

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
CIVIL
THIAGO HENRIQUE BATISTA SOUZA

**MICRODRENAGEM URBANA: Projeto de adequação para o sistema de drenagem da
Rua João da Cruz Azevedo, na cidade de São Gonçalo do Sapucaí, MG.**

Varginha

2020

THIAGO HENRIQUE BATISTA SOUZA

**MICRODRENAGEM URBANA: Projeto de adequação para o sistema de drenagem da
Rua João da Cruz Azevedo, na cidade de São Gonçalo do Sapucaí, MG.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS/MG) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

Varginha

2020

THIAGO HENRIQUE BATISTA SOUZA

**MICRODRENAGEM URBANA: Projeto de adequação para o sistema de drenagem da
Rua João da Cruz Azevedo, na cidade de São Gonçalo do Sapucaí, MG.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-
requisito para obtenção de grau de bacharel pela
Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Especialista Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

Professor:

Professor:

OBS:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, a minha mãe Maria, meu pai Antônio e minha irmã Sofia por todo apoio dado durante todos esses anos de graduação. Agradeço também aos amigos que fiz na faculdade que foram de suma importância nessa longa caminhada. Agradeço também a todos os professores que contribuíram no conhecimento adquirido, e em especial à minha orientadora Professora Luana Ferreira Mendes, por todo suporte dado na realização deste trabalho.

“A sociedade que coloca a igualdade à frente da liberdade irá terminar sem igualdade e liberdade.”

Milton Friedman.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um projeto de adequação ao sistema microdrenagem para Rua João da Cruz Azevedo no município de São Gonçalo do Sapucaí - MG com a finalidade de eliminar os alagamentos que ocorrem em períodos de grande precipitação, principalmente entre os meses de novembro e fevereiro. A principal utilidade do sistema de microdrenagem é coletar e destinar a água pluvial das ruas para as galerias pluviais, prevenindo alagamentos, e promovendo a segurança aos pedestres e motoristas com o intuito de evitar ou diminuir danos. Para desenvolvimento deste trabalho, fez-se necessário o levantamento dos dados referentes à bacia hidrográfica em estudo, as características específicas de cada dispositivo de coleta e condução das águas da chuva, como a capacidade de escoamento das sarjetas, capacidade de engolimento das bocas de lobo existentes no local. Através de visitas *in loco*, foi possível detectar as falhas de eficiência do sistema existente, identificando que os equipamentos de captação encontram-se defasados. Após ser feita análise hidrológica, foram dimensionadas novas bocas de lobo, galerias, caixas de ligação e poços de visita, com o objetivo de solucionar os alagamentos recorrentes na via, sendo que para execução deste projeto, a estimativa de custos é de R\$ 237.757,46.

Palavras Chave: Drenagem; Microdrenagem; Alagamentos.

ABSTRACT

This work aims to present a project of adaptation to the micro drainage system for Rua João da Cruz Azevedo in the municipality of São Gonçalo do Sapucaí - MG with the purpose of eliminating the floods that occur in periods of great precipitation, mainly between the months of November and February. The main utility of the microdrain system is to collect and dispose of rainwater from the streets to the rainwater galleries, preventing flooding, and promoting safety for pedestrians and drivers in order to prevent or reduce damage. For the development of this work, it was necessary to survey the data regarding the hydrographic basin under study, the specific characteristics of each rainwater collection and conduction device, such as the drainage capacity of the gutters, the swallowing capacity of the wolf mouths existing on the site. Through on-site visits, it was possible to detect the efficiency flaws in the existing system, identifying that the capture equipment is out of date. After hydrological analysis, new wolf mouths, galleries, connection boxes and manholes were designed in order to solve the recurrent flooding on the road, and for the execution of this project, the cost estimate is R\$ 237,757,46.

Key words: Drainage; Microdrainage; Floods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Elementos hidráulicos característicos das seções circulares.	26
Figura 2: Foto aérea da Rua João da Cruz Azevedo.....	29
Figura 3: Perfil de elevação da Rua João da Cruz Azevedo	29
Figura 4: Localização da rua na bacia hidrográfica do município.....	30
Figura 5: Fluxo da água pluvial.	30
Figura 6: Alagamento na Rua João da Cruz Azevedo em fevereiro de 2020.	31
Figura 7: Boca de lobo entupida.	31
Figura 8: Sarjeta quebrada e elevação para garagem.	32
Figura 9: Área de contribuição da Rua João da Cruz Azevedo.....	33
Figura 10: Maior percurso de água até o ponto em análise.....	34
Figura 11: Definição das áreas.	34
Figura 12: Parâmetros K, a, b, c do software “Plúvio”.	36
Figura 13: Layout das bocas de lobo.	40
Figura 14: Sarjetão de concreto.	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de período de retorno.	18
Quadro 2: Relação coeficientes de runoff por tipo de ocupação da área.	19
Quadro 3: Coeficiente de escoamento superficial “C”.	20
Quadro 4: Coeficiente de rugosidade de Manning.	21
Quadro 5: Fatores de redução de escoamento da sarjeta.....	22
Quadro 6: Fator de redução da capacidade de escoamento da sarjeta.	23
Quadro 7: Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais.	25
Quadro 8: Recobrimento mínimo para galerias.....	27
Quadro 9: Declividades para galerias.	27
Quadro 10: Quadro de dimensão A em função do diâmetro maior.	28
Quadro 11: Espaçamentos dos poços de visita.	28
Quadro 12: Coeficientes de “Run-off” para a Rua João da Cruz Azevedo.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vazão acumulada para tempo de retorno de 10 anos.	37
Tabela 2: Vazão real das sarjetas.	39
Tabela 3: Verificação da necessidade de galerias.	39
Tabela 4: Cálculo da capacidade de engolimento e quantidade de bocas de lobo.	41
Tabela 5: Dimensionamento das tubulações secundárias.	43
Tabela 6: Cálculo dos diâmetros das galerias, verificação de velocidade.	44
Tabela 7: Diâmetros adotados para as galerias e comprimento de tubulação.	45
Tabela 8: Dimensão dos poços de visita.	45
Tabela 9: Dimensões do sarjetão.	46
Tabela 10: Estimativa de custos para implantação do projeto.	56

ABREVIACÕES

cm – Centímetros

mm – Milímetros

DAAE/CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo

GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

mm/h – Milímetros por hora

m/s – Metros por segundo

m³/s – Metros cúbicos por segundo

SMDU/SP- Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, São Paulo (cidade)

MD – Margem direita

ME – Margem Esquerda

Q – Vazão

TR – Tempo de retorno

L – Largura

h – Altura

Q_{st} – Vazão teórica

Q_{real} – Vazão real

Q_{exc} – Vazão excedente

f – Fator de minoração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	16
3 METODOLOGIA	17
3.1.1 Intensidade de chuva.....	17
3.1.2 Tempo de concentração	17
3.1.3 Período de Retorno	18
3.1.4 Coeficiente de Runoff ou Coeficiente de Deflúvio	19
3.1.5 Determinação da vazão máxima: Método Racional	20
3.2 Determinação do sistema de microdrenagem	21
3.2.1 Sarjetas	21
3.2.2 Bocas de Lobo	23
3.2.3 Galerias	24
3.2.4 Poço de Visita.....	27
4 DIAGNÓSTICO	29
4.1 Local de Estudo.....	29
5 PROJETO	33
5.1 MEMORIAL DE CÁLCULO	33
5.1.1 Análise Hidrológica	33
5.2 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	35
5.2.1 Período de Retorno	35
5.2.2 Tempo de Concentração	35
5.2.3 Vazão de Projeto	37
5.3 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSTIVOS DO SISTEMA DE DRENAGEM.....	38
5.3.1 Sarjetas	38
5.3.2 Bocas de Lobo.....	40

	13
5.3.3 Tubulações secundárias	41
5.3.4 Galerias	43
5.3.5 Poços de Visita e Caixas de ligação	45
5.3.6 Sarjetões	46
5.4 ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS	46
5.4.1 Objetivo do projeto	46
5.4.2 Normas de execução	47
5.4.3 Placa de obra	47
5.4.4 Sinalização	47
5.4.5 Abertura de valas	47
5.4.6 Remoção de terra excedente.....	48
5.4.7 Escoramento de vala	48
5.4.8 Reaterro de vala.....	48
5.4.9 Lastro fundo de vala	48
5.4.10 Especificações e controles tecnológicos dos dispositivos de drenagem urbana ...	49
5.4.10.1 Sarjetas	49
5.4.10.2 Sarjetão.....	49
5.4.10.3 Caixa de Boca de Lobo	50
5.4.10.4 Grelha.....	51
5.4.10.5 Tubos de concreto	51
5.4.10.6 Poços de visita do tipo A.....	52
5.4.10.7 Chaminé poço de visita	52
5.4.10.8 Tampão de ferro fundido.....	53
5.4.10.8 Caixa de ligação tipo A	54
6 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO.....	55
7 CONCLUSÃO.....	61

1 INTRODUÇÃO

As enchentes urbanas e alagamentos, constituem um dos maiores impactos ambientais sobre o meio em que vivemos, causando graves prejuízos, como sociais, financeiros e de vida humana. Tudo isso, se dá através dos efeitos produzidos pelo crescimento desordenado da população, que se reflete na falta de planejamento na ocupação e uso do solo. As ações tomadas pelo homem vêm alterando o meio físico, reduzindo a vegetação ciliar, tornando as áreas permeáveis em impermeáveis, jogando lixo em locais inapropriados, principalmente onde o mesmo possa ser transportado para os dispositivos de drenagem existentes, causando, na maioria das vezes, obstrução parcial ou total dos mesmos, gerando assim, as inundações.

Como os canais de drenagem têm a função de transportar e lançar nos rios as águas provenientes da chuva, se ocorrer à diminuição da água infiltrada no solo, aumentará conseqüentemente o escoamento superficial, que combinado a falta de manutenção dos sistemas de drenagem existentes e erros de projeto, causarão grande transtorno à sociedade, principalmente nos períodos de maior incidência pluvial.

Para controle das inundações urbanas, é de suma importância que se tenha um planejamento, com tomadas de decisões efetivas, fiscalizando cada vez mais o cumprimento das leis de uso e ocupação do solo e sendo cada vez mais exigente na aprovação de novos loteamentos e condomínios.

Este trabalho justifica-se uma vez que foram registrados vários episódios de alagamentos durante os últimos anos na Rua João da Cruz Azevedo, no município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, afetando e causando muitos prejuízos aos moradores.

Considerando tais acontecimentos, observa-se a importância de se analisar os fatores contribuintes para a ocorrência de inundações nesta área e propor soluções para controlar esses eventos.

O capítulo 2 apresenta os objetivos gerais e específicos do trabalho, considerando sanar o problema apontado em diagnóstico, apresentando projeto da bacia, dispositivos e estimativa de custos.

O capítulo 3 apresenta a metodologia de cálculo, que nada mais é do que o passo a passo, apresentando equações e parâmetros para a análise hidrológica e dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

O capítulo 4 apresenta o local de estudo, como a definição da área de contribuição da bacia, caracterização do solo e problemas visíveis verificados após visitas *in loco*.

O capítulo 5 apresenta o projeto, com memorial de cálculo da análise hidrológica, intensidade de precipitação, dimensionamento dos dispositivos dos novos dispositivos de drenagem e especificações dos serviços.

O capítulo 6 apresenta o quantitativo de materiais e estimativa de custos para execução do projeto, utilizando referências como SINAPI e SETOP.

O capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho, analisando o projeto proposto, expondo os motivos pelos quais é necessária a implantação deste para solução do problema.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo de propor um projeto de adequação ao sistema de microdrenagem da Rua João da Cruz Azevedo, no município de São Gonçalo do Sapucaí, MG.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Propor novos dispositivos e adequações aos existentes, com base nos resultados obtidos em análise e verificações;
- Apresentar um projeto da bacia em estudo, com a locação dos novos dispositivos e dos sistemas que foram readequados;
- Elaborar uma estimativa de custo para implantação do projeto proposto.

3 METODOLOGIA

Para caracterização da bacia, foram utilizados os softwares Google Earth e Global Mapper, para identificação das curvas de nível local. Sendo necessária a realização de visita técnica *in loco* para melhor compreensão da área de drenagem.

De posse dos dados obtidos, é possível então caracterizar a dimensão da área da bacia hidrográfica e sua abrangência, bem com a observação do uso e ocupação do solo para cálculo do coeficiente de “*Run-off*”. Posteriormente, será realizado o cálculo da intensidade pluviométrica na cidade de São Gonçalo do Sapucaí - MG, sendo que o mesmo será retirado do software Pluvio 2.1.

3.1.1 Intensidade de chuva

De posse dos dados pluviométricos fornecidos pelo software Plúvio e utilizando a equação de IDF, é possível realizar o cálculo da intensidade de chuva.

Na equação existem quatro fatores que são constantes, tendo sua variação conforme cada cidade, sendo os mesmos, responsáveis por fornecer as características pluviométricas do local em estudo.

De acordo com BOTELHO (2011), o tempo de retorno utilizado para microdrenagem varia entre 2 e 10 anos. Já o tempo de concentração será abordado abaixo.

$$i = \frac{K \times Tr^a}{(b + Tc)^c}$$

(Equação 1)

Onde:

K, a, b e c = constantes fornecidas pelo software Pluvio em função da localidade;

Tc = Tempo de concentração (em minutos);

Tr = Tempo de retorno (em anos).

3.1.2 Tempo de concentração

Para o tempo e concentração, será utilizado o método de George Ribeiro.

Segundo Tucci (1995), o tempo que uma gota leva para sair de um ponto extremo da bacia de maior extensão (talvegue) até a primeira boca de lobo do sistema de drenagem, deve

ser fixado em 10 minutos para realização do cálculo tempo de concentração, conforme a Equação 2:

$$tc = \left[\frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p)} \times (100 \times Im)^{0,04} \right] + 10 \text{ min}$$

(Equação 2)

Onde:

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue principal (km);

p = porcentagem de cobertura vegetal (valor absoluto);

Im = declividade média do talvegue principal (m/m).

3.1.3 Período de Retorno

De acordo com Tomaz (2011), período de retorno corresponde ao período médio que um determinado evento hidrológico possa ser igual ou superado ao menos uma vez, sendo um dado de suma importância para projetos hídricos.

Segundo Botelho (2011), o tempo de retorno é baseado com os dados estatísticos de chuva da região e dessa forma é analisado o tempo de ocorrência da chuva de maior intensidade.

De acordo com Tucci et al (1995), utiliza-se o período de retorno de 2 a 10 anos para obras de microdrenagem, conforme Quadro 01.

Quadro 1: Valores de período de retorno.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviço ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10

Fonte: Adaptado de CETESB-SP (1980).

3.1.4 Coeficiente de Runoff ou Coeficiente de Deflúvio

Segundo Tucci et al. (1995), o coeficiente de runoff varia conforme as características da bacia. No método racional, o valor do coeficiente será determinado a partir da média ponderada das áreas parciais de acordo com a Equação 3.

$$C_m = \frac{\sum A_1 \times C_1 + A_2 \times C_2 \dots + A_n \times C_n}{\sum A_1 + A_1 \dots + A_n}$$

(Equação 3)

Onde:

C_m = Coeficiente de runoff médio (adimensional);

C_1, C_2, C_n = Coeficiente de runoff da sub-bacia (adimensional);

A_1, A_2, A_n = Área da sub-bacia (m^2 ou ha).

O quadro 02 apresenta a relação dos coeficientes de deflúvio por cada tipo de ocupação da área.

Quadro 2: Relação coeficientes de runoff por tipo de ocupação da área.

Descrição da Área	Tipo de Ocupação da Área	Coeficiente de <i>runoff</i>
Área Residencial	Residências isoladas	0,35 a 0,50
	Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
	Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
	Lotes com 2000m ² ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	-	0,50 a 0,70
Área Industrial	Indústrias leves	0,50 a 0,80
	Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Áreas sem melhoramentos	-	0,10 a 0,30

Fonte: Adaptado de CETESB (1980).

O quadro 03 apresenta os valores do coeficiente de runoff pelo método racional aplicadas para um período de retorno variando entre 5 e 10 anos.

Quadro 3: Coeficiente de escoamento superficial “C”.

Superfícies	Coeficiente C
Telhados	0,70 a 0,95
Pavimentos	0,40 a 0,90
Via macadamizadas	0,25 a 0,60
Vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,30
Quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados, dependendo da declividade	0,00 a 0,25

Fonte: Adaptado de Thomaz (2011).

3.1.5 Determinação da vazão máxima: Método Racional

De acordo com Gribben (2014), o método racional é uma fórmula para se calcular a máxima vazão para uma bacia de drenagem pequena.

Segundo Tucci et al. (1995), o método racional é amplamente utilizado para que se determine a vazão máxima de bacias com áreas até 2 km², sendo que para utilização deste método, é necessário que se determine o coeficiente de runoff, intensidade pluviométrica e área de contribuição da bacia. A fórmula do método racional está expressa na Equação 4.

$$Q = C \times I \times A$$

(Equação 4)

Onde:

Q = vazão de pico (m³/s)

C = coeficiente de runoff (adimensional)

A = área de contribuição da bacia (m²)

I = intensidade de chuva (mm/h)

3.2 Determinação do sistema de microdrenagem

3.2.1 Sarjetas

Segundo a CETESB (1980), a capacidade teórica de vazão de seção transversal das sarjetas simples, pode ser estimada através da equação de Manning modificada por Izzard, conforme Equação 5.

$$Q = 0,375 \times \frac{Z}{n} \times i^{0,5} \times y^{\frac{8}{3}}$$

(Equação 5)

Onde:

Q = vazão (m³/s)

Z = inverso da declividade transversal (m/m)

i = declividade longitudinal (m/m)

y = profundidade junto à linha de fundo (m)

n = coeficiente de rugosidade (adimensional)

Conforme Tomaz (2011), o coeficiente de rugosidade “n” de Manning é estabelecido conforme Quadro 04.

Quadro 4: Coeficiente de rugosidade de Manning.

Características	n
Canais retilíneos com grama até 15 cm de altura	0,30 – 0,40
Canais Retilíneos com capins até 30 cm de altura	0,30 – 0,06
Galerias de Concreto	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 – 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 – 0,014
Moldados no local com formas de madeira	0,015 – 0,020
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 – 0,16
Pedras	0,016

Fonte: Adaptado de CETESB (1980).

Conforme a CETESB (1980), é necessário que se aplique um fator de redução de escoamento das sarjetas, conforme quadro 05.

Quadro 5: Fatores de redução de escoamento da sarjeta

Declividade da Sarjeta (%)	Fator de redução
0,40	0,50
1,00 a 3,00	0,80
5,00	0,50
6,00	0,40
8,00	0,27
10,00	0,20

Fonte: Adaptado de CETESB (1980)

Deste modo, a vazão de escoamento real de uma sarjeta simples é expressa pela Equação 6.

$$Q_{sr} = Q \times F$$

(Equação 6)

Onde:

Q_{sr} = vazão real (m³/s)

Q = vazão teórica (m³/s)

F = fator de redução (adimensional)

Segundo Azevedo Netto (1998), a velocidade de escoamento pluvial pelas sarjetas não deve ultrapassar 5 m/s e a velocidade mínima não deve ser inferior à 0,75 m/s. A velocidade de escoamento na sarjeta pode ser calculada pela Equação 7 modificada por Izzard.

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{Z^{1/4}} \right) \times \left(\frac{S^{0,5}}{n} \right)^{3/4} \times Q^{1/4}$$

(Equação 7)

Onde:

V = velocidade de escoamento na sarjeta (m/s)

Z = declividade transversal da rua (m/m)

S = declividade longitudinal da rua (m/m)

n = coeficiente de rugosidade (adimensional)

Q = vazão (m^3/s)

3.2.2 Bocas de Lobo

Em situações onde a boca de lobo com grelha atue como um vertedor de soleira livre, para lâmina d'água até 12 cm, sendo um dos lados da grelha adjacente à guia, este lado será desconsiderado do perímetro, sendo então utilizada a equação 8.

$$Q = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}}$$

(Equação 8)

Onde:

Q = vazão de engolimento da boca de lobo (m^3/s);

P = perímetro da boca de lobo (m);

y = altura de água próximo à abertura da guia (m).

Em conformidade com a CETESB (1980), é recomendável a utilização de fatores de redução da capacidade de engolimento das bocas de lobo, devido à obstrução total ou parcial das bocas de lobo, bem como problemas de irregularidade no pavimento, conforme demonstrado no quadro 06.

Quadro 6: Fator de redução da capacidade de escoamento da sarjeta.

Localização na sarjeta	Tipo de boca de lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais combinadas	60

Fonte: Adaptado de CETESB (1980).

A distância máxima entre bocas de lobo depende da vazão suportada pela sarjeta, uma vez que a mesma é dimensionada para conter a água sem transbordar. Uma vez que a sarjeta suporte a vazão até a próxima boca de lobo posicionada a “X” metros, então, não há necessidade de se posicionar bocas de lobo intermediárias ao longo desta distância (CETESB, 1980).

3.2.3 Galerias

As galerias são dimensionadas utilizando de movimento uniforme de Manning, conforme equação 9.

$$Q = \frac{Am \times Rh^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}}{n}$$

(Equação 9)

Onde:

Q = vazão de projeto (m³/s);

Am = área molhada (m²);

Rh = raio hidráulico, conforme equação 17 (m);

i = declividade do trecho (m/m);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional).

Para se calcular a velocidade é utilizada a equação 10.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

(Equação 10)

Onde:

V = velocidade (m/s);

n = coeficiente de rugosidade (adimensional);

Rh = raio hidráulico conforme equação 17 (m);

i = declividade do trecho (m/m);

Para o cálculo do raio hidráulico, é utilizada a equação 11.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

(Equação 11)

Onde:

Rh = raio hidráulico (m);

Am = área molhada (m²);

Pm = perímetro molhado (m).

Na literatura técnica existem diversos parâmetros e critérios que são considerados no dimensionamento de galerias, conforme quadro 07 (MENEZES; COSTA; 2012).

Quadro 7: Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais.

Autor/Instituição	V mín (m/s)	V máx (m/s)	Tci (min)	Rm (m)	Seção plena ou h/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5,00	10 (a)	1,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	5	1,00	Plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50 (e)	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	7 a 15	-	0,70	Grad. Variado
Porto (1999)	Vméd = 4 a 6 (b)		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	-	-	h/D ©	Unif.
Methdos e Durrans (2003)	0,60 a 0,90	4,50	-	0,9	0,85	Unif. e Grad. Variado
DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	-	-	0,85 a 0,90	Unif.

(a) Valor citado, porém, segundo o autor pode estar superestimado, necessitando ser calculado em caso de dúvida.

(b) Fonte: Curso de Canais, EE-UFG, Dep. Engenharia Hidráulica. Edições Engenharia S8/72.

(c) Valor não fixado.

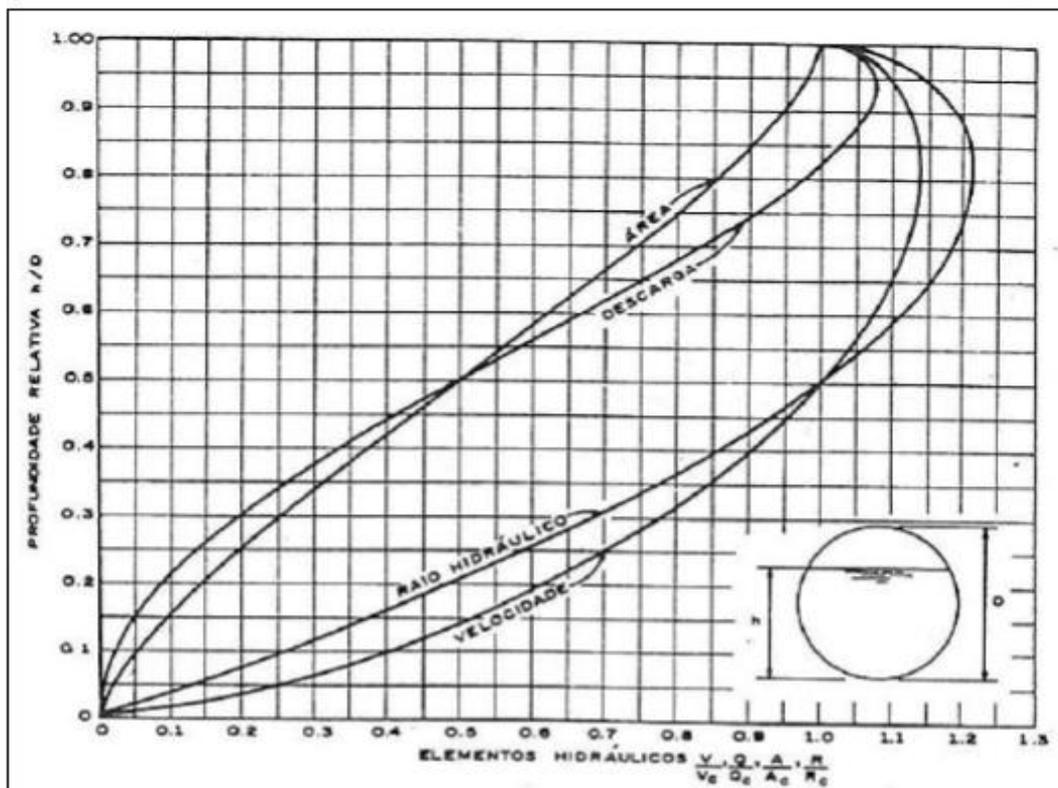
(d) Valores adotados pela ASCE (1992) – American Society of Civil Engineers.

(e) Pode-se adotar até 6 m/s se for previsto revestimento adequado para o conduto.

Fonte: Adaptado de Menezes e Costa (2012)

De acordo com a CETESB (1980), quando a seção circular apresenta a relação y/D diferente de 0,5, 0,9 e 1, os parâmetros e critérios de dimensionamento devem ser corrigidos utilizando o ábaco da figura 01.

Figura 1: Elementos hidráulicos característicos das seções circulares.



Fonte: CETESB (1980).

O Quadro 08 apresenta a relação entre o diâmetro do conduto e recobrimento mínimo.

Quadro 8: Recobrimento mínimo para galerias.

Tubos	Recobrimento mínimo (h)
Concreto Simples	0,60 m
Concreto Armado	
Ø 700 mm	0,70 m
Ø 800 mm	1,00 m
Ø 1000 mm	1,00 m
Ø 1200 mm	1,20 m
Ø 1500 mm	1,50 m

Fonte: Universidade de São Paulo (2015).

A declividade mínima desejável conforme quadro 09, para a galeria é de 0,5% para tubos superiores a 200 mm e 1% para tubos inferiores a 200 mm (TOMAZ, 2011).

Quadro 9: Declividades para galerias.

Diâmetro (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,0005
1200	0,0004

Fonte: Universidade de São Paulo (2015).

3.2.4 Poço de Visita

Segundo Botelho (2011), a dimensão dos poços de visitas está relacionada ao diâmetro adotado nas galerias, conforme se vê no quadro 10. Sendo que “A” é a dimensão da base do poço de visita.

Quadro 10: Quadro de dimensão A em função do diâmetro maior.

Diâmetro (mm)	A (m)
	1,20 (mínimo)
600	1,40
700	1,50
800	1,60
900	1,70
1000	1,80
1200	2,00
1500	2,30

Fonte: Botelho (2011).

De acordo com a CETESB (1980), os poços de visita devem ser instalados em intervalos que variam conforme seu diâmetro, conforme o quadro 11.

Quadro 11: Espaçamentos dos poços de visita.

Diâmetro (mm)	Espaçamento (m)
300	120
500 - 900	150
≤1000	180

Fonte: Adaptado de CETESB (1980).

4 DIAGNÓSTICO

4.1 Local de Estudo

O local deste presente estudo é a Rua João da Cruz Azevedo que se localiza numa área residencial no bairro Centro, havendo a possibilidade de crescimento somente em um terreno, onde futuramente será instalado um condomínio. A Rua possui uma extensão de 340 metros de comprimento. As coordenadas a montante da rua são $21^{\circ}53'13.01''S$ de latitude e $45^{\circ}35'48.82''O$ de longitude. As coordenadas a jusante da rua são $21^{\circ}53'22.02''S$ de latitude e $45^{\circ}35'55.57''O$ de longitude, conforme figura 02.

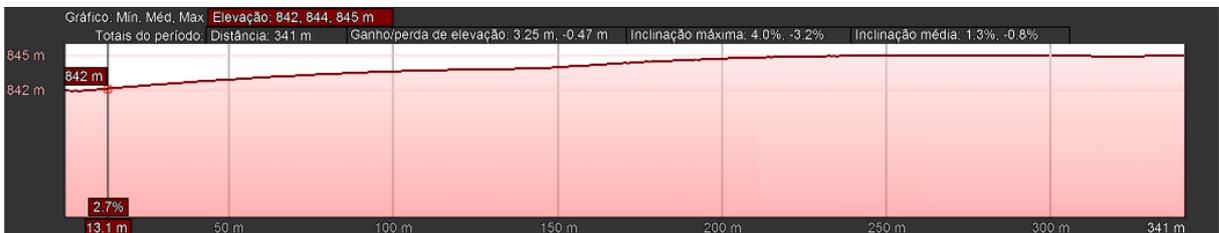
Figura 2: Foto aérea da Rua João da Cruz Azevedo.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

Na figura 03, pode-se observar o perfil de elevação da Rua João da Cruz Azevedo, sendo à montante na cota 845 metros e à jusante na cota de 842 metros.

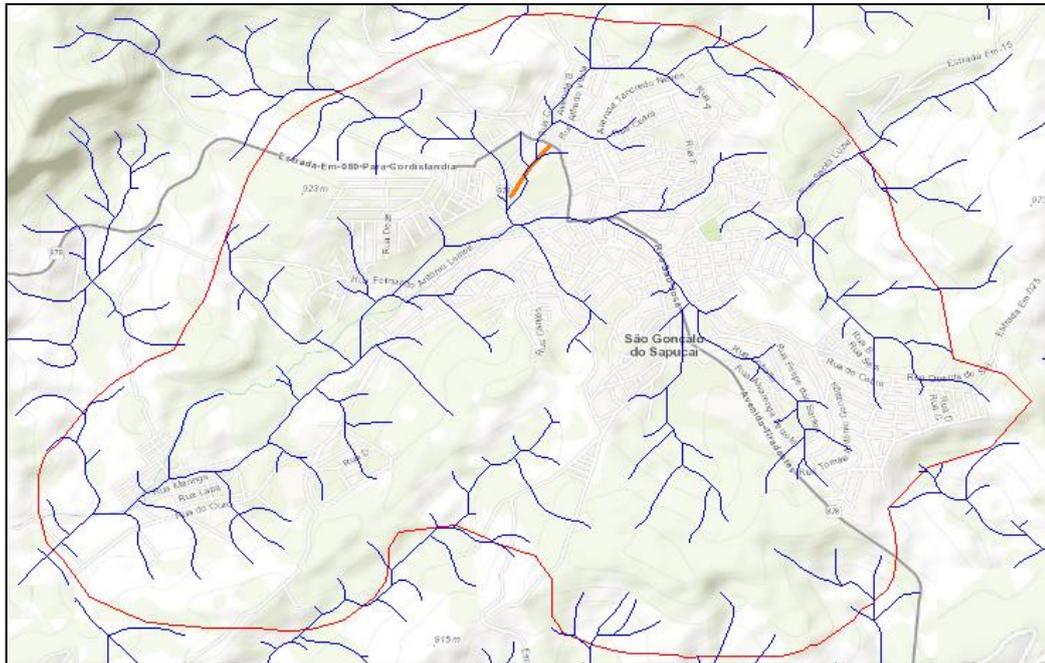
Figura 3: Perfil de elevação da Rua João da Cruz Azevedo



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

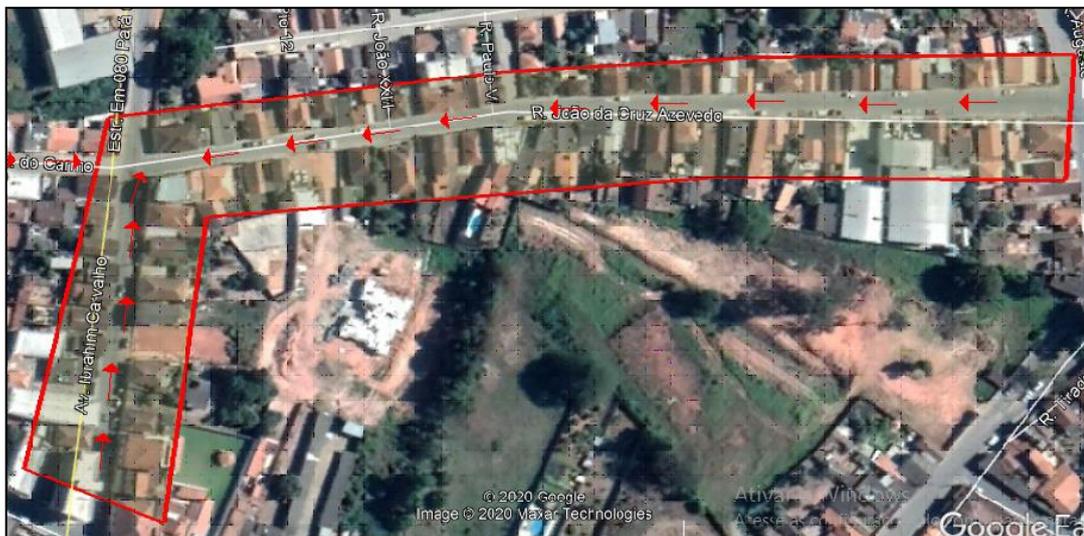
A Rua João da Cruz Azevedo, se encontra em uma linha de afluentes da bacia hidrográfica de São Gonçalo do Sapucaí, se localizando muito próximo ao rio principal, conforme se vê na figura 04.

Figura 4: Localização da rua na bacia hidrográfica do município.



Fonte: Adaptado de Global Mapper.

Figura 5: Fluxo da água pluvial.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

A Rua João da Cruz Azevedo recebe o fluxo de água de toda sua extensão e também de parte da Avenida Ibrahim de Carvalho, localizada no bairro Matadouro Velho, conforme figura 05, não possuindo estrutura adequada para drenar tal volume, resultando por diversas vezes em alagamentos, principalmente em períodos onde a intensidade pluviométrica é alta, mais precisamente entre os meses de novembro e fevereiro, gerando prejuízos aos moradores daquele local, conforme se vê na figura 06.

Figura 6: Alagamento na Rua João da Cruz Azevedo em fevereiro de 2020.



Fonte: Brasil Metr pole (2020).

Ap s visita *in loco*, foram constatados alguns problemas referentes aos dispositivos de drenagem existentes, como bocas de lobo entupidas conforme figura 07, sarjetas quebradas, eleva o para entrada de carros nas garagens com tubula o insuficiente para continuidade do fluxo de  gua, al m de algumas estarem entupidas, conforme figura 08.

Figura 7: Boca de lobo entupida.



Fonte: Autor (2020).

Figura 8: Sarjeta quebrada e elevação para garagem.



Fonte: Autor (2020).

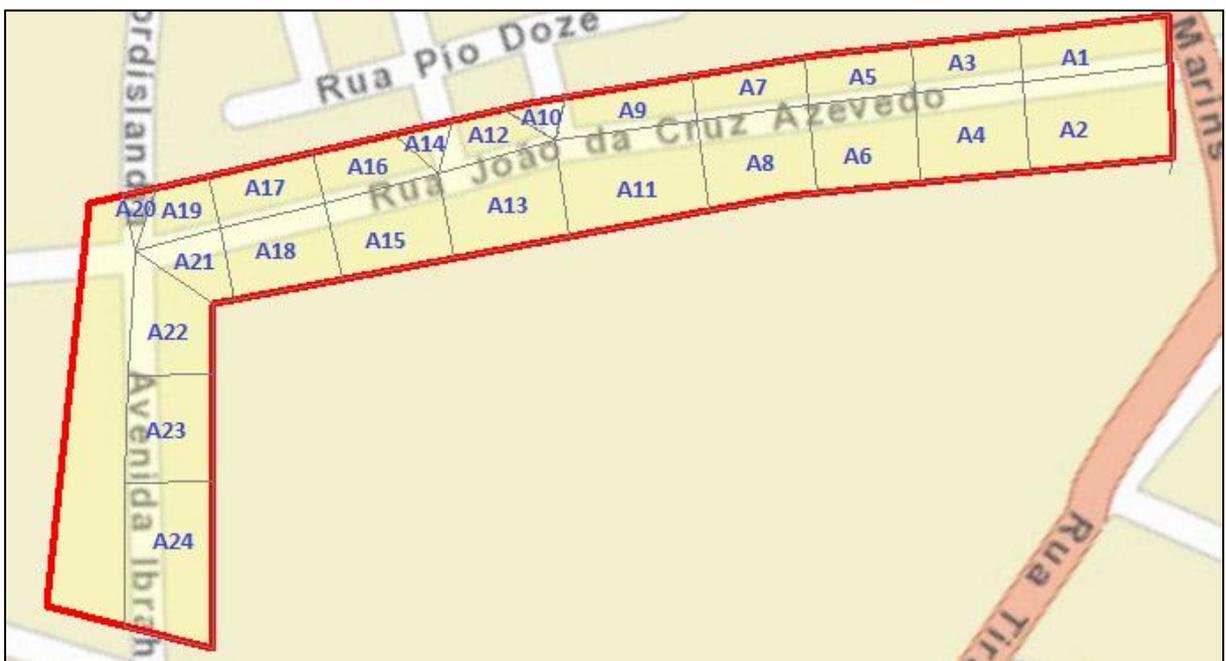
Figura 10: Maior percurso de água até o ponto em análise.



Fonte: Adaptado de Global Mapper (2020).

A figura 11 apresenta a divisão das 24 áreas de contribuição para realização dos cálculos para vazão de projeto.

Figura 11: Definição das áreas.



Fonte: Adaptado de Global Mapper (2020).

Com a área de drenagem definida, encontra-se os coeficientes de “*Run-off*”, sendo que os valores de coeficientes de “*Run-off*” foram extraídos do quadro 02 e 03 do item 3.1.4 das páginas 19 e 20 e definidos conforme quadro 12.

Quadro 12: Coeficientes de “*Run-off*” para a Rua João da Cruz Azevedo.

Superfície	Área (m ²)	%	Coefficiente
Área total bacia	20859	100,00	-
Área residencial	17658	84,51	0,7
Pavimento	3231	15,49	0,95

Fonte: Autor (2020).

Assim, pode-se aplicar a equação 03 do item 3.1.4 pag. 19, para se encontrar o coeficiente de “*Runoff*” médio da bacia em estudo.

$$C_m = \frac{17658 \times 0,7 + 3231 \times 0,95}{20859} = 0,7398$$

Isso significa que, 73,98% da precipitação será escoada superficialmente, sendo considerado um valor alto, tendo em vista o baixo teor de absorção do solo predominante na área estudada.

5.2 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

5.2.1 Período de Retorno

Para microdrenagem, o período de retorno recomendado é de 2 a 10 anos. Para fins deste projeto, foi adotado o período de retorno de 10 anos, levando em conta a pior situação para dimensionamento e estando dentro do limite previsto.

5.2.2 Tempo de Concentração

Para o cálculo do tempo de concentração, foi utilizado o método de George Ribeiro, uma vez que a área da bacia hidrográfica é menor que 2 km², para isso, foi utilizado a equação 2 do item 3.1.2 da pág. 18.

$$I_m = \frac{845 - 842}{230,73} = 0,0130 \text{ m/m}$$

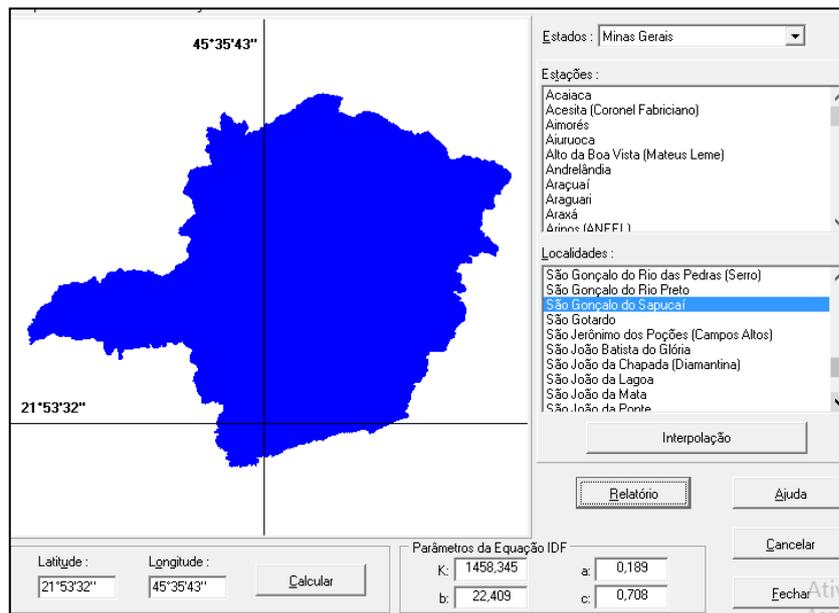
$$tc = \frac{16 * 0,27676}{(1,05 - 0,2 * 0)(100 * 0,0130)^{0,04}} + 10 \text{ min}$$

$$tc = 4,17 + 10 \text{ min} = 14,17 \text{ min}$$

Isso significa que o tempo que uma gota de água da precipitação leva cerca de 14 minutos e 17 segundos para chegar do ponto mais alto da bacia até o ponto mais baixo.

Por fim, foi necessário consultar o software “Plúvio”, conforme mencionado anteriormente, que disponibilizou os coeficientes necessários para cálculo da equação de intensidade pluviométrica. A figura 12 mostra os coeficientes retirados do software para a cidade de São Gonçalo do Sapucaí – MG.

Figura 12: Parâmetros K, a, b, c do software “Plúvio”.



Fonte: Adaptado de Plúvio 2.1.

Com a obtenção dos dados do “Plúvio”, foi possível então calcular a intensidade pluviométrica para os tempos de retorno de 10 anos através da equação 01 do item 3.1.1 da página 17, calculado conforme se vê abaixo:

$$I = \frac{1458,345 \cdot 10^{0,189}}{(22,409 + 14,17)^{0,708}} = 174,88 \frac{mm}{h} = 0,0000486 \text{ m/s}$$

Conforme calculado acima, a intensidade pluviométrica é de 174,88 milímetros por hora para o período de retorno adotado.

5.2.3 Vazão de Projeto

Para a vazão de projeto, usou-se o método racional, uma vez que as áreas de drenagem definidas são menores que 2 km². A vazão acumulada para cada margem da rua foi calculada utilizando a equação 04 do item 3.1.5 da pág. 20, conforme se vê abaixo, o cálculo foi feito em função da área de cada trecho, conforme se vê na tabela 01.

$$Q = 0,7398 * 0,0000486 * \text{Área}_{\text{bacia}} = (3,595 * 10^{-5} * \text{Área}_{\text{trecho}}) \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 1: Vazão acumulada para tempo de retorno de 10 anos.

Rua/Avenida	Trecho	C. "Run-off"	Q T = 10 anos	TR 10 anos	
				Qmd (m ³ /s)	Qme (m ³ /s)
João da Cruz Azevedo	1 - 2	0,7398	3,59543E-05	0,020	0,028
João da Cruz Azevedo	2 - 3			0,040	0,066
João da Cruz Azevedo	3 - 4			0,060	0,102
João da Cruz Azevedo	4 - 5			0,081	0,140
João da Cruz Azevedo	5 - 6			0,108	0,190
João da Cruz Azevedo	6 - 7			0,129	0,232
João da Cruz Azevedo	7 - 8			0,148	0,268
João da Cruz Azevedo	8 - 9			0,170	0,299
João da Cruz Azevedo	9 - 10			0,188	0,433
Ibrahim de Carvalho	11-10			0,000	0,119
Ibrahim de Carvalho	12-11			0,000	0,088
Ibrahim de Carvalho	13-12			0,000	0,052

Fonte: Autor (2020).

Conforme se vê na tabela 01, os dois trechos mais críticos são os 8-9 e 9-10, apresentando uma vazão acumulada para a margem direita de 0,17 e 0,188 m³/s e para a margem esquerda de 0,268 e 0,299 m³/s, respectivamente.

5.3 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE DRENAGEM

De posse dos dados fornecidos pela análise hidrológica, foi então possível dimensionar os novos dispositivos de drenagem que atendam à demanda hidrológica local.

5.3.1 Sarjetas

As sarjetas da Rua João da Cruz Azevedo foram mantidas nas dimensões existentes no local, sendo a largura de 0,50 metros, altura do meio fio de 0,10 metros e inclinação da sarjeta de 3%, sendo que para a via foi adotada a inclinação de 1,5%, conforme VASCONCELOS (2018). A vazão de escoamento da sarjeta é dada conforme equação abaixo em função da inclinação de cada trecho.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,08^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,065^{8/3} \right) * i^{0,5}$$

$$Q = 1,559 * i^{0,5} \text{ m}^3/\text{s}$$

De acordo com a CETESB (1980), o fator de redução para sarjetas varia conforme a declividade da mesma.

A velocidade da sarjeta foi calculada utilizando a equação 07 do item 3.2.1 pág. 21 conforme se vê abaixo.

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{z^{1/4}} \right) \times \left(\frac{S^{0,5}}{n} \right)^{3/4} \times Q^{1/4}$$

A sarjeta apresenta dados de declividade longitudinal, que será conforme a do trecho em análise, o coeficiente de rugosidade adotado foi de 0,015, uma vez que as sarjetas são de concreto rugoso, sendo que a vazão é calculada conforme se vê na tabela 02.

Tabela 2: Vazão real das sarjetas.

Trecho	C	Q T = 10 anos	TR 10 anos		Comp.	Declividade		Qst (m ³ /s)	f	Qs real (m ³ /s)
			Qmd	Qme		I (m/m)	I (%)			
1 - 2	0,7398	3,59543E-05	0,020	0,028	47,950	0,006	0,626	0,266	0,8	0,213
2 - 3			0,040	0,066	35,270	0,0129	1,290	0,083	0,5	0,042
3 - 4			0,060	0,102	34,650	0,0039	0,390	0,059	0,5	0,030
4 - 5			0,081	0,140	36,740	0,0123	1,230	0,058	0,5	0,029
5 - 6			0,108	0,190	46,340	0,0133	1,330	0,145	0,5	0,072
6 - 7			0,129	0,232	39,280	0,0104	1,040	0,157	0,8	0,126
7 - 8			0,148	0,268	38,100	0,0029	0,290	0,138	0,5	0,069
8 - 9			0,170	0,299	34,844	0,0087	0,870	0,084	0,5	0,042
9 - 10			0,188	0,433	28,740	0,003	0,348	0,368	0,4	0,147
11-10			0,000	0,119	40,830	0,027	2,694	0,282	0,5	0,141
12-11			0,000	0,088	34,970	0,029	2,860	0,373	0,3	0,101
13-12			0,000	0,052	47,050	0,021	2,125	0,186	0,8	0,149

Fonte: Autor (2020).

Após calculada a vazão da sarjeta em conformidade com a declividade de cada trecho da via em estudo, foi também verificado a necessidade de galeria, velocidade e vazão excedente, ou seja, a que a sarjeta não é capaz de conduzir sem transbordar.

Nos casos em que existe a vazão excedente, é então necessária a implantação de galerias e dispositivos para drenar tal vazão. A tabela 03 mostra os resultados obtidos.

Tabela 3: Verificação da necessidade de galerias.

Trecho	Vazão Acumulada		Qs real (m ³ /s)	Galerias		Veloc. (m/s)	Vazão Excedente	
	Qmd	Qme		MD	ME		MD	ME
1 - 2	0,020	0,028	0,213	S/GALERIA	S/GALERIA	2,030	0,000	0,000
2 - 3	0,040	0,066	0,042	S/GALERIA	C/ GALERIA	0,519	0,000	0,025
3 - 4	0,060	0,102	0,030	C/ GALERIA	C/ GALERIA	0,236	0,031	0,072
4 - 5	0,081	0,140	0,029	C/ GALERIA	C/ GALERIA	0,353	0,052	0,111
5 - 6	0,108	0,190	0,072	C/ GALERIA	C/ GALERIA	0,915	0,036	0,118
6 - 7	0,129	0,232	0,126	C/ GALERIA	C/ GALERIA	1,451	0,003	0,106
7 - 8	0,148	0,268	0,069	C/ GALERIA	C/ GALERIA	0,494	0,079	0,199
8 - 9	0,170	0,299	0,042	C/ GALERIA	C/ GALERIA	0,450	0,128	0,258
9 - 10	0,188	0,433	0,147	C/ GALERIA	C/ GALERIA	1,125	0,041	0,286
11-10	0,000	0,119	0,141	S/GALERIA	S/GALERIA	2,324	0,000	0,000
12-11	0,000	0,088	0,101	S/GALERIA	S/GALERIA	1,698	0,000	0,000
13-12	0,000	0,052	0,149	S/GALERIA	S/GALERIA	2,241	0,000	0,000

Fonte: Autor (2020).

Após os cálculos realizados, foi verificado que os trechos da Rua João da Cruz Azevedo, sendo eles 2-3 (ME), 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9 e 9-10, necessitam de galeria, uma

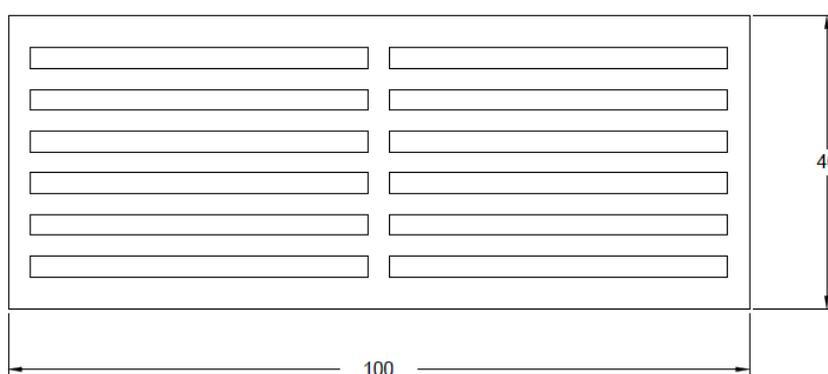
vez que a sarjeta não é capaz de suportar toda a vazão de escoamento superficial sem que transborde.

5.3.2 Bocas de Lobo

As bocas de lobo foram dimensionadas conforme a capacidade da sarjeta de cada trecho da Rua João da Cruz Azevedo. Foram distribuídas 15 bocas de lobo em toda a extensão da via, sendo as duas últimas bocas de lobo no final do trecho em estudo, ou seja, no ponto de cota mais baixo da via, sendo 13 bocas de lobo simples e 2 bocas de lobo duplas, ambas tipo “A”, conforme DEER/MG.

As dimensões da boca de lobo foram todas padronizadas, para melhor execução do projeto. A figura 13 mostra as dimensões em centímetros adotadas para as bocas de lobo.

Figura 13: Layout das bocas de lobo.



Fonte: Autor (2020).

O cálculo da vazão das bocas de lobo do tipo grelha, foi realizado de acordo com TUCCI et al (1995), utilizando a equação 08 do item 3.2.2 pág. 23, o fator de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo, feito de acordo com orientações de DAAE/CETESB (1980, p.291), em conformidade com o quadro 06 do item 3.2.2 pág 23.

A capacidade de engolimento da boca de lobo, juntamente com o fator de redução foi calculada conforme equação abaixo.

$$Q_{teórico} = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{teórico} = 1,7 \times (1,00 + 0,40 + 0,40) \times (0,095 + 0,005)^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{teórico} = 0,0967 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{real} = 0,0967 * 0,60 = 0,0581 \text{ m}^3/\text{s}$$

De posse da vazão real da sarjeta e vazão excedente por trecho, foi então possível calcular a quantidade de bocas de lobo a serem instaladas no local de estudo. A Tabela 03 mostra os cálculos realizados para cada margem da rua.

Tabela 4: Cálculo da capacidade de engolimento e quantidade de bocas de lobo.

Rua	Margem	Trecho	Qexc	Dimensões da BL	QBL (m ³ /s)	Qnt BL	Qnt Adot
João da Cruz Azevedo	ME	2 - 3	0,0245	0,40 x 1,00	0,0581	0,42	1
João da Cruz Azevedo	MD	3 - 4	0,0306	0,40 x 1,00	0,0581	0,53	1
João da Cruz Azevedo	ME	3 - 4	0,0477	0,40 x 1,00	0,0581	0,82	1
João da Cruz Azevedo	MD	4 - 5	0,0213	0,40 x 1,00	0,0581	0,37	1
João da Cruz Azevedo	ME	4 - 5	0,0385	0,40 x 1,00	0,0581	0,66	1
João da Cruz Azevedo	MD	5 - 6	-0,0161	0,40 x 1,00	0,0581	0,00	1
João da Cruz Azevedo	ME	5 - 6	0,0071	0,40 x 1,00	0,0581	0,12	1
João da Cruz Azevedo	MD	6 - 7	-0,0328	0,40 x 1,00	0,0581	0,00	1
João da Cruz Azevedo	ME	6 - 7	-0,0118	0,40 x 1,00	0,0581	0,00	1
João da Cruz Azevedo	MD	7 - 8	0,0760	0,40 x 1,00	0,0581	1,31	2
João da Cruz Azevedo	ME	7 - 8	0,0812	0,40 x 1,00	0,0581	1,40	2
João da Cruz Azevedo	MD	8 - 9	0,0491	0,40 x 1,00	0,0581	0,85	1
João da Cruz Azevedo	ME	8 - 9	0,0585	0,40 x 1,00	0,0581	1,01	1
João da Cruz Azevedo	MD	9 - 10	-0,0869	0,40 x 1,00	0,0581	0,00	1
João da Cruz Azevedo	ME	9 - 10	0,0282	0,40 x 1,00	0,0581	0,49	1

Fonte: Autor (2020).

5.3.3 Tubulações secundárias

As tubulações secundárias foram dimensionadas para comportar as águas pluviais das bocas de lobo dimensionadas na avenida. Os dados de dimensionamento das tubulações secundárias estão descritos a seguir, o diâmetro mínimo adotado foi de 400 mm, conforme recomendações do DNIT (2006).

Para o dimensionamento das tubulações secundárias foi utilizada a equação 9 do item 3.2.3 pág. 24

$$Q_{galeria} = \frac{Q_{excedente}}{Coeficiente}$$

$$Q_{galeria} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{2/3}}{4^{2/3}} \cdot \frac{i^{1/2}}{n}$$

Para o cálculo da velocidade de escoamento das tubulações foi utilizada a equação 10 do item 3.2.3 pág. 24.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Para o cálculo do raio hidráulico (RH), foi utilizada a equação 11 do item 3.2.3 pág. 25.

$$RH_{pleno} = \frac{\emptyset}{4}$$

$$RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{RH}{\frac{r}{R}}$$

Os dados adotados para cálculo das tubulações estão descritos abaixo.

Relação $y/d = 0,80$

Coeficiente = 0,988

$r/R = 1,217$

Rugosidade de manning = 0,015

i = inclinação do tubo de ligação

A tabela 05 apresenta os resultados obtidos e dimensionamento das tubulações secundárias, que são responsáveis por conduzir a água das bocas de lobo até as galerias.

Tabela 5: Dimensionamento das tubulações secundárias.

Rua	Tubo	I (m/m)	Qexc	Coef	Qproj	ϕ calc (m)	ϕ adot (mm)
João da Cruz Azevedo	T1	0,0129	0,0245	0,998	0,0246	0,18	400
João da Cruz Azevedo	T2	0,0039	0,0306		0,0307	0,25	400
João da Cruz Azevedo	T3	0,0039	0,0477		0,0478	0,29	400
João da Cruz Azevedo	T4	0,0039	0,0213		0,0213	0,22	400
João da Cruz Azevedo	T5	0,0039	0,0385		0,0386	0,27	400
João da Cruz Azevedo	T6	0,0133	-0,0161		-0,0161	0,00	400
João da Cruz Azevedo	T7	0,0133	0,0071		0,0072	0,11	400
João da Cruz Azevedo	T8	0,0104	-0,0328		-0,0329	0,00	400
João da Cruz Azevedo	T9	0,0104	-0,0118		-0,0119	0,00	400
João da Cruz Azevedo	T10	0,0029	0,0760		0,0761	0,37	400
João da Cruz Azevedo	T11	0,0029	0,0812		0,0814	0,38	400
João da Cruz Azevedo	T12	0,0087	0,0491		0,0492	0,25	400
João da Cruz Azevedo	T13	0,0087	0,0585		0,0587	0,27	400
João da Cruz Azevedo	T14	0,0557	-0,0869		-0,0871	0,00	400
João da Cruz Azevedo	T15	0,0557	0,0282		0,0283	0,15	400

Fonte: Autor (2020).

Conforme se vê na tabela 05, para todas as tubulações secundárias foram adotados diâmetro de 400 mm.

5.3.4 Galerias

As novas galerias foram dimensionadas para receber as águas pluviais das bocas de lobo que serão implantadas. Os dados de dimensionamento das galerias são apresentados a seguir, o diâmetro mínimo adotado foi de 400 mm, conforme recomendações do DNIT.

Relação $y/d = 0,80$

Coefficiente = 0,988

$r/R = 1,217$

Rugosidade de manning = 0,015

i = inclinação ao longo do trecho

V = velocidade mínima/máxima (0,1 m/s e 4,5 m/s, conforme DNIT)

Para o dimensionamento das galerias foi utilizada a equação 9 do item 3.2.3 pág. 24

$$Q_{galeria} = \frac{Q_{excedente}}{Coeficiente}$$

$$Q_{galeria} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{2/3}}{4^{2/3}} \cdot \frac{i^{1/2}}{n}$$

Para o cálculo da velocidade de escoamento das galerias foi utilizada a equação 10 do item 3.2.3 pág. 24.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Para o cálculo do raio hidráulico (RH), foi utilizada a equação 11 do item 3.2.3 pág. 25.

$$RH_{pleno} = \frac{\emptyset}{4}$$

$$RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{RH}{R}$$

A Tabela 06 mostra o cálculo dos diâmetros calculados e adotados, juntamente com a verificação da velocidade de escoamento em conformidade com cada trecho.

Tabela 6: Cálculo dos diâmetros das galerias, verificação de velocidade.

Trecho	I (m/m)	Vazão Excedente (m³/s)	q/Q médio	Vazão de Projeto (m³/s)	φ calc (m)	φ adot (mm)	RH pleno	RH (y/d) = 0,80	Velocidade (m/s)	Verificação da Velocidade
2 - 3	0,0129	0,0245	0,988	0,0248	0,1824	400	0,1	0,0822	1,419	OK !
3 - 4	0,0039	0,1274		0,1289	0,4224	500	0,125	0,1027	0,906	OK !
4 - 5	0,0123	0,2900		0,2936	0,4636	500	0,125	0,1027	1,609	OK !
5 - 6	0,0133	0,4437		0,4491	0,5356	600	0,15	0,1233	1,891	OK !
6 - 7	0,0104	0,5528		0,5595	0,6089	700	0,175	0,1438	1,854	OK !
7 - 8	0,0029	0,8309		0,8409	0,9004	1000	0,25	0,2054	1,243	OK !
8 - 9	0,0087	1,2166		1,2314	0,8456	1000	0,25	0,2054	2,153	OK !
9 - 10	0,0557	1,5436		1,5624	0,6533	1000	0,25	0,2054	4,875	OK !

Fonte: Autor (2020).

Conforme apresentado na tabela 06, as galerias foram dimensionadas utilizando diâmetros comerciais.

A tabela 07 mostra os diâmetros adotados para as galerias e seus respectivos comprimentos, sendo que as galerias 08 e 09 destinam a água pluvial do trecho até o córrego saracura, que passa bem próximo ao local.

Tabela 7: Diâmetros adotados para as galerias e comprimento de tubulação.

Galeria	ϕ (mm)	I (m/m)	L (m)
G1	400	0,0129	54,00
G2	500	0,0039	50,91
G3	500	0,0123	40,71
G4	600	0,0133	37,57
G5	700	0,0104	38,61
G6	1000	0,0029	34,00
G7	1000	0,0087	34,32
G8	1000	0,0557	23,32
G9	1000	0,0557	29,31

Fonte: Autor (2020).

5.3.5 Poços de Visita e Caixas de ligação

Os poços de visitas e chaminés e caixas de ligação foram dimensionados conforme Botelho (2011), sendo que o espaçamento utilizado para cada poço de visita foi determinado utilizando os requisitos informados pela literatura.

A tabela 08 detalha as dimensões dos poços de visita e caixas de ligação adotadas. Sendo que “H” é a altura total; “A” é largura livre da base; “HC” a altura da chaminé; “E” é a espessura das paredes e “D” o diâmetro da tampa dos PV’S.

Tabela 8: Dimensão dos poços de visita.

Dimensões dos Poços de Visita e Caixas de Ligação					
Poço de Visita	H (m)	A (m)	HC (m)	E (m)	D (m)
PV-01 (Tipo A)	1,90	1,20	0,50	0,20	0,80
CX-01 (Tipo A)	1,90	1,20	-	0,20	-
PV-02 (Tipo A)	1,90	1,20	0,30	0,20	0,80
PV-03 (Tipo A)	1,90	1,40	0,30	0,20	0,80
PV-04 (Tipo A)	1,90	1,50	0,30	0,20	0,80
CX-02 (Tipo A)	2,20	1,80	-	0,20	-
CX-03 (Tipo A)	2,20	1,80	-	0,20	-
PV-05 (Tipo A)	2,20	1,80	0,30	0,20	0,80
CX-04 (Tipo A)	2,20	1,80	-	0,20	-
PV-06 (Tipo A)	2,20	1,80	0,30	0,20	0,80

Fonte: Autor (2020).

5.3.6 Sarjetões

As dimensões dos três sarjetões que serão instalados na via, mais precisamente nos cruzamentos entre a Rua João da Cruz Azevedo com a Avenida Ibrahim de Carvalho, Rua Paulo VI e Rua João XXIII, estão expressas na tabela 09.

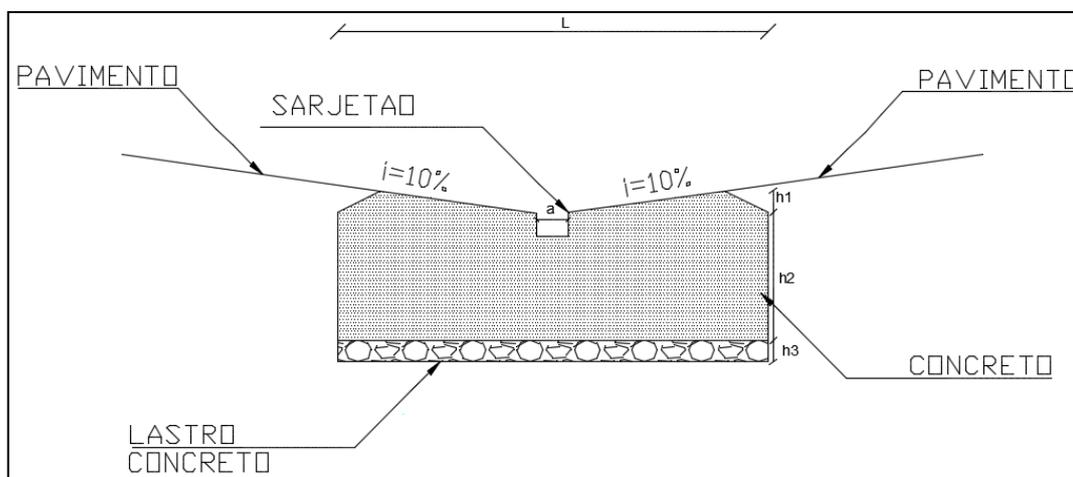
Tabela 9: Dimensões do sarjetão.

Sarjetão	a (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	L (m)	C (m)
1	7,50	5,00	30,00	5,00	0,60	7,00
2	7,50	5,00	30,00	5,00	0,60	7,00
3	7,50	5,00	30,00	5,00	0,60	8,40

Fonte: Autor (2020).

A figura 14 mostra o esquema do sarjetão adotado com sua respectiva legenda.

Figura 14: Sarjetão de concreto.



Fonte: Adaptado (Botelho, 2011, p.33).

5.4 ESPECIFICAÇÕES DOS SERVIÇOS

5.4.1 Objetivo do projeto

O trabalho tem como objetivo a elaboração de um projeto de adequação para o sistema de drenagem pluvial da Rua João da Cruz Azevedo, bairro Centro, na cidade de São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais.

5.4.2 Normas de execução

A execução do projeto deverá ser feita em conformidade com todas as normas, especificações e recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Os materiais de construção que serão utilizados na execução do sistema de drenagem pluvial deverão atender todos os padrões de qualidade especificados nas normas técnicas.

5.4.3 Placa de obra

O assentamento da placa de obra será de responsabilidade da empresa contratada para execução, seguindo todos os critérios especificados em código de obras da cidade de São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais.

5.4.4 Sinalização

A responsabilidade para colocação de placas de sinalização de será da empresa contratada, devendo ser colocadas placas com o intuito de alertar tráfego de veículos e pedestres sobre os riscos durante à execução da obra. As placas deverão ser feitas de aço galvanizado, refletivas e com tamanho em conformidade com as especificações técnicas.

5.4.5 Abertura de valas

Para construção das bocas de lobo, tubulações de ligação e galerias em conformidade com as cotas de projeto, sem diferenciação da qualidade do terreno, exceto da rocha sã, a escavação deverá ser realizada por processo mecânico ou manual que garanta a regularidade do fundo de vala bem como a manutenção do lastro de concreto previsto em projeto.

As valas para assentamento da tubulação de concreto, deverão ser realizadas por escavadeira hidráulica, em conformidade com projeto construtivo, conforme recomendação 1.47.c do DEER-MG.

Na escavação, as valas deverão ser escoradas com longarinas de madeira tipo eucalipto com espessura mínima de 2,5 cm e largura de 20 cm.

Para manter a declividade constante conforme projeto, o fundo de vala deverá ser preparado, sendo que o apiloamento deverá ser feito com máquina compactadora para melhor rendimento do trabalho.

5.4.6 Remoção de terra excedente

A terra excedente, deverá ser retirada do canteiro de obras, com distância à ser estabelecida pela contratada, de forma que ao final da obra, o local se apresente limpo. Quando houver material inapropriado para reaterro de vala, a critério da fiscalização, o mesmo deverá ser removido para bota fora e posteriormente deverá ser substituído por material de qualidade.

5.4.7 Escoramento de vala

O escoramento de vala deverá ser feito da forma que a construtora estabelecer, contanto que seja eficiente, de qualidade e econômico, além de oferecer a segurança necessária aos trabalhadores. A responsabilidade da estabilidade do escoramento, bem como os danos que possam vir a ocorrer nas vias públicas percorridas, às tubulações subterrâneas, salvo em casos de força maior, de acidentes ou danos que comprovadamente não possam ser imputados aos defeitos de escoramento, tanto pelo sistema escolhido bem como pelo estado de conservação atual, será da contratada.

O escoramento deverá ser executado e acompanhado por profissional habilitado e capacitado, devidamente registrado nos conselhos de classe da categoria.

5.4.8 Reaterro de vala

Para o reaterro, será feito apiloamento do material retirado na escavação, compactando em camadas de 20 centímetros, por processo manual ou mecânico, por vias úmidas ou secas, desde que haja eficiência no processo garantindo a perfeita compactação do aterro sobre as galerias e dos lados.

5.4.9 Lastro fundo de vala

O lastro de fundo de vala, sempre que executado, deverá ser feito em concreto, para dar sustentação e estabilização. Sendo utilizado traço de concreto 1:3:6, obedecendo sempre a largura das galerias, com espessura de 6 cm, sendo que o mesmo deverá ser adensado, sem causar prejuízo à declividade do trecho e tubulação.

5.4.10 Especificações e controles tecnológicos dos dispositivos de drenagem urbana

As especificações foram estabelecidas em conformidade com o caderno de desenho do DEER-MG, seguindo recomendação técnica RT-01.47c, utilizando também as recomendações do caderno de encargos da SUDECAP (SUDECAP, 2008, capítulo 19).

5.4.10.1 Sarjetas

Como as sarjetas foram mantidas nas mesmas dimensões existentes, deverá ser feita somente manutenção onde for necessário, de forma a garantir o pleno funcionamento da sarjeta, sem obstruções. Em trechos onde seja necessária a demolição e construção de nova sarjeta, a mesma deve ser feita utilizando concreto de cimento Portland, agregados e água, com resistência fck 15 Mpa, devendo ter um baixo Slump compatível com a máquina extrusora. Após a transcurso da máquina extrusora, deverão ser implantadas juntas de retenção devido ao enfraquecimento da seção, com espaçamento de 3,5 m.

As guias de madeira serão executadas conforme seção transversal com espaçamento máximo de dois metros. As juntas de dilatação deverão ser preenchidas com argamassa de cimento e areia traço 1:3 com espessura de 2,5 centímetros.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Já para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46.

Para o orçamento, será medido em metro linear, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.2 Sarjetão

Para execução do sarjetão, deve ser utilizado concreto de cimento Portland, agregados e água com resistência Fck 25 Mpa. Deve ser feita ainda a regularização do terreno e apiloamento. As juntas de dilatação deverão ser preenchidas com argamassa de cimento e areia traço 1:3, com espessura de 2,5 centímetros. Os sarjetões deverão ter largura de 30 centímetros e inclinação de 10%.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Já para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46.

Para o orçamento, será medido em metro linear, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.3 Caixa de Boca de Lobo

Para execução das caixas das bocas de lobo, deve ser utilizado concreto de cimento Portland, agregados e água, com resistência característica F_{ck} 15 Mpa. As armaduras a serem utilizadas devem ser de aço CA 50, sendo o recobrimento mínimo de 2,5 centímetros. A alvenaria blocos de concreto (20 x 20 x 40 cm) ou tijolo maciço (5 x 10 x 40 cm), à critério da contratada, sendo posteriormente rejuntados e revestidos de argamassa de cimento e área traço 1:3.

As caixas das bocas de lobo deverão ser construídas com três paredes simples e uma dupla, sendo esta a parede frontal. A construção das caixas e preparo do local deverão seguir as seguintes etapas:

- I. Realizar a escavação e remoção do material com o objetivo de comportar a boca de lobo prevista em projeto;
- II. Execução das paredes em alvenaria, assentando os blocos ou tijolos com argamassa de cimento e areia traço 1:3;
- III. Conectar a rede de condutos e ajustar os tubos de entrada e/ou saída da alvenaria, utilizando rejunte de argamassa traço 1:3;
- IV. As caixas coletoras deverão ser executadas sobre a geratriz inferior do tubo e terão profundidade e comprimento conforme o desenho de projeto.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46. Para tijolos maciços deverá ser utilizada a NBR 6460/01. Para armaduras, deverão ser utilizadas NBR 7480/96, NBR 6153/88, NBR-ISO 6892, NBR 7478/82 e NBR 7477/82.

Para o orçamento, será medido por unidade e tipo empregado, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.4 Grelha

As grelhas para as bocas de lobo deverão ser de ferro fundido nodular, classe C250 Kn, tendo seu travamento automático, seguindo os requisitos de classificação e métodos de ensaio em conformidade com as normas. As barras deverão cumprir as dimensões previstas em projeto. O fabricante deve fornecer garantia de 6 meses contra defeitos não encontrados quando da aceitação. As grelhas só serão aceitas seguindo as especificações abaixo:

Ser fabricadas em conformidade com a NBR 10160, utilizando material classe C250, com nome e marca do fabricante especificado, sendo que o comprimento e largura deverão estar conforme o projeto apresentado.

Para o orçamento, será medido por unidade, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.5 Tubos de concreto

A tubulação de concreto das galerias e tubos de ligação, serão construídas de concreto armado pré moldado, com armadura de aço CA 50, tipo ponta e bolsa, com diâmetro mínimo especificado em projeto de 400 mm, devem ser fabricadas seguindo criteriosamente as recomendações da ABNT. O concreto do berço deverá ser de cimento Portland, agregados e água, com resistência F_{ck} 9 Mpa, traço 1:3:6 (cimento, areia e brita).

Os tubos deverão ser rejuntados entre si com argamassa aditivada de cimento e areia média e impermeabilizante traço 1:3. A declividade dos tubos deverão ser no mínimo de 1%. Os assentamentos de tubo de corte deverão ser evitados, sendo recomendada a mudança de posição de caixas e poços de visita sempre que isso ocorra.

Para assentamento dos tubos é necessário o uso de maquinário hidráulico para que os tubos sejam perfeitamente assentados, alinhados e nivelados. Anteriormente à execução das juntas, deverá ser feita a conferência dos tubos para que se evite que a ponta do tubo esteja

descentralizada em relação à bolsa. Caso os tubos apresentem problemas de encaixe e defeitos de fabricação, os mesmos serão descartados.

As especificações do lastro para assentamento dos tubos no fundo de vala deverão seguir os critérios do projeto de execução.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46. Para os tubos de concreto deverá ser utilizado a NBR 8890/07.

Para o orçamento, será medido em metro linear, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.6 Poços de visita do tipo A

Para execução dos poços de visita, o concreto deverá ser de Cimento Portland, agregados e água, com resistência F_{ck} 15 Mpa. As armaduras são da tampa da caixa devem ser de aço CA 60 ou CA 50. As fôrmas deverão ser construídas em chapas de compensado resinado travado de forma que se proporcionem paredes sem deformações e lisas. Os espaçamentos entre os poços de visita deverão ser consultados em projeto.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46. Para tijolos maciços deverá ser utilizada a NBR 6460/01. Para armaduras, deverão ser utilizadas NBR 7480/96, NBR 6153/88, NBR-ISO 6598/84, NBR 7478/82 e NBR 7477/82.

Para o orçamento, será medido por unidade, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.7 Chaminé poço de visita

Para execução da chaminé dos poços de visita, o concreto deverá ser de Cimento Portland, agregados e água, com resistência F_{ck} 15 Mpa. As armaduras são da tampa da caixa devem ser de aço CA 60 ou CA 50. O aço utilizado na escada tipo marinho deverá ser o

CA-25. A alvenaria deverá ser construída com tijolos requeimados de 1ª categoria e 20 cm de espessura. A argamassa de revestimento interno e assentamento dos tijolos é de cimento e areia traço 1:3. A laje de redução deverá ser fabricada e curada por processos que possam assegurar um concreto homogêneo, de bom acabamento e compacto. O recobrimento da armadura está estabelecido em projeto, conforme RT-1.47.c do DEER-MG.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46. Para tijolos maciços deverá ser utilizada a NBR 6460/01. Para armaduras, deverão ser utilizadas NBR 7480/96, NBR 6153/88, NBR-ISO 6598/84, NBR 7478/82 e NBR 7477/82.

Para o orçamento, será medido por unidade, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.8 Tampão de ferro fundido

O tampão de ferro fundido cinzento deverá apresentar textura compacta e granulação homogênea, contendo quatro furos, ser articulado, sendo que nenhum defeito poderá ser corrigido por qualquer processo que seja. Na tampa deverá conter a escrita “Águas Plúviais – Ano” com no mínimo 25 mm de altura. As tampas deverão conter alças que permitam seu levantamento com facilidade e segurança. As tampas deverão ser dimensionadas para resistir aos esforços de um trem tipo brasileiro TB-36.

A peça de ferro fundido cinzento deverá assegurar as condições estabelecidas na NBR 6584/84, sendo submetido ao ensaio de compressão descrito abaixo:

- A aparelhagem para o ensaio deverá ser provida de dispositivo que permita a elevação de carga de forma contínua, sem golpes, com velocidade constante de 6000 Kg/min;
- O tampão deverá ser assentado na horizontal sobre uma mesa plana, nivelada, rígida e indeformável;
- A carga será aplicada no centro do tampão através de um disco de aço com diâmetro de 200 mm e espessura de 50 mm à velocidade constante de 6000 Kg/min;
- As peças não deverão romper com carga inferior à 9000 Kgf;

- Deverão ser colhidas amostras para analisar a qualidade dos lotes, sendo que as peças aprovadas que apresentarem defeitos nos primeiros seis meses de uso, deverão ser substituídas.
- Para o orçamento, será medido por unidade, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

5.4.10.8 Caixa de ligação tipo A

Para a construção das caixas de ligação, o concreto deverá ser de Cimento Portland, agregado e água com resistência Fck 15 Mpa. As utilizadas deverão ser de aço CA 50 ou CA 60.

As fôrmas deverão ser construídas em chapas de compensado resinado travado de forma que se proporcione paredes sem deformações e lisas. O recobrimento da armadura da tampa deve ser de 2,5 centímetros.

Os materiais utilizados deverão ser submetidos aos ensaios pertinentes, sendo que para o concreto, deverá ser utilizado a NBR 12655/06 e NBR 5739/80. Para os agregados, deverão ser utilizadas NBR 7211/05, NBR/NM 248, NBR/NM 46 e NBR/NM 46. Para armaduras, deverão ser utilizadas NBR 7480/96, NBR 6153/88, NBR-ISO 6598/84, NBR 7478/82 e NBR 7477/82.

Para o orçamento, será medido por unidade, estando incluso os serviços e fornecimento de materiais que constam no quadro de consumo, bem como o transporte dos materiais até o canteiro de obras.

6 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO

Para a elaboração da estimativa de custos para o projeto de microdrenagem da Rua João da Cruz Azevedo, Centro, na cidade de São Gonçalo do Sapucaí – MG foram utilizados os índices sem desoneração, tendo como base a tabela de preços do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil) utilizando como referência o mês de setembro de 2020 e também a tabela da SETOP de julho de 2020, fornecida pela Secretaria de Estado de Transportes. Estes sistemas atualizam os valores em alguns períodos do ano.

Tabela 10: Estimativa de custos para implantação do projeto.

		PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
		RUA JOÃO DA CRUZ AZEVEDO - CENTRO - SÃO GONÇALO DO SAPUCAÍ - MG	DATA:	11/11/2020			
			FONTES	VERSÃO			
			SETOP	2020/07 SEM DESONERAÇÃO			
			SINAP	2020/09 COM DESONERAÇÃO			
		DISCRIMINAÇÃO	Unid.	Quantidade Prevista Total	Preço Unitário s/ BDI	Valor (R\$) Previsto Total	
ITEM	CÓDIGO	CONFORME PLANILHA ORÇAMENTÁRIA		(A)	(B)	(AxB)	
1.0		MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO / SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	MOB-DES-005	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE OBRA - PARA OBRAS EXECUTADAS EM CENTROS URBANOS OU PRÓXIMO DE CENTROS URBANOS	VB	1	5465,56	5465,56	
1.2	4813	PLACA DE OBRA (PARA CONSTRUCAO CIVIL) EM CHAPA GALVANIZADA *N. 22*, ADESIVADA, DE *2,0 X 1,125* M	VB	1	250,00	250,00	
Total Grupo						5715,56	
2.0		Demolições					
2.1	97636	DEMOLIÇÃO PARCIAL DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, DE FORMA MECANIZADA, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017	M ²	588,772	12,63	7436,19	
Total Grupo						7436,19	
3.0		Drenagem					

3.1	90085	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M ³ /111 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M ³	883,158	6,81	6014,31
3.2	94052	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO DESCONTÍNUO, COM PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M ²	113,43	33,2	3765,88
3.3	94110	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL. AF_08/2020	M ³	22,67	194,1	4400,25
3.4	94100	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M ³	1024,46	2,95	3022,16
3.5	93368	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M ³	1236,222	11,04	13647,89
3.6	74154/001	ESCAVACAO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1A CATEGORIA COM TRATOR SOBRE ESTEIRAS 347 HP E CACAMBA 6M3, DMT 50 A 200M	M ³	353,062	4,44	1567,60

3.7	93361	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M ³	275,39	12	3304,68
3.8	92219	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	106,46	104,12	11084,62
3.9	95572	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	61,62	110,74	6823,80
3.10.	92221	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	37,57	180,96	6798,67
3.11	92222	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 700 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	38,61	234,07	9037,44

3.12	92226	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	156,54	339,75	53184,47
3.13	DRE-BOC-005 SETOP	BOCA DE LOBO SIMPLES (TIPO A - FERRO FUNDIDO), QUADRO, GRELHA E CANTONEIRA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNI	17	1975,63	33585,71
3.14	DRE-CHA-005	CHAMINÉ DE POÇO DE VISITA TIPO "A", EM ALVENARIA COM DEGRAUS DE AÇO CA-50	UNI	6	413,7	2482,20
3.15	DRE-POÇ-004	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 400, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1	1218,14	1218,14
3.16	DRE-POÇ-005	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1	1218,14	1218,14
3.17	DRE-POÇ-010	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 600, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1	1358,01	1358,01
3.18	DRE-POÇ-015	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 700, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1	1415,69	1415,69
3.19	DRE-POÇ-035	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 1000, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1	1909,52	1909,52
3.20	73607	TAMPAO DE FERRO FUNDIDO PARA POÇO DE VISITA	UNI	6	74,19	445,14
3.21	DRE-CXS-007	CAIXA DE CAPTAÇÃO E DRENAGEM TIPO A (120 X 120 X 150 CM), D = 500 MM A 1500MM, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	4	1539,21	6156,84

3.22	EST-CON-115 SETOP	SARJETÃO (FORNECIMENTO E LANÇAMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL USINADO BOMBEADO FCK >= 25 MPA, BRITA 1 E MÓDULO DE ELASTICIDADE CONFORME NBR 6118)	M ³	4,652	354,58	1649,51
Total Grupo						174090,64
4.0	Pavimentação Asfáltica em CBUQ					
4.1	72961	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M ²	117,75	1,23	144,83
4.2	72923	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA GRADUADA, INCLUSIVE COMPACTACAO (15cm)	M ³	88,31	60,87	5375,43
4.3	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30. AF_11/2019	M ²	588,772	6,97	4103,74
4.4	72942	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M ²	588,772	1,64	965,59
4.5	95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M ³	41,21	968,83	39925,48
Total Grupo						50515,07
5.0	Serviços Complementares					
5.1	9537	LIMPEZA FINAL DA OBRA	M ²	3231	2,09	6752,79
Total Grupo						6752,79
					Total da Obra	R\$ 237.757,46

7 CONCLUSÃO

A existência de um projeto eficiente de drenagem é de suma importância para a qualidade de vida dos moradores de qualquer cidade. Quando não se têm um sistema adequado, é sabido que ocorrem vários transtornos graves à população, como alagamentos, enchentes, perdas de bens materiais, destruição da pavimentação, entre outros.

Para redução destes problemas é necessária intervenção do poder executivo que é responsável pelos sistemas de drenagem pluvial do município, adequando o sistema de acordo com o crescimento da população e realizando a manutenção periódica dos dispositivos de drenagem, além de promover campanhas de conscientização aos moradores.

O presente trabalho teve como objetivo, dimensionar um novo sistema de drenagem para a Rua João da Cruz Azevedo, pois o sistema existente encontra-se defasado, onde a partir do momento em que for executado e começar a funcionar, solucionará o problema dos alagamentos, que causam inúmeros transtornos aos moradores.

As sarjetas foram mantidas, sendo necessária somente manutenção nos pontos onde a mesma encontra-se destruída. Foram dimensionadas 15 bocas de lobo com grelha, sendo 2 duplas e 13 simples, de forma que consigam absorver toda vazão que as sarjetas não comportam de forma eficiente, além de aumentar a quantidade e o posicionamento das mesmas. As galerias foram dimensionadas, uma vez que não foi possível verificar as existentes, por não haver projeto na prefeitura. Os sarjetões foram dimensionados para direcionar a água da chuva a pontos onde comporte seu volume, sem sobrecarregar outro sistema. Foram dimensionados 06 poços de visita, tendo em vista que na via não existe nenhum, os mesmos foram posicionados em locais estratégicos, para que se realize a manutenção periódica dos dispositivos. A estimativa de custos para execução dessa obra é de R\$ 237.757,46 (duzentos e trinta e sete mil, setecentos e cinquenta e sete reais e quarenta e seis centavos).

Por fim, cabe a todos como futuros engenheiros verificar todos os fatores que influenciam no sistema de drenagem urbana e suas particularidades, utilizando de conhecimentos adquiridos na vida acadêmica para avaliação do sistema de drenagem da área em estudo e buscar sempre soluções eficazes para os problemas da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO et al. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Blucher, 1998. 669 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de Chuva Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 6ª edição, Editora Edgard Blücher, 2011, São Paulo- SP.

BRASIL METRÓPOLE. Chuva rápida causa alagamento em vários pontos da cidade de São Gonçalo. *In*: BRASIL METRÓPOLE. **Chuva rápida causa alagamento em vários pontos da cidade de São Gonçalo**. Internet, 5 fev. 2020. Disponível em: <https://www.brasilmetropole.com.br/chuva-rapida-causa-alagamento-em-varios-pontos-de-sao-goncalo-do-sapucaai/>. Acesso em: 1 jun. 2020.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_072018_NaoDesonerado>. Acesso em: 10 out. 2020.

DAEE / CETESB – **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. 2ª Edição. 1980. São Paulo - SP.

DEER/MG. **Normas técnicas do DEER/MG**: Caderno de drenagem - Projetos Padrão. 4ª Edição. Belo Horizonte - MG. 2013, 2013. RT-01.47c.56p.

DNIT (2006). **Manual de Estudos de Tráfego**. Publicação IPR-723. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

Excel. Microsoft Office. Disponível para compra em: <https://products.office.com/pt-/br-excel>>

GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 15 out. 2020.

Global Mapper. Blue Marble Geographics. Disponível para download em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>> Acesso em: 15 out. 2020.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

MENEZES, Frederico Carlos Martins de; COSTA, Alfredo Ribeiro da. **Sistemática de cálculo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais**: uma abordagem alternativa. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, 2012, v. 1, n. 4, p. 12-22.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP - Região Sul**. Disponível em: <<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 10 out. 2020.

PLÚVIO 2.1 - *Software*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - GPRH da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Disponível para download em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em 01 out. 2020.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana vol.1**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana vol.2**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana vol.3**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SUDECAP, **Superintendência de Desenvolvimento da Capital. Drenagem Urbana**. Ed. Belo Horizonte. 1995, 137p.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo:Navegar editora, 2011.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. Guarulhos, 2002.

TOMAZ, Plinio. **Fórmula de Manning e canais**. São Paulo: [s.n.], 2013. 70 p. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_canais/capitulo50.pdf> Acesso em: 25 out. 2020.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.

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

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org). **Drenagem Urbana**. Editora da Universidade UFRGS. Porto Alegre - RS. 1995.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Microdrenagem urbana**. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf> Acesso em: 28 set. 2020.

VASCONCELOS, Ivana Prado de. **Notas de aula**. Centro Universitário do Sul de Minas. 2020.

APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO