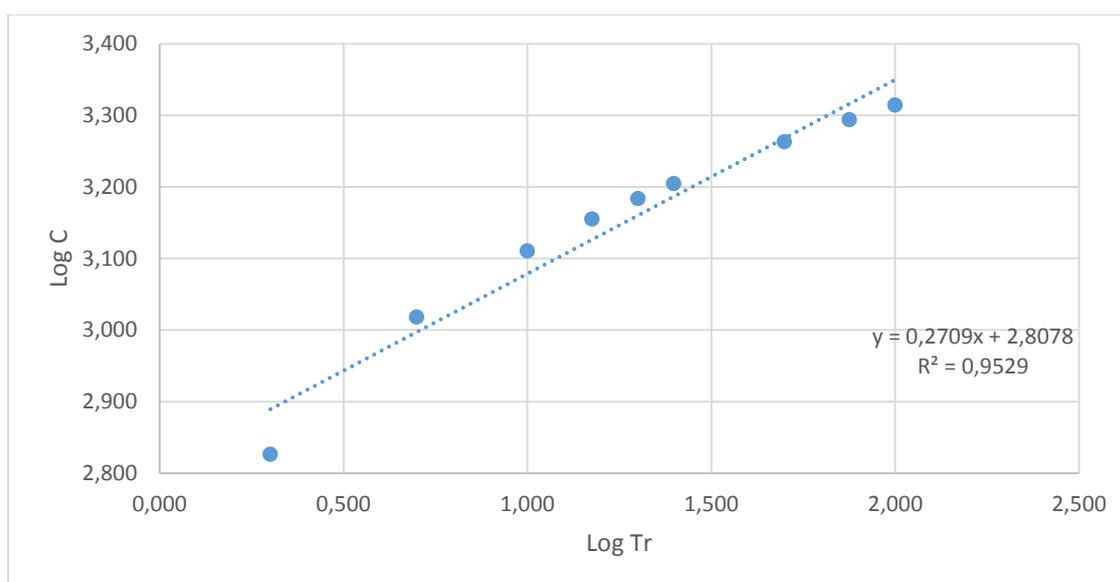
Fonte – Rodrigues, 2016.

Com isso é feito a equação de chuva resultante onde é colocado em log o período de retorno e feito um gráfico junto com os valores obtidos a partir da figura 8 através da equação de cada reta. Como é mostrado na tabela 11 e figura 9.

Tabela 11 - Equação da chuva resultante

EQUAÇÃO DA CHUVA RESULTANTE			
TR	Log TR	Log C	C
100	2,000	3,315	2064,429
75	1,875	3,294	1969,246
50	1,699	3,264	1834,425
25	1,398	3,205	1602,876
20	1,301	3,184	1527,566
15	1,176	3,155	1430,211
10	1,000	3,111	1290,625
5	0,699	3,019	1043,758
2	0,301	2,826	670,502

Fonte – Rodrigues, 2016.

Figura 9 – Equação da chuva resultante

Fonte – Rodrigues, 2016.

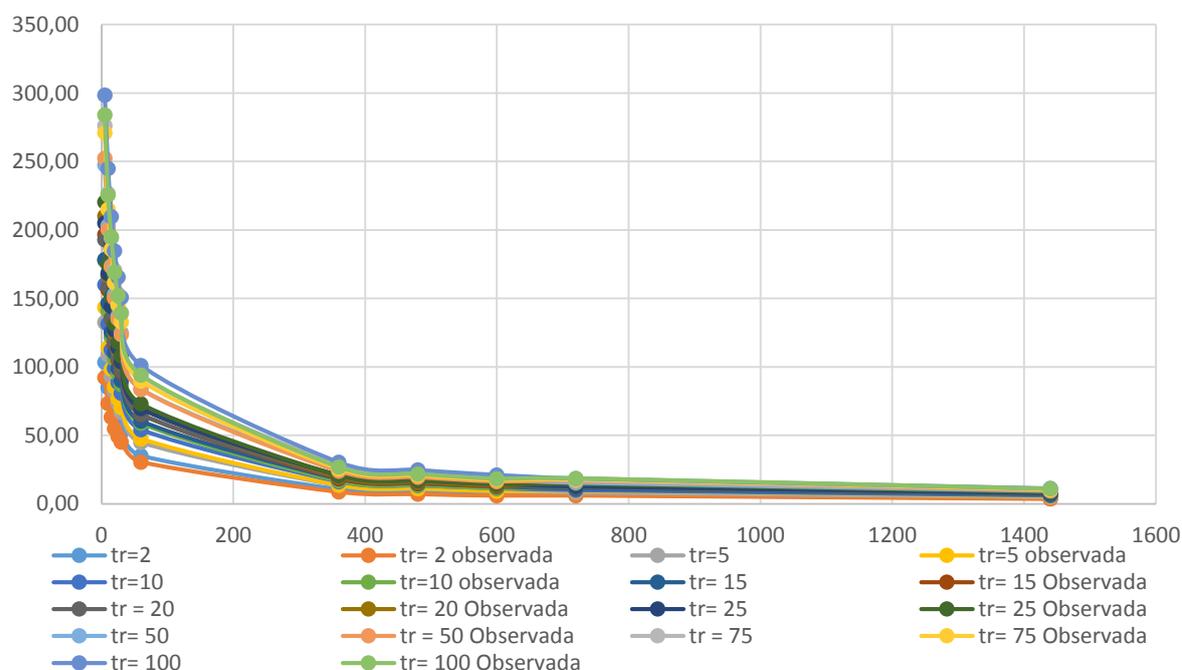
Sendo feita então a equação de chuva que é igual à: $i = \frac{642 * T^{0,2709}}{(T+11)^{0,7261}}$

Foi feito a partir daí um valor simulado (Tabela 12), usando a equação de chuva fornecendo novas curvas IDF, no qual pode-se fazer um comparativo com os valores observado e simulado (Figura 10), visualizando que as curvas quase que se sobrepõe uma com a outra, indicando que a equação de chuva está corroborando com o projeto.

Tabela 62 - Valor Simulado a partir da equação de chuva

Duração	Tr= 2	Tr= 5	Tr= 10	Tr= 15	Tr=20	Tr= 25	Tr= 50	Tr= 75	Tr= 100
5	103,46	132,61	160,00	178,58	193,05	205,08	247,44	276,17	298,55
10	84,92	108,85	131,33	146,58	158,46	168,33	203,11	226,69	245,06
15	72,72	93,21	112,47	125,52	135,70	144,15	173,93	194,12	209,86
20	64,00	82,04	98,98	110,47	119,43	126,87	153,08	170,85	184,70
25	57,42	73,60	88,80	99,11	107,14	113,82	137,33	153,27	165,69
30	52,24	66,96	80,80	90,18	97,49	103,56	124,95	139,46	150,76
60	35,07	44,95	54,23	60,53	65,43	69,51	83,87	93,60	101,19
360	10,56	13,53	16,32	18,22	19,70	20,92	25,24	28,18	30,46
480	8,61	11,04	13,32	14,86	16,07	17,07	20,60	22,99	24,85
600	7,35	9,42	11,36	12,68	13,71	14,56	17,57	19,61	21,20
720	6,45	8,27	9,98	11,13	12,04	12,79	15,43	17,22	18,61
1440	3,92	5,03	6,06	6,77	7,32	7,77	9,38	10,47	11,31

Fonte – Rodrigues, 2016.

Figura 10 - Comparativo entre as curvas IDF.

Fonte – Rodrigues, 2016.

5.2 Hidráulica – Dimensionamento das Estruturas Hidráulicas

Com a equação de chuva pronta, pôde dar continuidade, agora para o dimensionamento das sarjetas, nessa parte do projeto alguns aspectos vai de acordo com o projetista, como por exemplo quanto à declividade das sarjetas, outro foi o nível da água, na qual foi adotado que nas ruas secundarias fosse adotada 0,15 m já que o fluxo de carro é bem menor quando comparado a rua principal, já na rua o nível foi de 0,042. Isso quer dizer que à cada dois anos vai ter um alagamento onde as calçadas será inundadas, foi escolhido dessa forma pois o custo da obra será bem menor pois terá menos boca de lobo, menos galeria e etc. outro fator que foi levado em conta foi que todas as casas ou boa parte delas estão construídas bem acima do nível da sarjeta em de 50cm a cima. Com isso fez-se o dimensionamento como mostrado no apêndice 1.

Outro dimensionamento feito foi o das bocas coletoras, que precisou ser feito antes um cálculo da vazão Q, obtido pelo Método Racional Apêndice 2, no qual é necessário saber área de drenagem do trecho, o coeficiente escoamento ponderado e a intensidade, também é visto qual coeficiente e fator de redução usar como mostrado anteriormente, com isso calcula-se a vazão e subtrai com a capacidade real da sarjeta, sabendo se aquele trecho necessita ou não de uma boca coletora.

Para fazer o cálculo da área de drenagem, construiu-se um mapa contendo toda a área de estudo no qual foi possível saber o sentido do escoamento, suas curvas de níveis e a área que lote contribui para a drenagem como é visualizado no Apêndice 4.

Se o cálculo da Vazão que chega, menos a capacidade real da sarjeta em (m^3/s), for negativo aquele trecho em questão não precisará de boca coletora, mais caso seja positivo então é feito o dimensionamento da mesma, nesse projeto foi escolhido a boca coletora de guia que possui comprimento de abertura (L) = 1 e altura máxima da guia (y) = 0,1, e fator de redução = 0,8, que é multiplicado com a capacidade de engolimento teórico, achando assim a Capacidade de engolimento real e dividido com a vazão encontrada no método Racional para se saber quantas bocas-de-lobo se faz necessária para cada trecho. Como mostrado na tabela 13.

Tabela 7 - Dimensionamento da boca-de-lobo.

Rua		Comprimento de abertura (L _{bl})	Altura máxima da guia (y)	Capacidade de engolimento teórico (Q _{bl})	Fator de redução	Capacidade real de engolimento da BL	Quantidade de bocas de lobo
1	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,374869671
	Abaixo	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,787809636
3	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,320331549
	Abaixo	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,766365822
4	Esquerda	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,345801099
	Direita	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,367537288
5	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,54261336
	Abaixo	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,808453436
6	Esquerda	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,84034886
7	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	2,127293987
	Abaixo	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,790984723
8	Esquerda	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,693452392
9	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,782588928
	Abaixo	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,848547186
12	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,192575153
13	Esquerda	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,326011073
	Direita	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	0,714239298
14	Acima	1	0,1	0,05375872	0,8	0,043006976	1,389667483

Fonte – Rodrigues, 2016.

O apêndice 3 mostra o dimensionamento das galerias utilizando a distância entre os poços de visita (PV), a área de contribuição desse trecho junto com o coeficiente ponderado achado a partir do apêndice 2 e a equação de chuva, que pode mudar de acordo com o tempo de concentração naquele trecho. Sabendo então qual será o diâmetro da tubulação como também sua velocidade em cada trecho.

No Apêndice 5, mostra o projeto com boca coletora, poços de visitas e galerias, todos dimensionados de acordo com o que foi mostrado nas tabelas de dimensionamento.

Em seguida tem-se o Apêndice 6 onde mostra o perfil longitudinal da tubulação apresentada, mostrando como o mesmo se comporta em relação ao terreno.

Após feito toda a base de cálculo, é feito o custo da obra total de acordo com o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), através do mesmo é possível saber quanto custa cada item a ser utilizado, sendo feita assim uma tabela mostrando toda a base de cálculo, foi utilizado o SINAPI outubro de 2016, (Apêndice 7).

6 CONCLUSÃO

No projeto foram feitas algumas escolhas que supostamente são as melhores tendo em vista o que foi aprendido, levando em consideração ao custo da obra como também o bem estar da população que ali reside.

Esse projeto deve um custo de um pouco mais de 2 milhões onde foi feito o cálculo desde a mão de obra até o pavimento final em paralelepípedo, sendo feito todos os condutos necessário para se obter uma drenagem pluvial adequada.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, M. H. C. **CHUVAS DE ÁGUA - ENGENHARIA DAS ÁGUAS PLUVIAIS NAS CIDADES**. 2 Ed, 1998.

CAMPOS, A. R; SANTOS, G. G; SILVA, J. B. L; IRENE FILHO, J; LOURA, D. S. Equações de intensidade-duração- frequência de chuvas para o estado do Piauí. **Rev. Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 488-498, 2014.

GOERGEN, R. A. **AJUSTE DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ USANDO METODOS NÃO LINEARES**. 2006. 46 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), UNIOESTE, Cascavel – PR, 2006.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251080&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acessado em: 11/08/2016

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia** – 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em: 10/08/2016.

MELLER, G. DRESCH, F; DARONCO, G. **A necessidade de uma drenagem urbana sustentável**. Relatório técnico in: XXII Seminário de Iniciação Científica, Injuí, Santa Rosa, Panambi e Três Passos, 2014.

MIGUEZ, M. G; VERÓL, A. P; REZENDE, O. M. **DRENAGEM URBANA: Do projeto nacional à sustentabilidade**. 1 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MANUAL DE DRENAGEM URBANA - Instituto de Pesquisas Hidráulicas (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Volume VI, 2005.

MANUAL DE DRENAGEM URBANA: Região Metropolitana de Curitiba – PR. Governo do estado do Paraná. Versão 1.0 – DEZ 2002.

RAMOS, C. L; CÂMARA, F. A; MARTINS, J. R. S; IKELDA, L. E. S; GÓI, M. L. C; PORTO, M. F. A; MAGNI, N. L. GÓI; PORTO, R. L; ASSAE, S; FUSHIQURO, Y. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Reedição eletrônica, 1999.

SINAPI - **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** – 2016 Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acessado em 01/10/2016.

TEIXEIRA, E. C; ZIMMERMANN, S. L. DUARTE; PINTO, F. J. F; CARMONA, M. V; BEMFICA, D; CRUZ, M. A. S. **Plano diretor de drenagem: Manual de Drenagem Urbana**. Vol. VI., 2005.

TOMAZ, P. **CURSO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS:CAPÍTULO 151 (DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL E LOG-PEARSON TIPO III)**, 2016. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo151.pdf>. Acessado: 29/09/2016.

TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana: 5ª Coleção ABRH de cursos hídricos**, 2005.

APENDICES

APÊNDICE 1 – Capacidade de condução do escoamento pelas sarjetas (Equação de Manning)

Rua	Inclinação transversal da sarjeta	Nível d'água hmáx (m)	Largura da sarjeta Ls (m)	Largura inclinada (m)	Área do escoamento (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio hidráulico (m)	Cotas do terreno (m)		Comprimento da via (m)	Declividade longitudinal da via (m/m)	Coeficiente de Manning	Vazão teórica da sarjeta (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Fator de redução (tabela)	Capacidade real da sarjeta (m ³ /s)
								Montante	Jusante							
1,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	233,12	232,35	75,70	0,01	0,02	0,01	0,47	0,80	0,01
2,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,38	233,12	114,20	0,02	0,02	0,57	1,53	0,80	0,46
3,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	233,12	233,00	70,88	0,00	0,02	0,01	0,19	0,80	0,00
4,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	233,24	233,00	110,70	0,00	0,02	0,01	0,22	0,80	0,01
5,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	233,54	233,00	76,20	0,01	0,02	0,01	0,39	0,80	0,01
6,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,08	233,54	108,80	0,01	0,02	0,49	1,30	0,80	0,39
7,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	235,00	233,54	59,32	0,02	0,02	0,02	0,73	0,80	0,02
8,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	237,28	235,00	105,38	0,02	0,02	0,60	1,60	0,80	0,48
9,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	238,08	235,00	96,80	0,03	0,02	0,02	0,83	0,80	0,02
10,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,38	234,12	73,74	0,02	0,02	0,53	1,42	0,80	0,43
11,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	238,13	235,38	97,44	0,03	0,02	0,69	1,83	0,80	0,55
12,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,38	233,24	73,50	0,03	0,02	0,70	1,86	0,80	0,56
13,00	0,03	0,04	1,40	1,40	0,03	1,44	0,02	236,39	233,24	97,44	0,03	0,02	0,02	0,84	0,80	0,02
14,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,08	233,24	76,15	0,02	0,02	0,64	1,69	0,80	0,51
15,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	234,26	234,08	76,83	0,00	0,02	0,20	0,53	0,80	0,16
16,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	238,24	234,08	68,37	0,06	0,02	1,01	2,69	0,80	0,81
17,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	237,27	234,26	114,07	0,03	0,02	0,66	1,77	0,80	0,53
18,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	238,13	237,24	73,70	0,01	0,02	0,45	1,20	0,80	0,36
19,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	239,15	238,13	75,02	0,01	0,02	0,48	1,27	0,80	0,38
20,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	238,13	236,39	74,00	0,02	0,02	0,63	1,67	0,80	0,50
21,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,16	234,36	87,44	0,01	0,02	0,39	1,04	0,80	0,31
22,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	234,63	234,36	48,32	0,01	0,02	0,31	0,81	0,80	0,24
23,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,67	234,36	51,50	0,03	0,02	0,65	1,74	0,80	0,52
24,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	241,68	239,10	73,70	0,04	0,02	0,76	2,04	0,80	0,61
25,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	239,65	239,10	81,53	0,01	0,02	0,34	0,89	0,80	0,27
26,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	239,10	235,16	83,48	0,05	0,02	0,89	2,37	0,80	0,71
27,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	237,55	235,16	101,57	0,02	0,02	0,63	1,67	0,80	0,50
28,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	235,67	235,16	98,30	0,01	0,02	0,29	0,78	0,80	0,24
29,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	241,38	238,24	109,00	0,03	0,02	0,69	1,85	0,80	0,55
30,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	234,36	234,26	29,50	0,00	0,02	0,24	0,63	0,80	0,19
31,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	236,39	234,36	53,20	0,04	0,02	0,80	2,13	0,80	0,64
32,00	0,03	0,15	5,00	5,00	0,38	5,15	0,07	236,00	235,67	19,40	0,02	0,02	0,43	1,14	0,80	0,34

Fonte – Rodrigues, 2016.

 $n = \text{Paralelepípedo } 0,016$

Caminho principal

Caminho secundário

Apêndice 2 - MÉTODO RACIONAL

Ruas		Área da rua (m ²)	Área do lote (m ²)	Coefficiente de escoamento da rua	Coefficiente de escoamento do lote	Coefficiente de escoamento (ponderado)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de precipitação (mm/h)	Área de drenagem (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Vazão que chega menos a capacidade real da sarjeta (m ³ /s)
1,00	Acima	1182,49	3156,41	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004339	0,06	0,05
	Abaixo	441,69	2087,41	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002529	0,03	0,02
2,00	Esquerda	740,79	2148,66	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002889	0,04	-0,42
	Direita	740,79	2078,73	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002820	0,04	-0,42
3,00	Acima	1122,39	3046,79	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004169	0,06	0,05
	Abaixo	381,59	2087,41	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002469	0,03	0,03
4,00	Esquerda	1358,60	2852,00	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004211	0,06	0,05
	Direita	1337,10	2949,40	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004286	0,06	0,05
5,00	Acima	1724,09	3071,94	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,004796	0,07	0,06
	Abaixo	499,55	2087,41	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002587	0,03	0,03
6,00	Esquerda	737,23	1912,16	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002649	0,04	-0,35
	Direita	1224,54	2064,80	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,003289	0,05	-0,34
7,00	Acima	1925,63	4770,36	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,006696	0,09	0,07
	Abaixo	450,59	2087,41	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002538	0,03	0,02
8,00	Esquerda	674,09	1500,23	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002174	0,03	-0,45
	Direita	1475,03	4202,43	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,005677	0,08	-0,40
9,00	Acima	611,92	1868,94	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002481	0,03	0,01
	Abaixo	611,92	2087,41	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002699	0,04	0,02
10,00	Acima	1250,46	2571,97	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,003822	0,05	-0,37
	Abaixo	577,56	956,71	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,001534	0,02	-0,41
11,00	Esquerda	672,90	1597,64	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002271	0,03	-0,52
	Direita	672,90	1620,45	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002293	0,03	-0,52
12,00	Acima	1263,54	2456,82	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,003720	0,05	-0,51
	Abaixo	590,64	889,64	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,001480	0,02	-0,54
13,00	Esquerda	1075,65	3120,84	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004196	0,06	0,04
	Direita	643,36	1605,39	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002249	0,03	0,01
14,00	Acima	1491,36	2840,39	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004332	0,06	-0,45
	Abaixo	569,14	962,81	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,001532	0,02	-0,49
15,00	Esquerda	434,91	1354,16	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,001789	0,02	-0,13
	Direita	2570,70	6668,14	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,009239	0,13	-0,03
16,00	Acima	487,31	553,16	0,65	0,55	0,60	10,00	84,92	0,001040	0,01	-0,79
	Abaixo	487,31	484,93	0,65	0,55	0,60	10,00	84,92	0,000972	0,01	-0,79

CONTINUAÇÃO...

Ruas		Área da rua (m ²)	Área do lote (m ²)	Coeficiente de escoamento da rua	Coeficiente de escoamento do lote	Coeficiente de escoamento (ponderado)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de precipitação (mm/h)	Área de drenagem (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Vazão que chega menos a capacidade real da sarjeta (m ³ /s)
17,00	Esquerda	667,42	761,94	0,65	0,55	0,60	10,00	84,92	0,001429	0,02	-0,51
	Direita	1468,37	5405,18	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,006874	0,09	-0,44
18,00	Acima	2526,22	4925,11	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,007451	0,10	-0,26
	Abaixo	560,08	907,41	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,001467	0,02	-0,34
19,00	Esquerda	1966,14	3980,64	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,005947	0,08	-0,30
	Direita	445,50	956,50	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001402	0,02	-0,36
20,00	Acima	877,79	3427,49	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,004305	0,06	-0,44
	Abaixo	432,29	1547,60	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,001980	0,03	-0,47
21,00	Esquerda	1880,39	5005,40	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,006886	0,09	-0,22
	Direita	1978,27	5861,98	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,007840	0,11	-0,21
22,00	Acima	511,18	1134,96	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001646	0,02	-0,22
	Abaixo	603,90	1930,55	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002534	0,03	-0,21
23,00	Esquerda	248,86	549,21	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,000798	0,01	-0,51
	Direita	341,57	889,38	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001231	0,02	-0,50
24,00	Acima	504,11	1027,52	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001532	0,02	-0,59
	Abaixo	504,11	937,29	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001441	0,02	-0,59
25,00	Esquerda	512,42	1029,16	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001542	0,02	-0,25
	Direita	512,42	845,44	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,001358	0,02	-0,25
26,00	Acima	543,44	1506,00	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002049	0,03	-0,68
	Abaixo	543,44	1503,02	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002046	0,03	-0,68
27,00	Esquerda	544,43	1027,99	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001572	0,02	-0,48
	Direita	544,43	1492,63	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002037	0,03	-0,47
28,00	Acima	638,73	2186,76	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,002825	0,04	-0,20
	Abaixo	546,02	1235,44	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,001781	0,02	-0,21
29,00	Acima	800,94	1297,94	0,65	0,55	0,59	10,00	84,92	0,002099	0,03	-0,53
	Abaixo	800,94	2138,52	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,002939	0,04	-0,51
30,00	Esquerda	1746,33	4810,41	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,006557	0,09	-0,10
	Direita	1338,48	3343,41	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,004682	0,06	-0,13
31,00	Acima	1200,36	3753,26	0,65	0,55	0,57	10,00	84,92	0,004954	0,07	-0,57
	Abaixo	322,57	610,98	0,65	0,55	0,58	10,00	84,92	0,000934	0,01	-0,63
32,00	Acima	92,71	19,42	0,65	0,55	0,63	10,00	84,92	0,000112	0,00	-0,34
	Abaixo	92,71	74,46	0,65	0,55	0,61	10,00	84,92	0,000167	0,00	-0,34

Fonte – Rodrigues, 2016.

Apêndice 3 - PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS

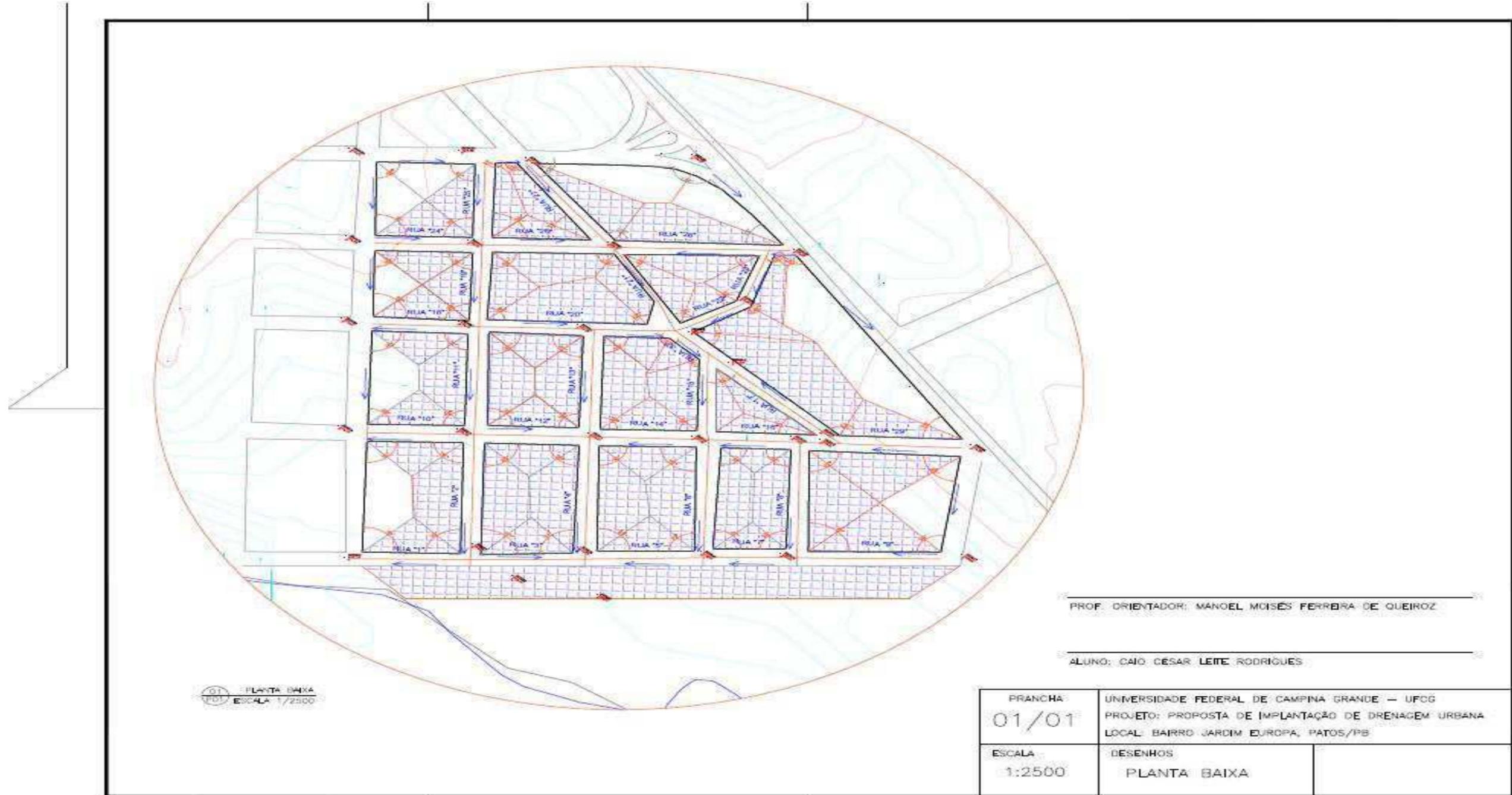
		Área de contribuição (m ²)						Cota do terreno no PV (m)					Diâmetro necessário	Diâmetro adotado		Fórmula de Ganguillet-Kutter p/ escoamento a seção plena e n=0,013		Cotas do topo da galeria (m)	
Trecho	Extensão (m)	Trecho	Acumulado	tc (min)	i (mm/h)	Ce	Q (m ³ /s)	Montante	Jusante	St (m/m)	S (m/m)	n	D (m)	D (m)	Fh	Velocidade (m/s)	tp (min)	Montante	Jusante
PV 8 - PV 7	69,4	14497,4	14497,4	10	84,92	0,581	0,199	233,24	233,10	0,0022	0,0022	0,013	0,524	0,6	0,0005	0,99	1,169	232,24	232,10
PV 7 - PV 2	42,1	4248,5	18745,9	11,16852	81,65	0,582	0,248	233,10	233,00	0,0022	0,0022	0,013	0,569	0,6	0,0006	0,99	0,709	232,10	232,00
PV 6 - PV 5	32,3	7354,5	7354,5	10	84,92	0,575	0,100	235,00	234,20	0,0246	0,0246	0,013	0,257	0,3	0,0051	2,02	0,267	234,00	233,20
PV 5 - PV 4	26,8	3348,0	29448,4	10,2665	84,15	0,579	0,399	234,20	233,58	0,0246	0,0246	0,013	0,431	0,5	0,0052	2,96	0,151	233,20	232,58
PV 4 - PV 3	38,8	11883,4	11883,4	10,41746	83,72	0,575	0,159	233,58	233,10	0,0071	0,0071	0,013	0,386	0,5	0,0011	1,59	0,407	232,58	232,10
PV 3 - PV 2	36,1	2398,0	14281,4	10,82459	82,58	0,586	0,192	233,10	233,00	0,0071	0,0071	0,013	0,414	0,5	0,0013	1,59	0,378	232,10	232,00
PV 2 - PV 1	140,7	22518,3	36799,7	11,8771	79,80	0,577	0,471	233,00	232,35	0,0046	0,0046	0,013	0,628	0,7	0,0011	1,66	1,412	232,00	231,35
PV 1 - Canal	26,9	6868,0	43667,7	13,28935	76,41	0,572	0,531	232,35	231,85	0,0186	0,0186	0,013	0,506	0,7	0,0024	3,26	0,138	231,35	230,85

Fonte – Rodrigues, 2016.

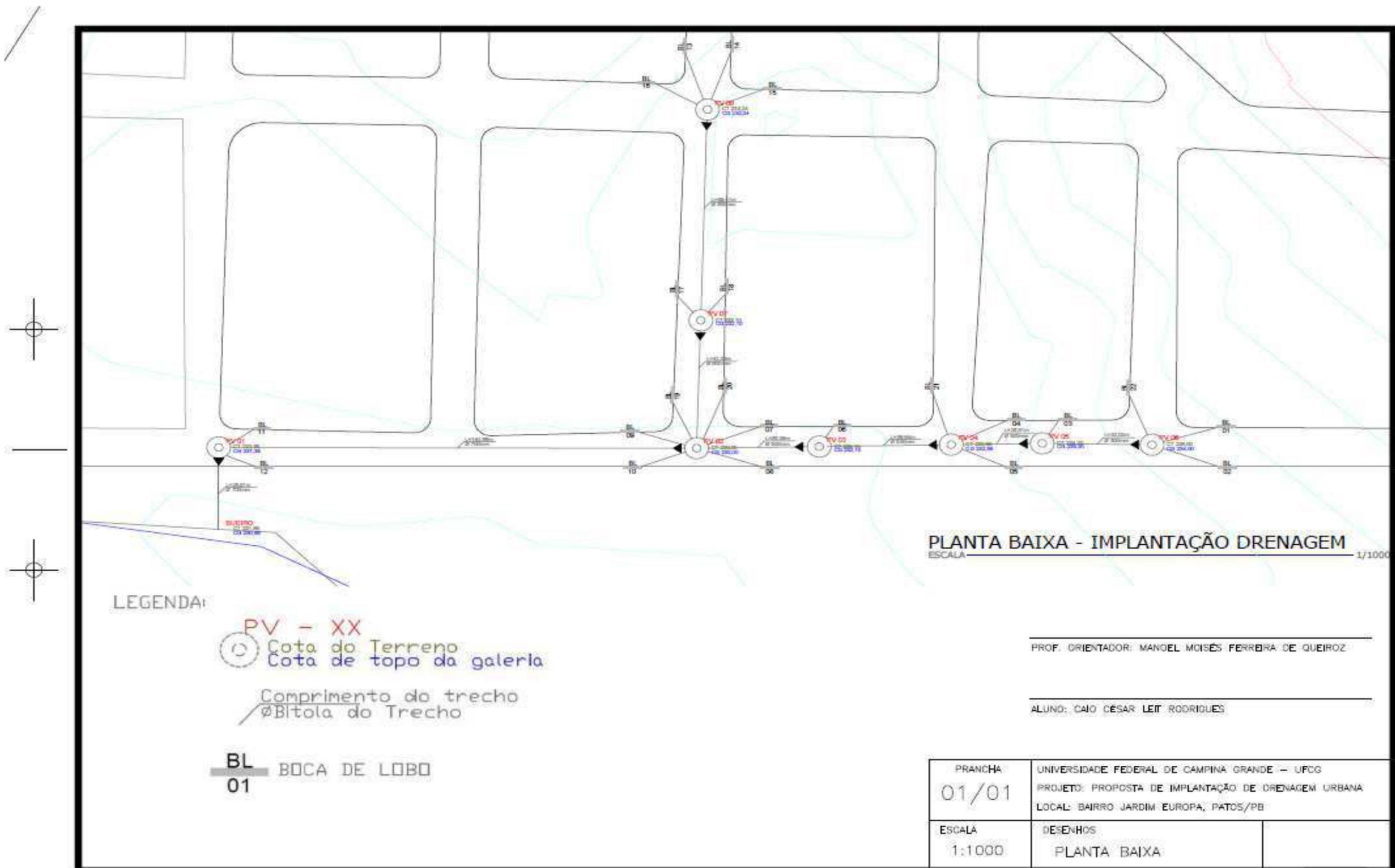
CURVA IDF					
C1	C2	C3	C4	Tr	t
642	0,2709	11	0,7261	2	10

i=	84,92	mm/h
----	-------	------

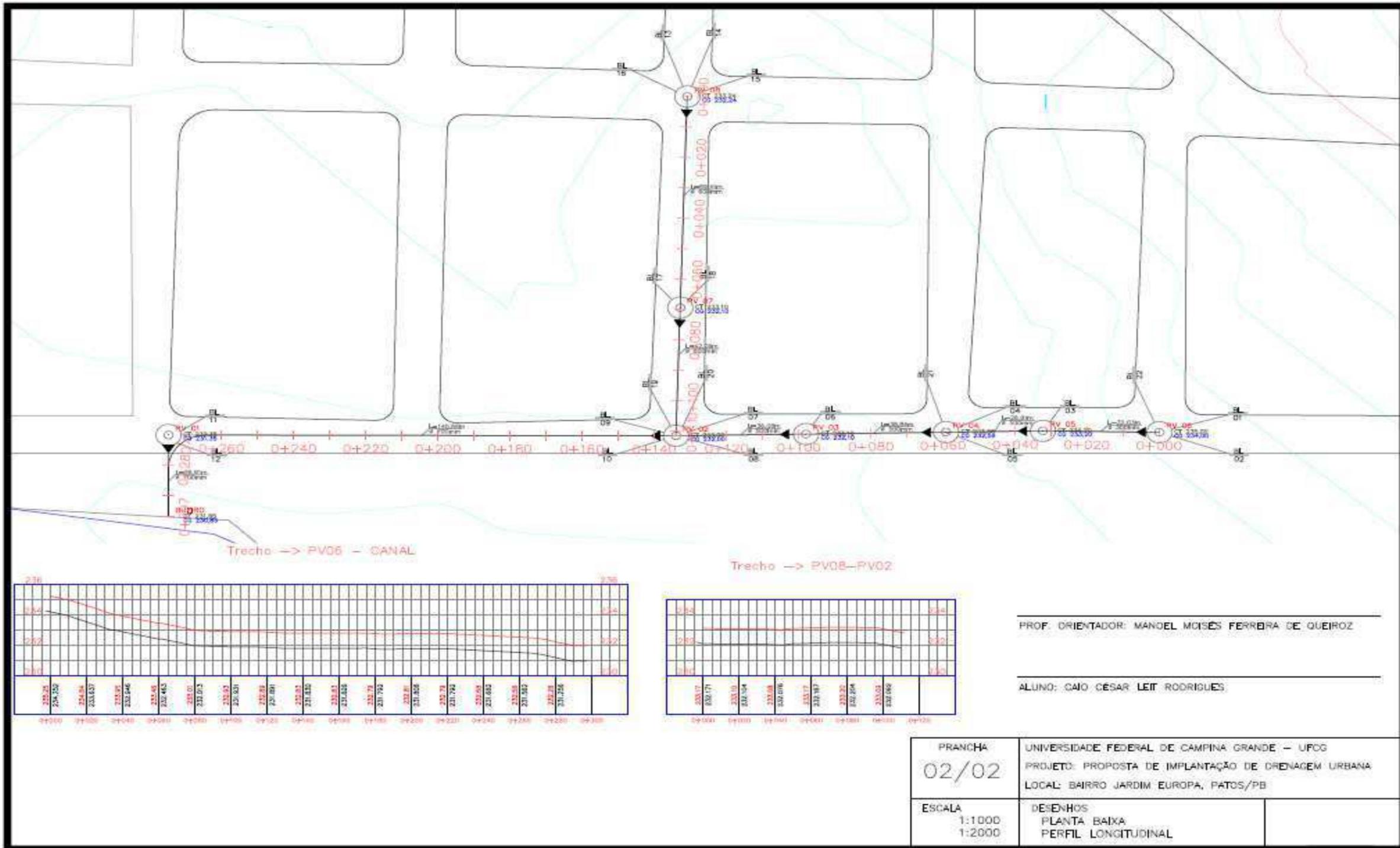
Apêndice 4 – Áreas de influência para cada trecho



Apêndice 5 – Projeto com bocas coletoras, poços de visita e galerias



Apêndice 6 – Perfil longitudinal do projeto



Apêndice 7 – Planilha de custo do projeto

DRENAGEM PLUVIAL						
5.0	Drenagem Global		Memória de Cálculo		R\$	2.223.033,56
5.1	Locacao e nivelamento de emissario/rede coletora com auxilio de equipamento topográfico	m	413,10	1,84	760,10	SINAPI 85323
5.2	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2012	m	316,17	102,83	32.511,56	SINAPI 92210
5.3	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2013	m	101,70	165,54	16.835,42	SINAPI 92211
5.4	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2014	m	111,50	212,67	23.712,71	SINAPI 92212
5.5	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 700 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	m	167,60	298,65	50.053,74	SINAPI 92213
5.6	ESCAVACAO MANUAL EM SOLO-PROF. ATE 1,50 M	m3	431,16	22,68	9.778,66	SINAPI 79517/001
5.7	Reaterro de vala com material granular reaproveitado adensado e vibrado	m3	292,10	15,53	4.536,31	SINAPI 72920
5.8	ATERRO APILOADO(MANUAL) EM CAMADAS DE 20 CM COM MATERIAL DE EMPRÉSTIMO	m3	28,92	102,37	2.960,23	SINAPI 73904/001
5.9	Boca de lobo em alvenaria tijolo macico, revestida c/ argamassa de cimento e areia 1:3, sobre lastro de concreto 10cm e tampa de concreto armado(BLS01 - DNIT)	und	5,00	627,13	3.135,65	SINAPI 83659
6.0	POCO VISITA AG PLUV:CONC ARM 1,10X1,10X1,40M COLETOR D=60CM PAREDE E=15CM BASE CONC FCK=10MPA REVEST C/ARG CIM/AREIA 1:4 DEGRAUS FF INCL FORN TODOS MATERIAIS.	und	22,00	2.153,76	47.382,72	SINAPI 74124/002
6.1	TAMPAO FERRO FUNDIDO P/ POCO DE VISITA, 79,5 KG, TIPO T-100 - FORNECIMENTO E INSTALACAO	und	8,00	381,76	3.054,08	SINAPI 83691
6.2	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO COM EXTRUSORA, 11,5 CM BASE X 22 CM ALTURA. AF_06/2016	m	4768,48	20,17	96.180,24	SINAPI 94264
6.3	PAVIMENTACAO EM PARALELEPIPEDO SOBRE COLCHAO DE AREIA 10CM, REJUNTADO COM AREIA	m	31778,48912	60,8	1.932.132,14	SINAPI 72944