

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

LUIZ FELIPE SILVA

PROJETO DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA RUA
TIRADENTES, no município de Lambari-MG

Lambari

2020

LUIZ FELIPE SILVA

**PROJETO DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA RUA
TIRADENTES, no município de Lambari-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 Prof^a. Esp. Luana Ferreira Mendes.

Lambari

2020

LUIZ FELIPE SILVA

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 pela Banca Examinadora composta pelos membros.

Aprovado em / /

Orientador (a): Prof^a. Esp. Luana Ferreira Mendes

Professor (a):

Professor (a):

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, minha mãe Bianca, meu pai José Luiz, minha namorada Rafaela, aos meus familiares, em especial Leonardo, Caetano, Bárbara e Selma, aos meus amigos e a todos que colaboraram e me apoiaram nesta grande etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades; aos meus pais, namorada e familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional; a minha orientadora Luana Ferreira Mendes, por todo o suporte e incentivo ao longo da realização deste trabalho; a esta universidade e seu corpo docente, que tão bem me capacitaram para a carreira profissional; e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O presente trabalho tem por propósito analisar e apresentar devidas soluções para os problemas encontrados no sistema de microdrenagem na rua Tiradentes, no município de Lambari, região sul do estado de Minas Gerais, no que se diz respeito a retenção e acúmulo das águas superficiais, que são originárias de chuvas fortes que resultam no alagamento da citada rua. A metodologia do trabalho, desenvolveu-se considerando, os dados colhidos através de trabalho em campo, utilizando-se dos seguintes meios: visitas *in loco*, registros fotográficos, análise dos dados dos índices de precipitações, averiguação e análise do sistema, que por sua vez é muito antigo e carece de manutenções frequentes. O resultado de tal averiguação foi a constatação da precariedade do sistema, por sua vez, as fortes chuvas recorrentes, principalmente na temporada de verão, servem como fator agravante desses problemas, potencializando assim, ainda mais os estragos na rua. Tais chuvas, por serem volumosas e continuas em determinadas épocas, sobrecarregam o sistema de drenagem que não foi projetado para receber volumes grandiosos de água, ainda mais quando o mesmo está necessitando emergencialmente de manutenções, o que não ocorre há tempos. Tendo em vista todos os estudos apresentados, conclui-se que a adequação dos sistemas de drenagem da rua Tiradentes, permitirá mais segurança aos usuários e eficácia do sistema de drenagem, inibindo enchentes e inundações no local

Afim de solucionar o problema, foi realizado um levantamento do quantitativo e custos necessários, tais custos ficam no valor de R\$ 480.139, 44.

Isto posto, para a realização necessária de implantação de novos dispositivos de galerias que tenham diâmetro maiores que os anteriores, conseqüentemente concretizando o posicionamento das bocas de lobos em lugares estratégicos, com suas devidas dimensões padronizadas e por fim, implantando sarjetões, para que possa ter o devido escoamento das águas pluviais.

Palavras-chave: Enchentes e Inundações. Drenagem urbana. Microdrenagem.

ABSTRACT

This present work has a purpose to analyze and submit appropriate solutions to the problems encountered into the micro drainage system of the Tiradentes street, in the Lambari city, southern region of Minas Gerais state, about a retention and accumulation of the superficial waters, which originate from heavy rains resulting in the flooding of the mentioned street. The methodology of work, was developed considering the data collected through fieldwork, using the following means: visits in loco, photographic records, analyzed data of the precipitation indices, fact-finding and system analysis that in turn is so old and requires frequent maintenance. The result of such an investigation was the finding of the precariousness of the system. Since the heavy rains, mainly in summer, serve as an aggravating factor of these problems, further increasing the damage to the street. These rains, for being voluminous and continuous at certain times, overload the drainage system that wasn't projected to receive large volumes of water, even more when it needs maintenance with emergency, which doesn't occur there are so many times. Bearing in mind all study presents, concludes that the appropriateness of drainage systems of the Tiradentes street will permit more safety for the patrons and the effectiveness of drainage system, suppressing floods in place.

In order to solve the problem, was held a survey of the quantitative and costs which are necessary. Such costs are in the amount of R\$ 480.139, 44.

Therefore, to the necessary accomplishment of deployment of new devices of galleries that has larger diameters than the previous. Consequently, achieving the positioning of tubes end sections mouths of wolf type, in strategic points, with your incurred standard dimensions, and finally, implanting big gutters, so that can have the incurred flow of rainwater.

Keywords: Floods. Urban drainage. Micro drainage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Conceito de ciclo hidrológico.	19
Figura 02: Leito carroçável.....	21
Figura 03: Exemplo de uma seção da sarjeta.	22
Figura 04: Fatores de redução de escoamento das sarjetas.	25
Figura 05: Demonstração de um sarjetão.	26
Figura 06: Tipos de bocas de lobo.....	28
Figura 07: Esquema de uma rede coletora.....	29
Figura 08: Escolha de diâmetro do tubo de ligação.....	31
Figura 09: Tubos e Caixas de ligação.....	32
Figura 10: Implantação de poços de visita.	33
Figura 11: Estrutura poços de visita.	33
Figura 12: Alinhamento dos dutos.	35
Figura 13: Ábaco de fator de correção de raio hidráulico.	38
Figura 14: Sequência de passos para um estudo de drenagem urbana.	40
Figura 15: Bacia de contribuição.....	41
Figura 16: Mapa territorial de Lambari - MG.	52
Figura 17: Bacia hidrográfica de estudo e direção do fluxo.....	53
Figura 18: Delimitação da bacia de influência na rua Tiradentes.	53
Figura 19: Direção do fluxo nas ruas.....	54
Figura 20: Delimitação da sub-bacia de contribuição.	55
Figura 21: Posições do sistema de microdrenagem 3.....	55
Figura 22: Situação da rua no período de chuva.	56
Figura 23: Situação da rua no período de chuva.	57
Figura 24: Situação da rua no período de chuva trecho 2 - 3.....	57
Figura 25: Sarjeta executada no local de estudo.	58
Figura 26: Elevatória de pedestres.....	58
Figura 27: Boca de lobo existente e obstruída no local.....	60
Figura 28: Boca de lobo existente e danificada no local.	60
Figura 29: Boca de lobo posicionada nas esquinas.	61
Figura 30: Galeria existente no local.....	62
Figura 31: Áreas de ocupação na bacia de contribuição.	63

Figura 32: Traçado do percurso mais longo da água na bacia.....	64
Figura 33: Parâmetros para a equação da intensidade no Software Plúvio.	66
Figura 34: Áreas de contribuição nos trechos.	68
Figura 35: Medidas das bocas de lobo e vazões de engolimento.	74
Figura 36: Estrutura da sarjeta.....	85
Figura 37: Dimensões da boca de lobo.....	86
Figura 38: Estrutura poço de visita.....	96
Figura 39: Estrutura sarjetão de concreto.	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Recobrimentos mínimos referentes aos diâmetros.....	35
Quadro 02: Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.....	44
Quadro 03: Períodos de retorno.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Alguns coeficientes de rugosidade de Manning.....	24
Tabela 02: Fator de redução da capacidade de escoamento da sarjeta.....	29
Tabela 03: Declividade mínima para as tubulações.	36
Tabela 04: Fatores de correção em função da altura de lâmina d'água.	37
Tabela 5: Tabela de precipitação total da chuva (mm).....	43
Tabela 06: Relação coeficientes de runoff por tipo de ocupação da área.....	47
Tabela 07: Relação coeficientes de runoff por características da superfície.	47
Tabela 08: Coeficientes de “Runoff”.....	48
Tabela 9: Dimensões das galerias do local de estudo.....	56
Tabela 10: Dimensões das bocas de lobo.	59
Tabela 11: Área de ocupação da bacia.	63
Tabela 12: Áreas de contribuição das sub-bacias.	69
Tabela 13: Vazões por margens para tempo de retorno de 10 anos.	70
Tabela 14: Vazão de sarjetas para tempo de retorno de 10 anos e necessidade de implantação de galeria.....	73
Tabela 15: Verificação das bocas de lobos existentes.	75
Tabela 16: Verificações dos dispositivos existentes.....	76
Tabela 17: Dados de projeto.....	79
Tabela 18: Declividade e fator de redução dos trechos da área de contribuição.	80
Tabela 19: Vazão de escoamento das sarjetas.	83
Tabela 20: Velocidade de escoamento das sarjetas.	85
Tabela 21: Quantidade mínima de bocas de lobo.....	87
Tabela 22: Dimensionamento dos tubos de ligação.	89
Tabela 23: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 2 – 3).....	90
Tabela 24: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 3 – 4).....	91
Tabela 25: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 4 – 5).....	92
Tabela 26: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 5 – 6).....	93
Tabela 27: Dimensionamento da galeria principal.	95
Tabela 28: Dimensões da galeria nos trechos.....	95
Tabela 29: Dimensões dos poços de visita.	96
Tabela 30: Dimensões caixas de ligação.	97

Tabela 31: Dimensões sarjetão.....	97
Tabela 32: Estimativa de custo do sistema de microdrenagem.....	100

ABREVIACÕES

BDI – Benefícios e despesas indiretas

DEER-MG – Departamento Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

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)

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 DRENAGEM	19
3.2 BACIA HIDROGRÁFICA	19
3.3 MICRODRENAGEM	20
3.3.1 Componentes de um sistema de microdrenagem	21
3.4 MACRODRENAGEM.....	39
3.5 ANÁLISE HIDROLÓGICA	40
3.5.1 Bacia de contribuição	40
3.5.2 Características físicas da bacia.....	42
3.5.3 Intensidade pluviométrica	42
3.5.4 Período de retorno	44
3.5.5 Tempo de concentração	45
3.5.6 Escoamento superficial (Runoff).....	46
3.6 CÁLCULO DA VAZÃO DE UMA BACIA	49
3.6.1 Método racional.....	49
4 METODOLOGIA.....	51
5 DIAGNÓSTICO	52
5.1 MUNICÍPIO DE LAMBARI	52
5.2 ANÁLISE DO LOCAL DE ESTUDO.....	52
5.3 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO	54
5.4 ANÁLISE DA ESTRUTURA DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO LOCAL...55	
5.5 CARACTERIZAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (<i>RUNOFF</i>).....	62
5.6 INTENSIDADE DA CHUVA	64

5.7 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PICO DA CHUVA.....	67
5.8 VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM	70
5.8.1 Sarjetas	70
5.8.2 Bocas de lobo	74
5.8.3 Galerias.....	75
6 PROJETO	78
6.1 DADOS DO PROJETO	78
6.2 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM.....	79
6.2.1 Sarjeta	79
6.2.2 Boca de lobo	85
6.2.3 Tubulações secundarias	87
6.2.4 Galeria	90
6.2.5 Poços de visita e caixa de ligação.....	96
6.2.6 Sarjetões	97
6.2.7 Disposição final	98
7 QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO.....	99
8 CONCLUSÃO.....	103
REFERÊNCIAS.....	104
ANEXO A – CÁLCULO DO BDI ADOTADO.....	107
APÊNDICE A – BACIA E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	108
APÊNDICE B – PLANTA BAIXA DA REDE E DETALHAMENTO.....	109
APÊNDICE C – DETALHAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	110

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento populacional e urbano nas últimas décadas, inúmeras cidades que foram projetadas no início do século passado estão enfrentando grandes problemas com as mudanças climáticas principalmente no tocante as grandes quantidades de chuvas, este é o caso da cidade de Lambari, que está localizada no sul de Minas Gerais. A referida cidade tem enfrentado enormes adversidades e avarias por conta de enchentes que são o motivo de grandes perdas materiais e prejuízo aos comerciantes. Fato este ainda mais preocupante na rua Tiradentes, onde o sistema de drenagem se encontra defasado, danificado e com falhas alarmantes em sua execução.

De acordo com a problematização apresentada, fez-se necessário a análise do escoamento de água pluvial na sub bacia de drenagem da rua Tiradentes e do volume de água que cai sobre o ribeirão Mumbuca. Em seguida, foi realizado um estudo do sistema de drenagem existente na rua.

Diante do contexto apresentado, este presente trabalho procura propor soluções de sanar o problema através de um projeto de drenagem na rua Tiradentes, afim de mitigar os problemas das enchentes e inundações no local de estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de adequação ao sistema de microdrenagem urbana existente na rua Tiradentes, no município de Lambari, MG.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Apresentar o local de estudo;
- Delimitar a bacia de contribuição da rua Tiradentes;
- Realizar visitas “in loco” para levantamento dos dispositivos de microdrenagem existentes;
- Verificar se o sistema existente atende à demanda de chuva;
- Analisar os resultados obtidos;
- Projeto de adequação do sistema contendo:
 - Desenho técnico;
 - Memorial descritivo;
 - Planilha orçamentária.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DRENAGEM

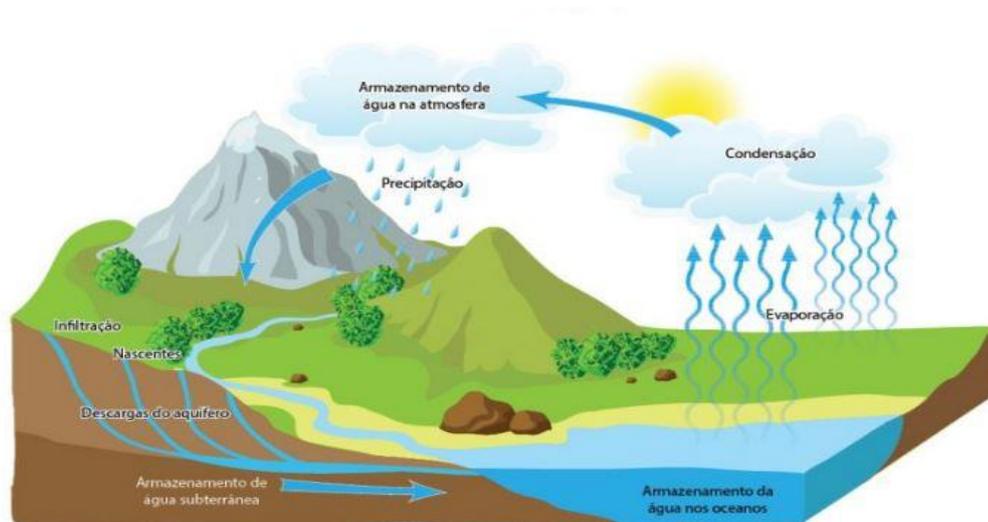
Segundo Neto (2014) a drenagem é a denominação referenciada à um conjunto de instalações que tem como principal serventia escoar o excesso de água que são originários de um número excessivo de chuva, que vem a precipitar em uma determinada superfície. Ainda, de acordo com o autor, a drenagem é sem dúvidas uma das formas mais eficazes de conter transtornos causados por inundações, prevenção de doenças originárias pelo empocamento irregular da água, além de possibilitar atenuações dos riscos de prejuízos decorrentes das enchentes, transtornos esses que toda população está sujeita.

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

TONELLO (2005) define que bacia hidrográfica é a área receptora de águas pluviais, que tem como principal objetivo realizar a drenagem e encaminhá-la até o curso d'água principal, onde o mesmo encontrará uma saída que irá desaguar em um outro curso d'água maior como lagos e oceanos.

O conceito de ciclo hidrológico segundo Wilken (1978) é definido pela precipitação, escoamento, evaporação, condensação e escoamento artificial e toda interação relacionada aos componentes citados (Figura 01).

Figura 01: Conceito de ciclo hidrológico.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2017).

Conforme UNESP (2016):

Uma bacia hidrográfica de um curso de água é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. Bacia hidrográfica é, portanto, uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, de forma tal que toda a vazão efluente seja descarregada por uma simples saída. UNESP (2016 P.11 & P.12)

Ainda conforme, UNESP (2016) o sistema de drenagem de uma bacia será formado fundamentalmente pelo rio principal e seus tributários. O padrão de drenagem de uma bacia dependerá da estrutura geológica do local, levando sempre em consideração o tipo de solo, o clima e a topografia. Esse tipo de padrão também será fator determinante e influenciador no comportamento hidrológico da bacia.

Segundo Paz (2004) as fases do ciclo hidrológico iniciam-se pela evaporação da água, que na maioria das vezes será proveniente dos oceanos. O vapor gerado eleva-se até alcançar a atmosfera e nela se agrupar aonde serão formadas as nuvens que após passar pelo processo de saturação irão resultar na precipitação das águas que estavam contidas nessa camada.

Paz (2004) ainda acrescenta que grande parte desta água será perdida ao longo da queda até alcançar o solo, outras partes ficarão presas na vegetação, porém a maior parte desse volume irá percorrer a superfície do solo que irá seguir em direção aos lagos, rios mares, oceanos e assim por diante. A maior porcentagem desse escoamento irá infiltrar-se no solo e servirá como fonte primordial de carregamento dos aquíferos que conduzirão as águas pelo lençol freático em direção aos corpos d'água. Por fim tal ciclo se conclui, o mesmo que é considerado constante incessante e ininterrupto.

3.3 MICRODRENAGEM

Tucci et al (1995 p. 77) define o processo de microdenagem urbana como sistemas de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Já Tomaz (2013) acrescenta que a microdrenagem é o escoamento superficial das ruas que irá contar com mecanismos como: galerias de águas pluviais e bocas de lobo.

3.3.1 Componentes de um sistema de microdrenagem

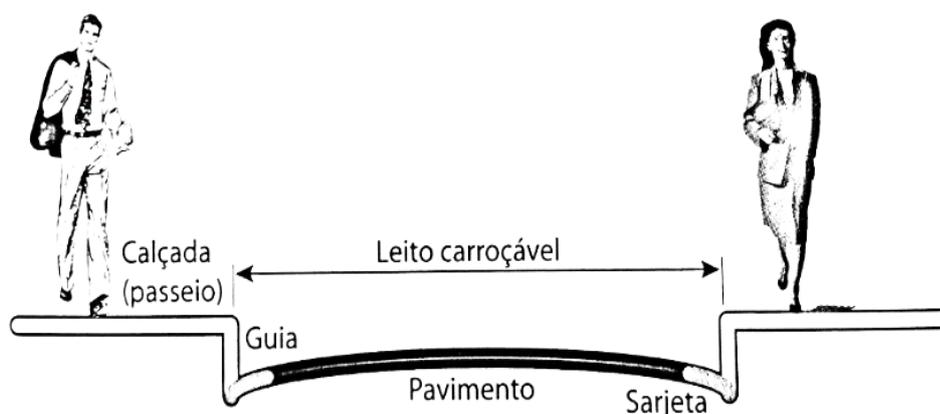
KNAPIK (2016) afirma que os componentes de microdrenagem são essenciais em conduzir a água pluvial até o sistema de macrodrenagem. Os sistemas de microdrenagem são responsáveis por dar o devido escoamento da água como afirma Kamura (2015):

“Compõem o sistema de microdrenagem as vias, as sarjetas, o meio-fio, as bocas de lobo, os tubos e conexões, os poços de visita e os condutos forçados. Existem algumas soluções alternativas visando a redução dos impactos da urbanização sobre o comportamento hidrológico das bacias que são os reservatórios domiciliares de águas pluviais, as trincheiras de infiltração, os valos de armazenamento, o armazenamento em coberturas, o armazenamento e a infiltração em áreas de estacionamento, entre outras, que são igualmente parte do sistema de microdrenagem. (KAMURA,2015 p.2)

3.3.1.1 Meio fio ou guia

Colocados entre o passeio ou e via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio; segundo o DNIT (2006) os meios fios tem a função de limitar os espaços entre a rua e o passeio (Figura 02) e destaca a erosão que é causada pela precipitação sobre a plataforma Segundo TUCCI et al. (1995, p.78) Meios fios são Elementos de pedra ou concreto, que por causa do desnível tende avançar e cair nos taludes e aterros que conduzirão as águas para os pontos definidos do projeto. Outro fator de grande relevância é que as guias são necessárias para orientar a drenagem superficial e auxiliar na segurança dos transeuntes.

Figura 02: Leito carroçável.



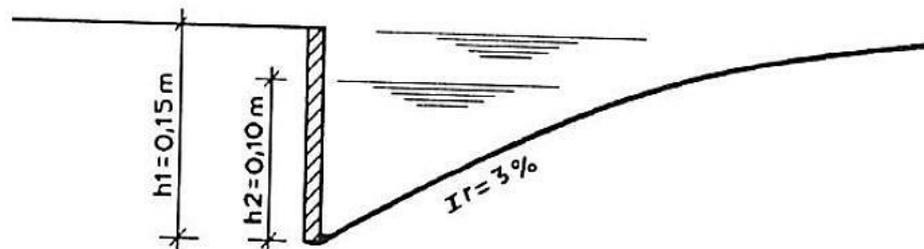
Fonte: Botelho (2011).

3.3.1.2 Sarjetas

As sarjetas em trecho urbano têm como objetivo conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo. DNIT (2006 p. 280) ainda segundo o DNIT (2006) as sarjetas são mecanismos de drenagem longitudinal construídas nas laterais de pistas de plataformas dos escalonamentos e pistas de rolamento que tem como finalidade interceptar águas em terrenos justafluviais que podem danificar a integridade dos pavimentos e conseqüentemente a segurança do tráfego.

De acordo com NETTO (1998) as sarjetas são métodos extremamente eficazes de receber as águas que escoam das faixas pavimentadas. Essas sarjetas são canais de seção triangular que facilitam o escoamento da água conforme pode ser visto na (Figura 03).

Figura 03: Exemplo de uma seção da sarjeta.



Fonte: Tucci (1995).

De acordo com CETESB (1980) para sabermos a capacidade de vazão da seção transversal, iremos adotar a equação de Manning e posteriormente modificada por Izzard, que também será responsável por determinar o dimensionamento da sarjeta.

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{z1}{n} \cdot y_0^{8/3} - \frac{z1}{n} \cdot y1^{8/3} + \frac{z2}{n} \cdot y1^{8/3} \right) \cdot i^{0,5}$$

(Equação 01)

Onde:

Q_{st} = capacidade de escoamento teórico pela sarjeta (m^3/s);

z_1 = inverso da inclinação transversal da sarjeta (m/m);

z_2 = inverso da inclinação transversal da via (m/m);

y_0 = altura da lâmina d'água junto à guia, comumente 80% da altura do meio-fio (m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

i : declividade longitudinal do trecho (m/m);

y_1 = calculado através da (Equação 02).

$$y_1 = y_0 - (i_{ts} \cdot b)$$

(Equação 02)

Onde:

y_0 = altura da lâmina d'água junto ao meio fio (m);

i_{ts} = declividade transversal da sarjeta (m/m);

b = largura da sarjeta (m).

TUCCI (1995) indicará a (Tabela 01) que será responsável para termos como parâmetros os valores de coeficiente de rugosidade de Manning, este que no qual será utilizado para o cálculo de sarjetas e galerias.

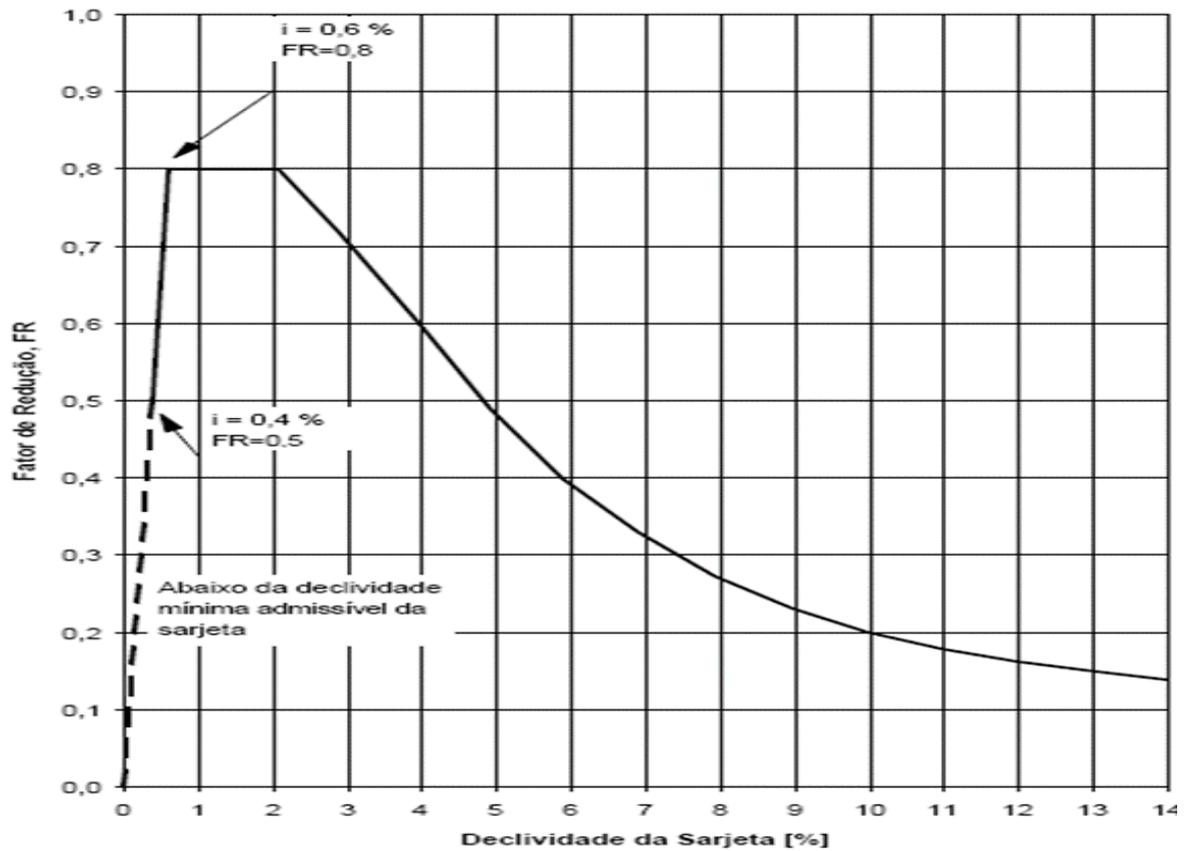
Tabela 01: Alguns coeficientes de rugosidade de Manning.

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com capins de até 30cm de altura	0,30 - 0,06
Galerias de concreto	
Pré-moldados 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 - 0,020
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 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: Adaptado de Tucci (1995)

Segundo a SMDU/SP (2012, p.40, vol. 3), A (Figura 04) servirá para analisar meios de redução de impactos que serão provenientes da obstrução por detritos no funcionamento das sarjetas. Esta figura irá fornecer os fatores de redução da capacidade da sarjeta em relação a declividade do escoamento.

Figura 04: Fatores de redução de escoamento das sarjetas.



Fonte: DAAE/CETESB (1980, pg.270).

Ainda segundo o autor, a (Equação 03) dada por Izzard, servirá para calcular a vazão exata da sarjeta e também conferir o seu tempo de escoamento.

$$q_{\text{real}} = q_{\text{st}} \cdot F$$

(Equação 03)

Em que,

q_{st} = vazão teórica (m³/s);

F = fator de redução (adimensional).

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(Z1)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{S^{\frac{1}{2}}}{n} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot Q^{\frac{1}{4}}$$

(Equação 04)

Onde,

V = velocidade na sarjeta (m/s);

Q = vazão na sarjeta (m³/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

S = declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

$Z1$ = inverso da declividade transversal da sarjeta.

3.3.1.3 Sarjetão

Segundo a CETESB 1979, os Sarjetões são canais de formas triangulares que de modo geral são encontrados nos pontos baixos dos greides das vias públicas ou em seus cruzamentos, encarregados de coletar e encaminhar as águas superficiais até a boca de lobo ou à outra sarjeta conforme a (Figura 05). Geralmente possui, ao centro. Um canal com formato retangular que recebe o nome de “chanfro” para coletar e encaminhar volumes pequenos de água, afim de que ocorra o encharcamento do canal principal.

Para TUCCI (1995) os sarjetões são calhas formadas pela sua própria pavimentação que tem como função orientar a água que está sendo escoada pela sarjeta.

Figura 05: Demonstração de um sarjetão.



Fonte: Leal (2011).

3.3.1.4 Boca de Lobo

Para a DAAE/CETESB (1980) as bocas de lobo são estruturas hidráulicas que podem ser uma caixa de alvenaria ou pré-moldado de concreto, que está localizada sob a sarjeta ou até mesmo sob o passeio e tem função de captar as águas superficiais. A SMDU/SP (2012) irá definir as bocas de lobo como:

As bocas-de-lobo são elementos colocados nas sarjetas com a finalidade de captar as águas veiculadas por elas para que, desta forma, não venham a invadir o leito carroçável das ruas causando complicações para o tráfego de veículos e pedestres. Além disto, devem conduzir as águas até as galerias ou tubulações subterrâneas que as levarão até os rios. SMDU/SP (2012, vol 03 p. 43).

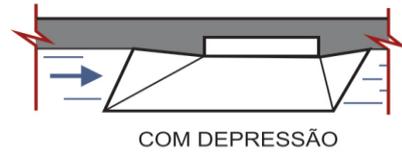
Ainda segundo a SMDU/SP (2012) as bocas de lobo são divididas em quatro tipos que poderão ser usados com ou sem depressão, podendo estar localizada nos pontos baixos ou no meio das sarjetas. Estas classificações das bocas de lobo estão divididas em:

- 1) Boca de lobo simples;
- 2) Boca de lobo com grelha;
- 3) Boca de lobo combinada;
- 4) Boca de lobo múltipla.

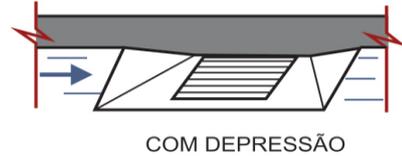
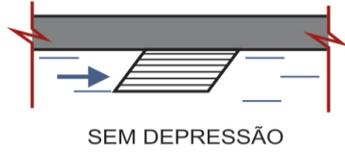
Podemos verificar essas tipologias das bocas de lobo conforme a (Figura 06).

Figura 06: Tipos de bocas de lobo.

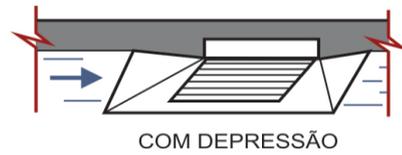
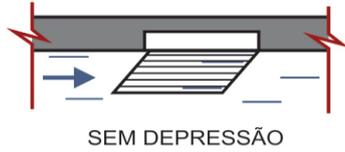
a) BOCA DE LOBO DE GUIA



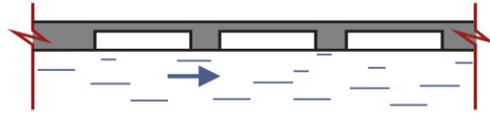
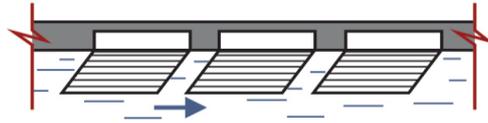
b) BOCA DE LOBO COM GRELHA



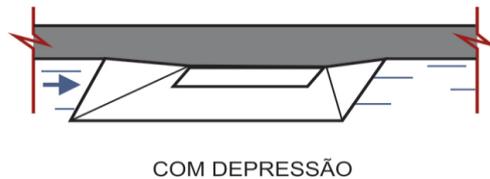
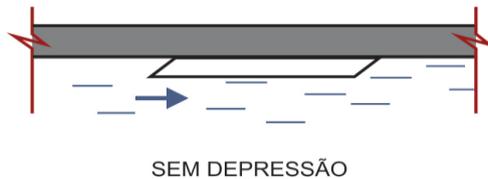
c) BOCA DE LOBO COMBINADA



d) BOCA DE LOBO MÚLTIPLA



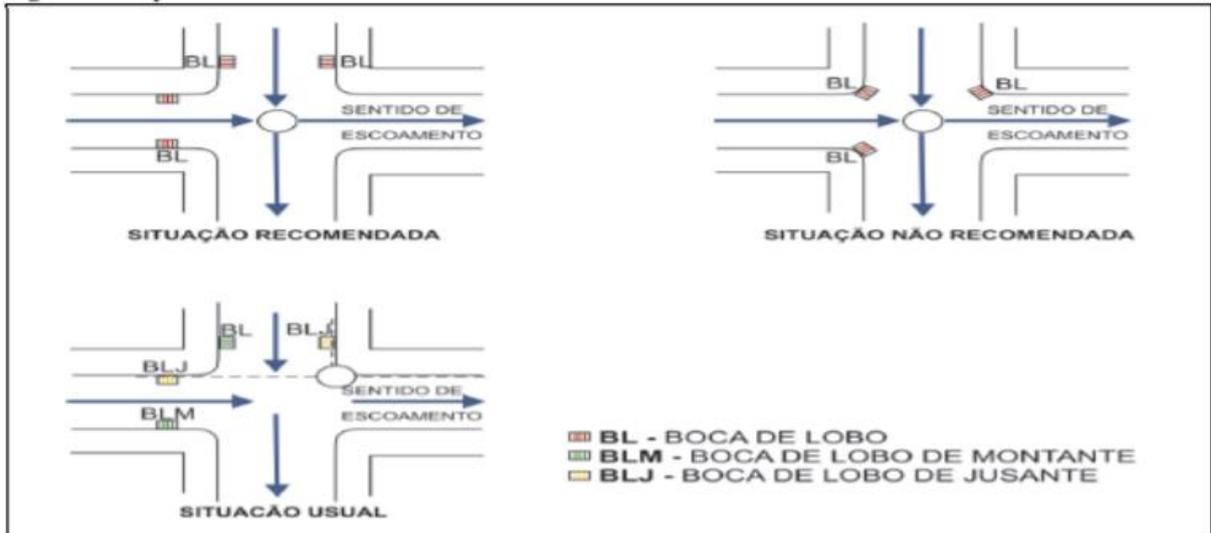
e) BOCA DE LOBO COM FENDA HORIZONTAL LONGITUDINAL



Fonte: SMDU (2012, vol.03, p.41).

A (Figura 7) apresenta alguns exemplos de posicionamento de bocas coletoras.

Figura 07: Esquema de uma rede coletora.



Fonte: (SMDU/SP, 2012).

Segundo a CETESB (1980 p. 285) A boca de lobo é um dispositivo especial que tem como finalidade captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas, para em seguida, conduzi-lás às galerias ou tubulações subterrâneas.

Ainda de acordo com CETESB (1980), em suma as bocas de lobo em sua totalidade deverão ter sua vazão calculada e multiplicada por um coeficiente de minoração. Como é demonstrado na (Tabela 02) a seguir:

Tabela 02: 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: SMDU/SP (2012).

3.3.1.4.1 Boca de lobo simples

Conforme CETESB (1980 P. 288) Esse tipo específico de boca de lobo, será amplamente utilizada nos projetos de drenagem urbana, principalmente nos pontos baixos das sarjetas. Esse tipo de boca de lobo será formada de uma abertura vertical na guia, que receberá o nome de guia de chapéu que possibilitará a entrada da água pluvial. Diante disso pode utilizar a (Equação 05) para dimensionar o elemento como vertedor que irá despejar o excesso de água acumulada (Tucci, 1995).

$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{\frac{3}{2}}$$

(Equação 05)

Onde:

Q = vazão de engolimento da boca de lobo (m³/s);

L = comprimento da soleira (m);

y = altura de água próxima à abertura na guia (m);

3.3.1.4.2 Boca de lobo com grelha

As bocas de lobo com grelha são tipos de boca de lobo que possuem uma abertura coberta com barras metálicas longitudinais e/ou transversais, formando uma ou mais grelhas. CETESB (1980 P. 288)

De acordo com essa possibilidade, levando em consideração que a boca de lobo com grelha possa exercer a finalidade de vertedor de solera livre, utilizando como parâmetros lâminas de água com até 12,0 cm Tucci irá sugerir o uso da (Equação 06).

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

(Equação 06)

Onde,

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

P = perímetro da boca de lobo (m);

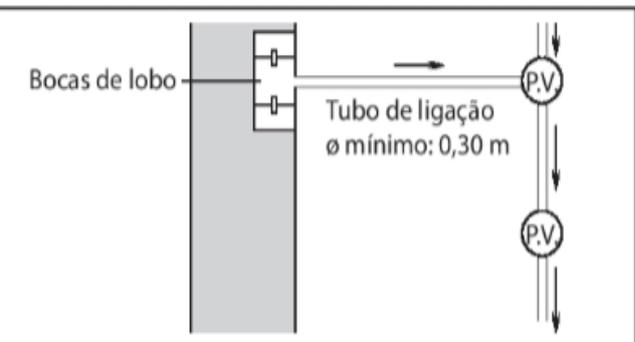
y = altura de água próxima à abertura na guia (m);

3.3.1.5 Tubos e caixas de ligação

Segundo Tucci (1995) A função dos tubos de ligação está estritamente ligada à conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita. Segundo Botelho (2011) os tubos de ligação que são também chamados de tubo conector possuem comumente diâmetro mínimo de 300 mm e é formado por uma estrutura de concreto simples tendo como declividade mínima 1%. Geralmente, para escolher o diâmetro do tubo de ligação é utilizada a tabela conforme a (Figura 08).

Figura 08: Escolha de diâmetro do tubo de ligação.

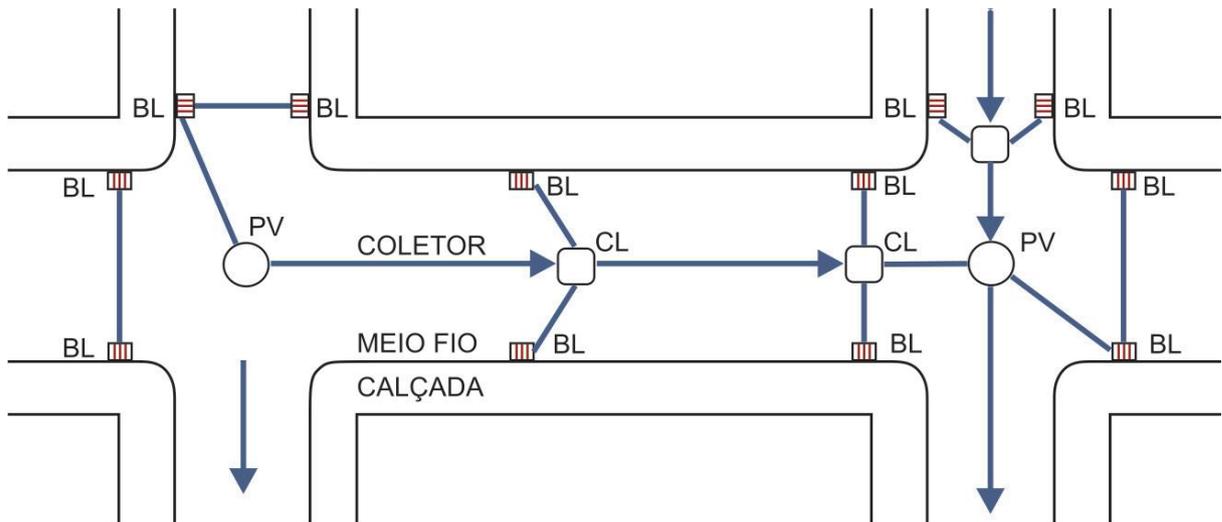
Número de bocas de lobo a esgotar	Ø ligação
1	300 mm
2	400 mm
3	600 mm



Fonte: Botelho (2011).

Conforme à: SMDU (2012, vol.03, p.39): As caixas de ligação são utilizadas quando faz-se necessária a locação de bocas de lobo intermediárias ou para se evitar a chegada em um mesmo poço de visita de mais de quatro tubulações, conforme podemos ver na (Figura 09).

Figura 09: Tubos e Caixas de ligação.



Fonte: SMDU/SP (2012, vol.03, p.39).

3.3.1.6 Poço de visita

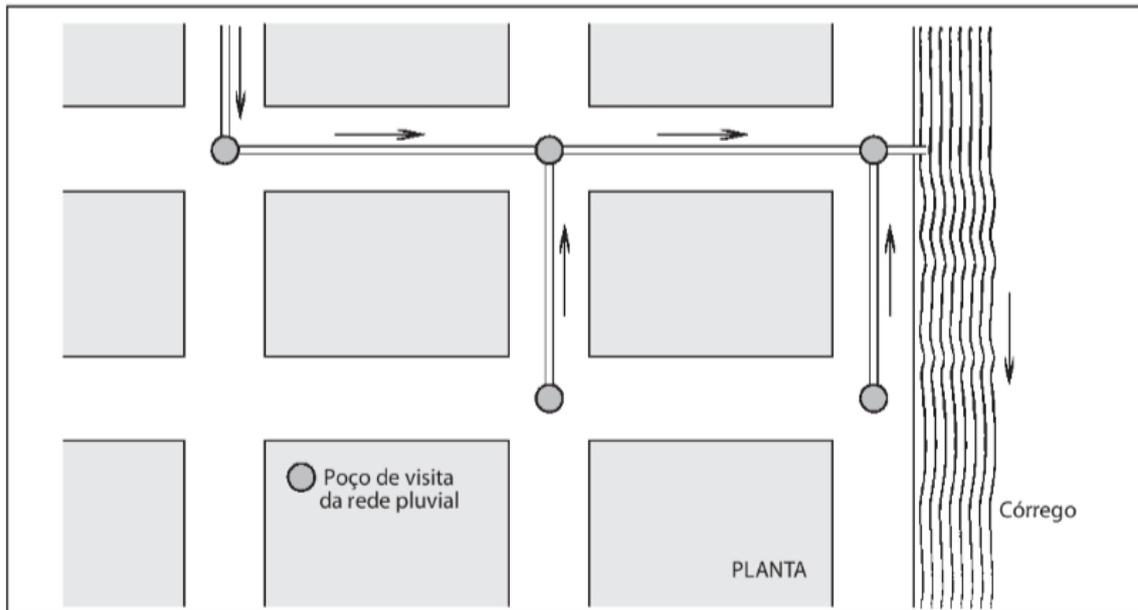
Botelho (2011) afirma que a principal função do poço de visita é: permitir a desobstrução, limpeza e inspeção das galerias enterradas. Estes facilitam a destes poços de visita.

Ainda segundo Botelho (2011 p.47) os poços de visitas também são comumente implantados em:

- Cruzamentos de rua;
- Quando a galeria tem o diâmetro de um de seus tubos aumentados;
- Quando ocorre mudança de direção de galerias;
- A montante da rede (quando ocorre o nascimento da rede);
- Trechos muito longos de galerias sem inspeção.

Botelho (2011) ainda elucidará que em cidades planas que tendem a ter velocidade de água menor e onde a incidência de entupimentos será mais comum em relação a cidades de alta declividade, deveriam haver maior quantidade dos poços de visita. Conforme podemos verificar na (Figura 10).

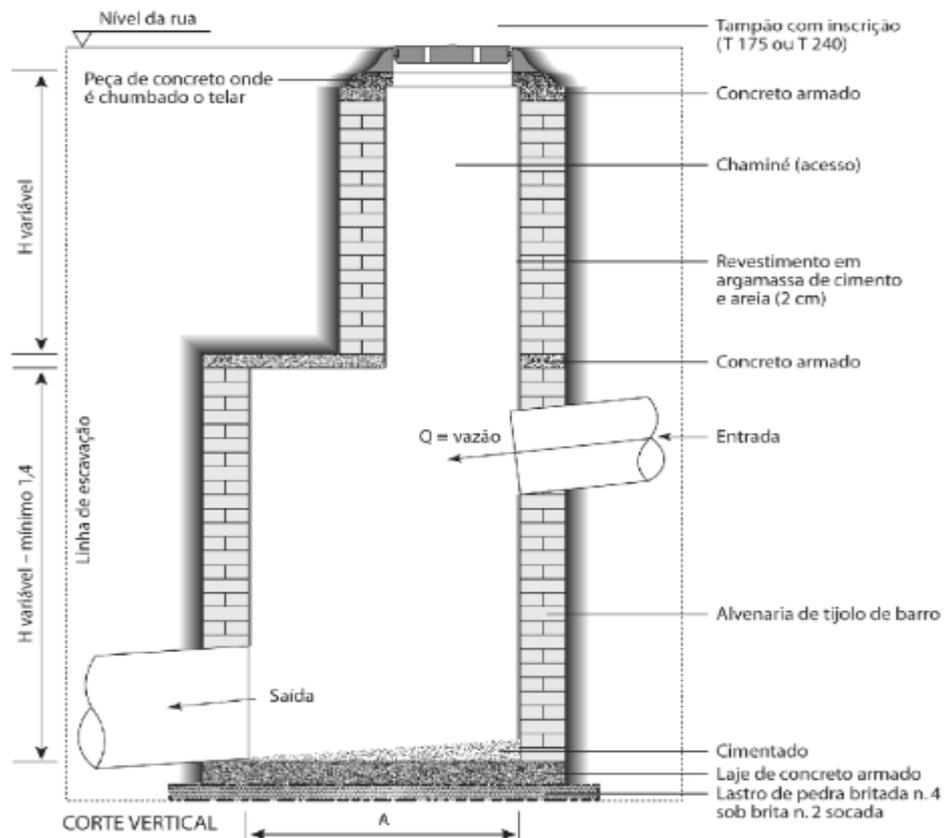
Figura 10: Implantação de poços de visita.



Fonte: Botelho (2011).

Conforme a (Figura 11), podemos verificar a estrutura de um poço de visita.

Figura 11: Estrutura poços de visita.



Fonte: Botelho (2011).

3.3.1.7 Galeria

Segundo a SMDU/SP (2012, vol 03 p. 43) As galerias são canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas; A DAAE/CETESB (1980) Acrescentará que as galerias são os condutores responsáveis por transportar a água pluvial desde o local de captação até o local de despejo. Suas seções podem ser de diferentes formas tais como circular, retangular, oval ou com outros formatos.

TUCCI (1995) afirmará algumas diretrizes sobre dimensionamento, conforme podemos verificar:

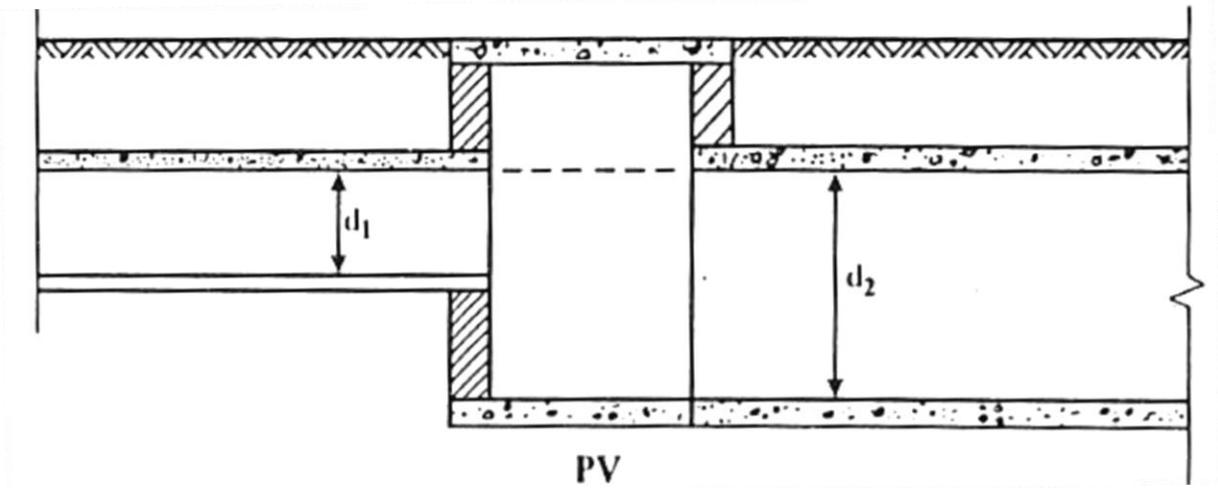
Conforme Tucci (1995) as galerias circulares deverão ter no mínimo seções de 0,30 m, Já quando o assunto se refere aos diâmetros comerciais concorrentes eles apresentarão as medidas: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20; 1,50 m. Ainda segundo o autor o projeto deverá seguir alguns critérios rudimentares, tais como: As galerias pluviais serão projetadas visando seu pleno funcionamento conforme a seção plena concomitante a da vazão do projeto, apresentando uma velocidade que tenha em seu ponto máximo permitido, definindo-se em cátedra do material que será utilizado na rede, ou seja, a partir dessa informação se hipoteticamente utilizarmos tubos de concreto, logo a velocidade máxima aceitável será de 5,0 m/s, e 0,60 m/s a velocidade mínima. O autor ainda prossegue com alguns critérios básicos do projeto, tais como:

O recobrimento mínimo da rede deve ser de 1,00 m, quando forem empregadas tubulações sem estrutura especial (quando, por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações devem ser projetadas do ponto de vista estrutural);

Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, como indica a (Figura 12) TUCCI (1995 p. 31).

Essas diferenças de diâmetros podem ser conferidas na imagem a seguir:

Figura 12: Alinhamento dos dutos.



Fonte: TUCCI (1995).

Botelho (2011 p. 76) afirma que a seleção do diâmetro do tubo de ligação da boca de lobo ao poço de visita não será feita a partir de estudos hidráulicos, e sim por problemas operacionais de limpeza. A canalização principal, esta sim, é calculada a partir das leis da Mãe Hidráulica ainda segundo Botelho (2011), o autor irá conceder especificações, elucidando os recobrimentos mínimos para os projetos dos sistemas pluviais, conforme é possível verificar no (Quadro 01) a seguir:

Quadro 01: Recobrimentos mínimos referentes aos diâmetros.

Tubos	Recobrimento mínimo (h)(m)	
Concreto simples	0,6	
Concreto armado		
\varnothing 700 mm	0,7	
\varnothing 800 mm	1	
\varnothing 1.000 mm	1	
\varnothing 1.200 mm	1,2	
\varnothing 1.500 mm	1,5	

Fonte: Botelho (2011, P.77)

Botelho (2011) também propõe seguintes declividades mínimas para as dimensões das tubulações, conforme na (Tabela 03) a seguir:

Tabela 03: Declividade mínima para as tubulações.

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: Botelho (2011, P.77).

Para dimensionarmos as galerias devemos nos basear na equação de Manning sobre o movimento uniforme, que será indicada por (Tucci 1995). Conforme a (Equação 07).

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{0,5} \times A_m$$

(Equação 07)

Onde:

Q = vazão (m³/s);

Rh = raio hidráulico adotado (m);

I = inclinação da galeria no trecho (m/m);

De acordo com Tucci (1995), quando temos uma seção circular, deveremos utilizar a (Equação 08) para obter o raio hidráulico (Rh)

$$R = \frac{d}{4}$$

(Equação 08)

Onde:

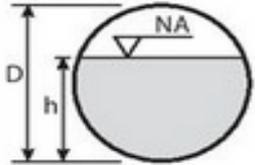
R = raio hidráulico (m);

d = diâmetro (m).

Para determinar o dimensionamento das galerias circulares, BOTELHO (2011) sugere que seja adotado a tubulação como seção plena e aplicando um fator de correção na vazão da velocidade, como pode ser visto na (Tabela 04) a seguir.

Tabela 04: Fatores de correção em função da altura de lâmina d'água.

$\frac{h}{D}$	$\frac{Q_2}{Q_1}$	$\frac{V_2}{V_1}$
0,10	0,02	0,40
0,20	0,09	0,62
0,30	0,19	0,77
0,40	0,33	0,90
0,50	0,50	1,00
0,60	0,68	1,06
0,70	0,82	1,12
0,80	0,98	1,13
0,90	1,07	1,12
1,00	1,00	1,00



Fonte: BOTELHO (2011).

Desta maneira, quando tivermos galerias de seção plena, usaremos a seguinte (Equação 09):

$$\frac{Q}{F_c} = \frac{1}{n} \times D^{8/3} \times I^{1/2} \times 0,312$$

(Equação 09)

Onde:

Q = vazão (m³/s);

F_c = fator de correção (adimensional);

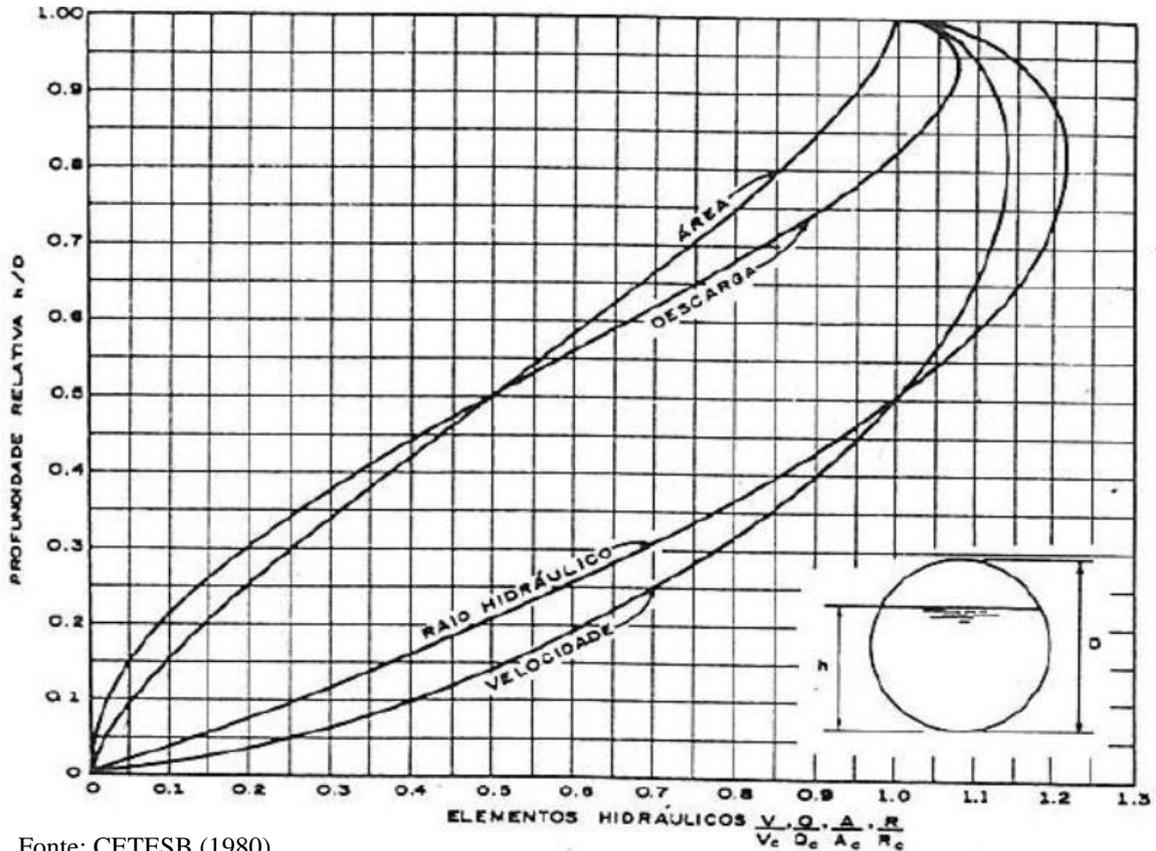
I = inclinação da galeria no trecho (m/m);

D = diâmetro (m);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning.

CETESB (1980) quando necessita-se realizar a correção do raio hidráulico, de acordo com a relação y/D faz-se obrigatório o uso do ábaco a seguir:

Figura 13: Ábaco de fator de correção de raio hidráulico.



Fonte: CETESB (1980).

Uma vez que o raio hidráulico já corrigido, a equação será:

$$Rh \text{ real} = \frac{Rh \text{ plena}}{\text{Coef } r/R}$$

(Equação 10)

Onde:

Rh = raio hidráulico corrigido (m);

Rh plena = raio hidráulico da seção plena (m);

Coef r/R = coeficiente de correção do ábaco acima.

Quando faz-se necessário calcular a velocidade de escoamento, será necessário a utilização da (Equação 11) a seguir:

$$V = \frac{Rh \text{ real}^{2/3} \times I^{0,5}}{n} \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

V = velocidade de escoamento (m/s);

Rh real = raio hidráulico real e corrigido (m);

I = inclinação da galeria (m/m);

n = coeficiente de rugosidade (Adimensional).

3.4 MACRODRENAGEM

Segundo MOUTINHO (2011) A macrodrenagem é constituída por uma rede natural do local, como riachos, córregos e canais artificiais de maiores dimensões que são responsáveis pela condição do deflúvio que é captada pelo sistema de microdrenagem local e é conduzido até seu destino final.

Lira (2003) conceitua o sistema de macrodrenagem como:

A macrodrenagem é um conjunto de obras que visa melhorar as condições de escoamento de forma a atenuar os problemas de erosão, assoreamento e inundação ao longo dos principais talvegues. Ela é responsável pelo escoamento final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares. A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação, sendo constituída pelos igarapés, córregos, riachos e rios localizado nos talvegues e valas. (LIRA 2003 P. 24, 25)

Ainda conforme Lira (2003 P. 25) os motivos de implantar as vias de macrodrenagem são:

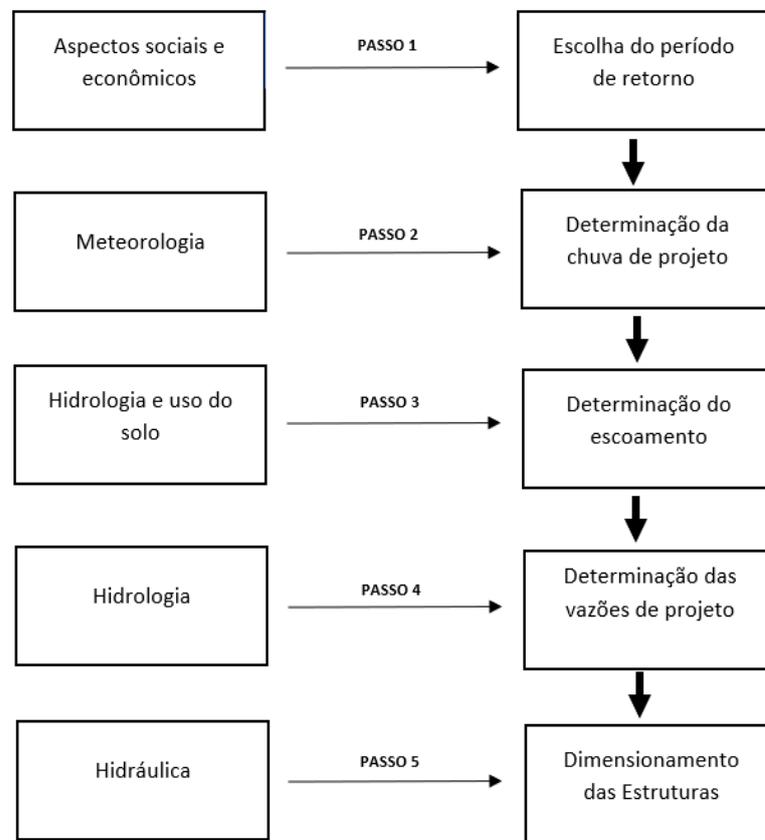
- Saneamento de áreas alagadiças;
- A Ampliação de malha viária em vales ocupados;
- Evitar o aumento de contribuição de sedimento provocado pelo desmatamento e manejo inadequado dos terrenos, lixos lançados sobre os leitos;
- A ocupação dos leitos secundários de córregos.

3.5 ANÁLISE HIDROLÓGICA

Segundo a (UNESP/Ana, 2016) Os estudos hidrológicos são necessários para obter os dados fundamentais para a aquisição das vazões máximas a serem escoadas de forma superficial no projeto.

Segundo (Tucci 1995) os métodos de estudos necessários para drenagem urbana, na maioria dos casos, o procedimento ilustrado na (Figura 14).

Figura 14: Sequência de passos para um estudo de drenagem urbana.



Fonte: TUCCI (1995 p. 108)

3.5.1 Bacia de contribuição

A Bacia de contribuição é a área que receberá a precipitação e que servirá de alimento de uma parte ou de todo escoamento dos afluentes ou do curso d'água. Os divisores de água ou também os espigões que servem de separação para as bacias adjacentes definirão os limites da bacia contribuinte. WILKEN (1978).

De acordo com Barrella (2001), as sub-bacias são áreas de drenagem que são dependentes do curso d'água principal que segundo o autor serão utilizadas diferentes unidades de medida para definir sua área.

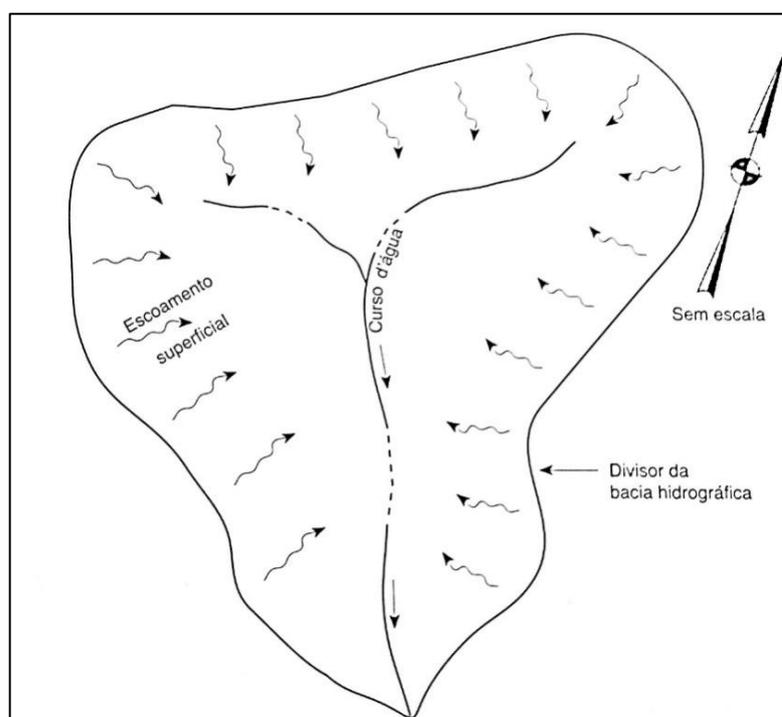
Em contrapartida Santana (2004) afirma que as bacias podem ser divididas em um número qualquer, e que, portanto, não existe uma medida padrão para as mesmas, podendo assim variar o conceito de bacia hidrográfica e sub-bacia.

Por sua vez, Faustino (1996) será incisivo ao afirmar que as sub-bacias serão áreas relativamente menores que a bacia hidrográfica propriamente dita, e que as sub-bacias terão áreas menores que 700km² e maiores que 100km².

Cecílio e Reis (2006) definirá microbacia como uma sub-bacia hidrográfica que possui área reduzida que não necessariamente dependeria de uma limitação consensual de área máxima, podendo essa variar entre 10 a 20.000 há.

Para GRIBBIN (2014) a Bacia de contribuição tem sua área bem definida que servirá para interceptar a chuva e conduzi-la para o mais próximo curso de água. Extamente, esse ponto de interceptação e condução da água que receberá o nome de Bacia de Drenagem, Bacia de contribuição ou mesmo Bacia Hidrográfica. Na (Figura 15) temos um modelo de Bacia de contribuição.

Figura 15: Bacia de contribuição.



Fonte: GRIBBIN (2014, p.163).

3.5.2 Característica físicas da bacia

Conforme PAZ (2004) a bacia hidrográfica terá como caracterização física no que se diz respeito a relevos, sistemas de drenagem, forma e área de drenagem. Esse conjunto é denominado fisiografia. Os instrumentos utilizados na formação dessas características físicas são: mapas, imagens de satélite, fotografias aéreas e levantamentos topográficos.

Ainda de acordo com o autor PAZ (2004) é de suma importância analisar as características de relevo da bacia, pois esta terá influência direta no escoamento superficial, primordialmente no tempo em que levará do escoamento e na quantidade de armazenamento de água, seja ela na superfície ou na depressão.

WILKEN (1978) afirma que para o estudo das características físicas da bacia contribuinte em concordância com os aspectos topográficos são adotados quatro parâmetros: individualização da bacia contribuinte, Declividade da bacia, relevo e declividade do curso d'água, onde este último será definido pelo autor da seguinte forma: A Declividade do curso d'água: Para dois pontos quaisquer do curso d'água, a declividade média é determinada pela relação entre a diferença total de elevação do leito (cotas) e a distancia horizontal entre eles. WILKEN (1978, p.75-79). Dado pela (Equação 12):

$$I_m = \frac{\Delta h}{L}$$

(Equação 12)

Onde:

I_m - Declividade média do curso d'água principal (m/m).

Δh - Diferença de cota entre os pontos extremos (m).

L - Comprimento retilíneo entre as cotas equidistantes da bacia (m).

3.5.3 Intensidade pluviométrica

Conforme (GARCEZ & ALVAREZ, 1988) No ciclo hidrológico A Precipitação representa um importante elo que faz a ligação entre os fenômenos meteorológicos e o escoamento superficial, que caracteriza-se pela duração, intensidade e distribuição temporal e espacial.

De acordo com Botelho (2011) a intensidade pluviométrica é definida como a quantidade de chuva que irá cair ao longo de um período de tempo. Essas medias de intensidade pluviométrica será medida ao decorrer de minutos, meses ou até mesmo em dadas circunstâncias, em anos.

De acordo com TOMAZ (2011) Para definirmos a caracterização de chuvas intensas será usada a equação 4 desenvolvida por Chen (1983) conforme a intensidade, duração e frequência da precipitação. Ainda segundo TOMAZ (2011) quando não se possui das equações de chuvas, um importante recurso utilizado é o sistema Plúvio 2.1 (2006) que, fornece as informações da intensidade de precipitação do local analisado conforme a (Equação 13).

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c} = mm/h$$

(Equação 13)

Onde:

I – Intensidade máxima média da precipitação (mm/h);

T – Período de retorno em anos;

t – Precipitação (min);

K, a, b, c - Parâmetros relativos a localidade (extraídos do software “Plúvio 2.1”).

Botelho (2011) determina que quando existe uma carência de dados hidrológicos que estabelecem a intensidade de chuvas, é recomendado que seja utilizado como referencial os dados da precipitação média brasileira como pode ser analisado de acordo com a (Tabela 05).

Tabela 5: Tabela de precipitação total da chuva (mm).

Regiões	Tempo de recorrência 10 anos				Tempo de recorrência 25 anos			
	Duração em minutos				Duração em minutos			
	15	30	60	120	15	30	60	120
Alta pluviosidade	41	63	75	110	50	82	118	150
Média pluviosidade	34	51	61	81	38	63	85	109
Baixa pluviosidade	27	39	46	51	30	44	52	67

Fonte: BOTELHO (2011).

3.5.4 Período de retorno

Segundo GRIBBIN (2014) o período de retorno será determinado mediante o número médio de anos entre dois acontecimentos chuvosos que podem ser iguais ou maiores que o número de polegadas no decorrer de uma determinada duração.

Conforme TUCCI (1995) o período de retorno será definido como o inverso da probabilidade estipulada em um determinado evento hidrológico, podendo este ser semelhante ou exacerbado em um determinado ano em que foi colido os dados de análise.

Outro fator que é de suma importância considerar conforme A SMDU (2012) é que considerando que as falhas relacionadas as obras de microdrenagem são consideradas de menor relevância, portanto irá sistematizar que o período de retorno de 02 a 10 anos serão adotadas essas obras de microdrenagem. No Brasil, são adotados alguns valores do período de retorno, conforme pode ser verificado no (Quadro 02) a seguir:

Quadro 02: Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.

Características do sistema	Tr (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Macrodrenagem	25 a 50
Grandes Corredores de tráfego e áreas vitais da cidade	100
Áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, policia, centros de controle de emergência, etc.	500
Quando a riscos de perdas de vidas humanas	100 (mínimo)

Fonte: Adaptado (SMDU/SP, 2012, vol.2, p.28).

TUCCI (1995) será ainda mais abrangente ao conceituar períodos de retorno proporcional a obra, sendo ela microdrenagem ou macrodrenagem de acordo com a ocupação da área, como pode ser verificado na (Quadro 03).

Quadro 03: Períodos de retorno.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
Microdrenagem	Aeroportos	2 a 5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Microdrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
Microdrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado de TUCCI (1995).

3.5.5 Tempo de concentração

De acordo com BOTELHO (2011) Todo o período em que a chuva demora para escoar ao ponto mais longínquo da bacia até alcançar o trecho de estudo em questão é denominado tempo de concentração.

TUCCI (1995) afirma que a soma do tempo de concentração dos diferentes trechos é o tempo de concentração das bacias urbanas. A (Equação 14) será constituída por duas parcelas que definirá o tempo de concentração de uma determinada seção, como pode ser visto:

$$t_c = t_s + t_i$$

(Equação 14)

Onde:

t_c - Tempo de concentração em minutos;

t_s - Tempo de escoamento Superficial (Dado pela equação de George Ribeiro);

t_i – Tempo concentração do trecho inicial (adota-se o valor de 10 minutos, para vias e sarjetas, TUCCI et al, 1995, p.90).

No entanto, para definirmos o tempo de escoamento superficial (t_s) é necessário utilizar a equação de George Ribeiro, que é demonstrada na (Equação 15) BOTELHO (2011).

$$ts = \frac{16L}{(1,05 - 0,2 P)(100 x Im)^{0,04}}$$

(Equação 15)

Onde:

ts - Tempo de escoamento superficial (min);

L - Distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km);

P - Porcentagem, da área da bacia coberta de vegetação (decimal);

Im - Declividade media do terreno ao longo do trecho *L* considerado (em m/m).

3.5.6 Escoamento superficial (Runoff)

De acordo com TUCCI (1998) O escoamento superficial é parte fundamental do ciclo hidrológico, onde se consiste no deslocamento da água na superfície da bacia, onde está percorrerá um determinado caminho, afim de encontrar uma calha definida.

Ainda de acordo com o autor, o escoamento superficial se comporta em dependência da cobertura da bacia, no que diz respeito há algumas de suas características físicas, tais como sua declividade e seu sistema de drenagem.

Segundo a SMDU/SP (2012) O escoamento superficial “Runoff” será definido de acordo com distintas séries de fatores que nos quais podem ser citados: o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade de chuva e outros fatores de relevância menores.

A CETESB (1980) indica que o valor varia conforme o tipo da ocupação da área de acordo com os dados fornecidos pelo próprio manual da CETESB. Conforme é visto na (Tabela 06).

Tabela 06: 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).

Ainda de acordo com a CETESB (1980) são definidos coeficientes de runoff de acordo com a característica da superfície que está sendo trabalhada definido na (Tabela 07).

Tabela 07: Relação coeficientes de runoff por características da superfície.

Características da Superfície	Coeficiente de <i>runoff</i>
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Passeio	0,75 a 0,85

Fonte: Adaptado de CETESB (1980).

O DNIT (2005) definirá valores ainda mais abrangentes quanto ao runoff, conforme segue abaixo na (Tabela 08).

Tabela 08: Coeficientes de “Runoff”.

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTARIAS	COEFICIENTE DE DEFLUVIO “c”
Comercio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE DEFLUVIO “c”
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,85
Gramados; solos arenosos:	
Plano 2%	0,05 a 0,10
Médio 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: Adaptado (DNIT, 2005, p.128-129).

Tendo em vista os diferentes índices de impermeabilização e ocupações do solo, é recomendado que seja utilizada a (Equação 16) que consiste na aplicação de uma média dos coeficientes de escoamento superficial através da soma dos produtos das áreas que constitui a bacia que está sendo estudada e seus coeficientes em razão da soma dessas áreas.

$$C_{\text{médio}} = \frac{\sum A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 \dots + A_n \cdot C_n}{\sum A_1 + A_2 \dots + A_n}$$

(Equação 16)

Onde:

$C_{\text{médio}}$ = coeficiente de escoamento superficial médio (adimensional);

C_1, C_2, C_n = coeficientes de escoamento superficial das áreas A_1, A_2, A_n (adimensional);

A_1, A_2, A_n = áreas que possuem os coeficientes C_1, C_2, C_n (m²).

No entanto, quando temos uma bacia muito heterogêneas recomenda-se que se calcule o valor C para toda a bacia, pela média ponderada dos diversos valores de C, encontrados para cada ocupação específica. A (Equação 17) demonstra esse coeficiente. SMDU/SP (2012, p.53, vol.02)

$$C_m = \frac{1}{A} \sum C_i \times A_i$$

(Equação 17)

Onde:

C_m - Coeficiente médio de escoamento superficial (adimensional);

A - Área total da bacia de contribuição (m²);

C_i - Coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação (adimensional);

A_i - Área da bacia correspondente à ocupação (m²).

3.6 CÁLCULO DA VAZÃO DE UMA BACIA

3.6.1 Método racional

Conforme GRIBBIN (2014) o método racional será utilizado sempre que for necessário calcular a vazão de pico, geralmente depois de um determinado evento de chuva. Ele irá calcular a maior vazão provocada por uma determinada bacia hidrográfica.

Tucci (1995) irá estipular uma determinação da vazão, ou seja, o método racional sendo como:

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto, para bacias menores que ($< 2 \text{ Km}^2$), seguindo alguns critérios básicos que serão apresentados abaixo:

- A precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia, todavia, para que essa condição aconteça admite-se que a bacia deverá ser pequena;
 - É adotado um coeficiente de escoamento único (C) correlacionado com as características da bacia;
 - Não é considerado o volume de cheia, nem a distribuição temporal das vazões;
- TUCCI et al (1995, p.84 & 85)

Ainda conforme TUCCI (1995) para obtermos a vazão será utilizada a seguinte (Equação 18) demonstrada no modelo a seguir:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600 \cdot 1000}$$

(Equação 18)

Onde:

Q - Vazão de pico (m^3/s);

C- Coeficiente escoamento Superficial (adimensional);

I – Intensidade de chuva (mm/h);

A – Área da bacia hidrográfica (m^2).

4 METODOLOGIA

Visando o desenvolvimento deste trabalho, faz-se necessário o uso da pesquisa em campo, que tem como fundamental propósito a definição e avaliação do sistema de microdrenagem situado na rua Tiradentes, no centro de Lambari MG. O estudo será consolidado mediante a revisão bibliográfica que se refere aos temas que são fundamentais e incorporam a drenagem urbana e seus componentes primordiais, assim como seus métodos para dimensionamento.

Na estrutura principal da realização deste trabalho, foi realizado uma minuciosa análise da área de drenagem. Sendo observados: escoamento superficial, vazão do projeto, tempo de concentração que são determinados pelos critérios estabelecidos pelo trabalho de campo, análise *in loco* e, da análise topográfica do trecho estudado.

No que diz respeito as ferramentas utilizadas na execução deste trabalho, foram essencialmente utilizados nessa pesquisa softwares para aquisição de dados como: o Autocad®, Plúvio®, Global Mapper®, Excel e Google Earth®.

Ao decorrer do trabalho de campo, foram realizadas análises do local de estudo mediante a registros fotográficos que foram imprescindíveis para chegar à conclusão de quais são os pontos mais críticos do sistema de microdrenagem, observando sempre a bacia hidrográfica e verificando quais são as diretrizes técnicas, procurando identificar os problemas existentes no objeto de estudo e por fim, deve-se concretizar as soluções que se mostraram mais eficientes afim de solucionar o problema, executando sempre os dimensionamentos e execuções adequados.

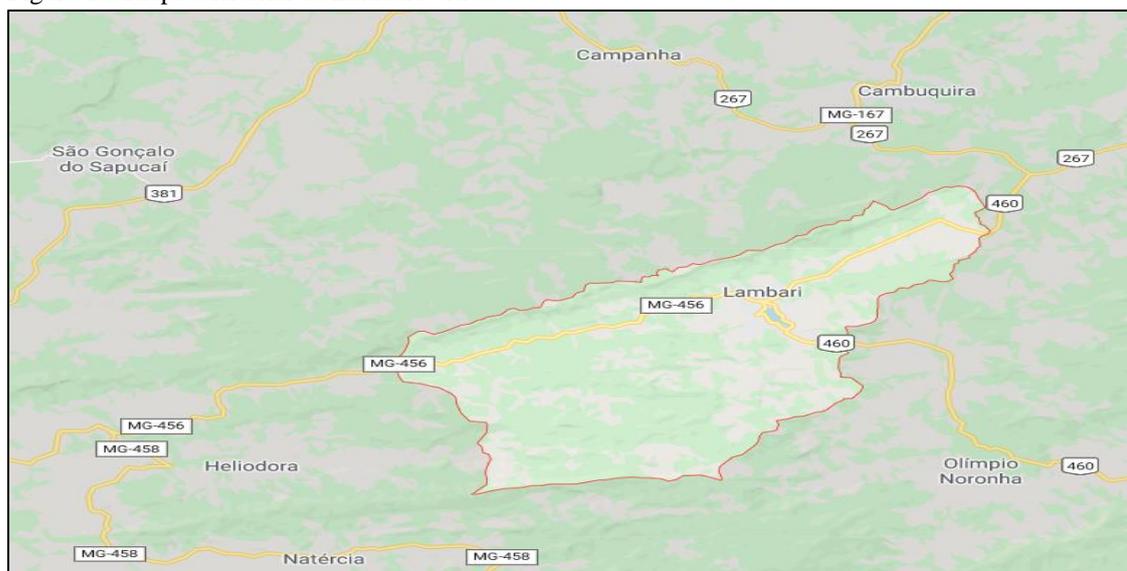
5 DIAGNÓSTICO

5.1 MUNICÍPIO DE LAMبارI

Lambari está localizada no Sul de Minas Gerais, sendo um dos principais centros turísticos do circuito das águas, constituída por um lago, piscina e fontes de águas minerais advindas de suas nascentes, atraindo muitos turistas em diversos períodos do ano.

Lambari possui uma área de 213,110 km², com um número populacional estimada de 20.814 habitantes para o ano de 2019, segundo o IBGE (2019). Em 1991, essa população era de 16.071 habitantes, enquanto no censo realizado em 2010, era de 19.554. A (Figura 16) ilustrará o limite territorial do município.

Figura 16: Mapa territorial de Lambari - MG.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

5.2 ANÁLISE DO LOCAL DE ESTUDO

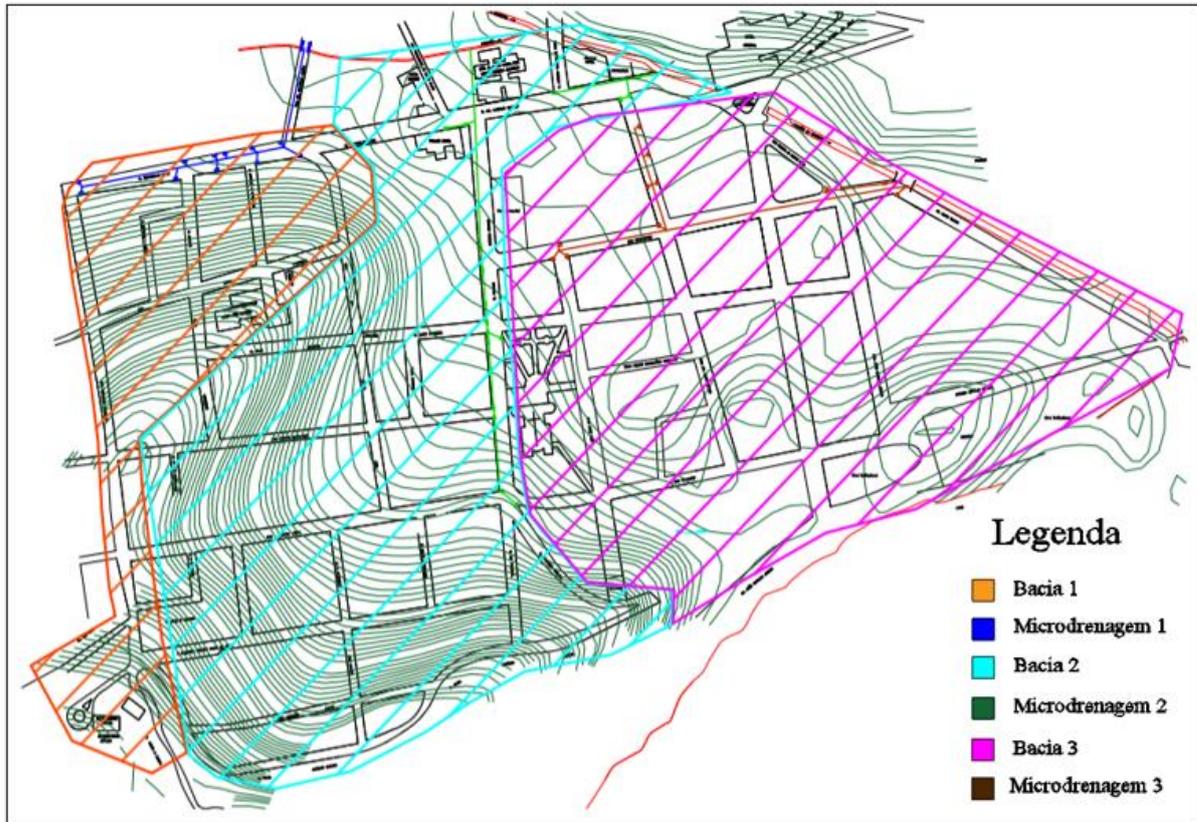
A microbacia objeto deste estudo, está localizada no Bairro centro com coordenadas latitude 22°58'28,4"S, longitude 45°20'55,4"O, conforme (Figura 17). Essa Rua recebe o fluxo de água proveniente de quase todo o centro, constituindo no decorrer da rua bocas de lobos escassas e mal posicionadas, tendo em mente que a microdrenagem é muito antiga com dutos de diâmetros pequenos e com possíveis entupimentos, interferindo na drenagem da água. O mapa que representa com maior fidelidade as curvas de nível e da delimitação das bacias de contribuição encontram-se no apêndice A.

Figura 17: Bacia hidrográfica de estudo e direção do fluxo.



Fonte: Autor (2020).

Figura 18: Delimitação da bacia de influência na rua Tiradentes.



Fonte: Autor (2020).

Com análise “*in loco*” foi levantado a delimitação da microbacia 3 e marcação da microdrenagem 3 conforme a (Figura 18). Aonde se apresenta uma microdrenagem muito antiga e escassa.

Em visitas “*in loco*”, a topografia apresentou que toda a água que se encontra na cota mais alta do centro é diretamente direcionada para a rua Tiradentes. A (Figura 19) apresenta a direção de fluxo de água que chega no mesmo.

Figura 19: Direção do fluxo nas ruas.

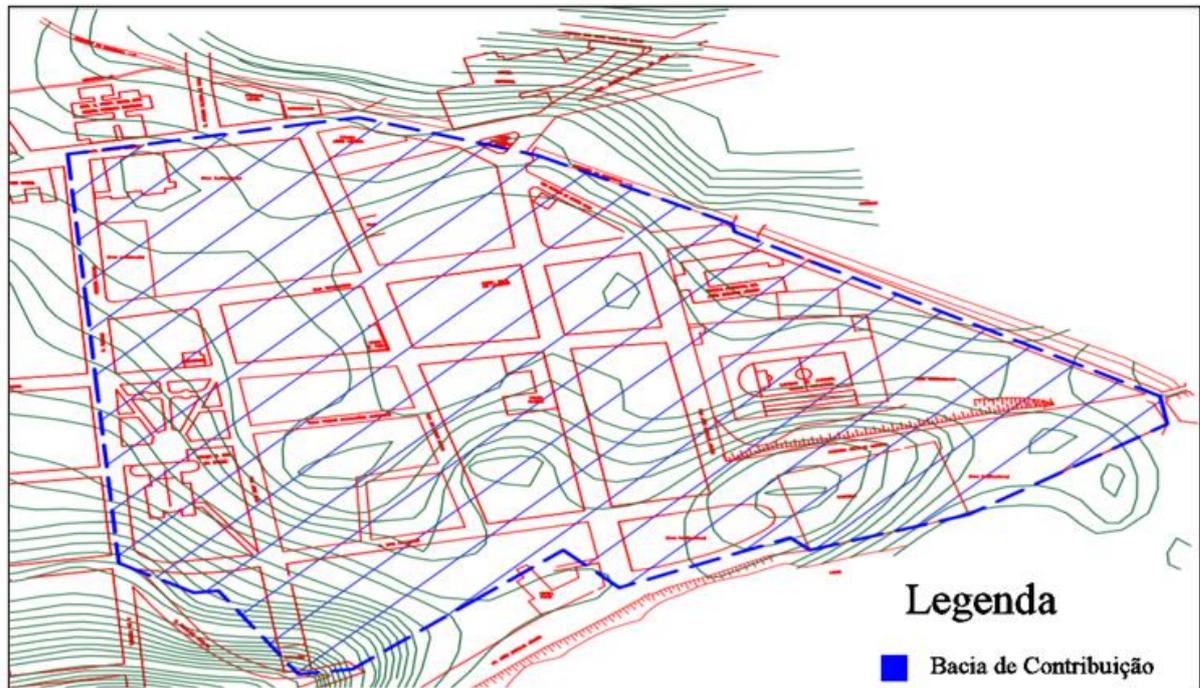


Fonte: Autor (2020).

5.3 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

A bacia de contribuição que intervém diretamente na rua Tiradentes é constituída por uma área total de 221.078,60 m², equivalente a 0,221 Km² conforme mostra a (Figura 20).

Figura 20: Delimitação da sub-bacia de contribuição.

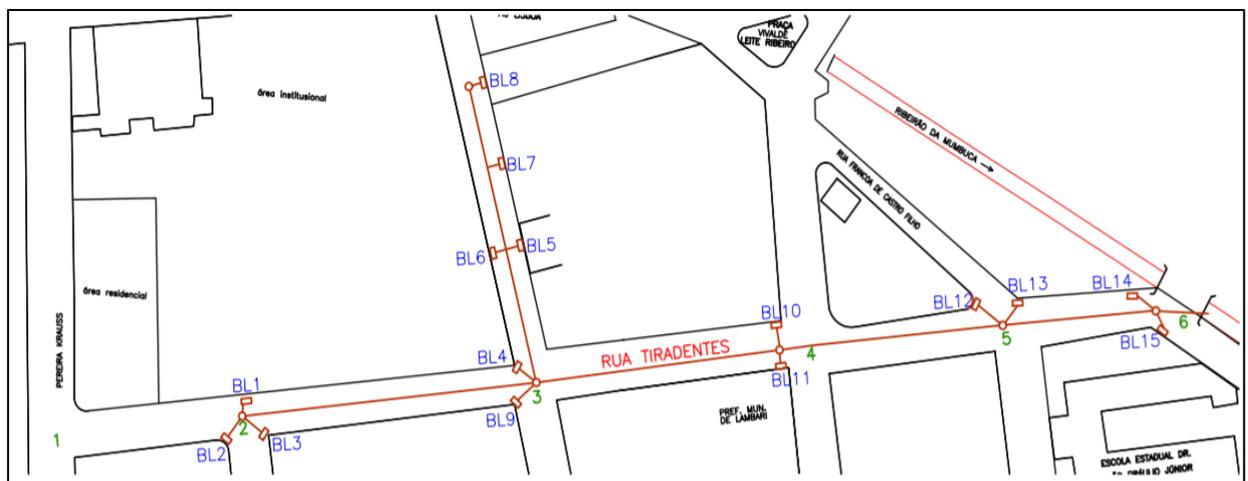


Fonte: Autor (2020).

5.4 ANÁLISE DA ESTRUTURA DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO LOCAL

Em prosseguimento do estudo realizado, fez-se necessário acarrear um estudo detalhado das estruturas do sistema de microdrenagem da rua Tiradentes, afim de encontrar as localidades e quantidades de cada dispositivo de boca de lobo e galerias. (Figura 21).

Figura 21: Posições do sistema de microdrenagem 3.



Fonte: Autor (2020).

Em relação a galeria instalada na Rua Tiradentes, em conversa com o engenheiro da prefeitura, foi relatado que os dispositivos de drenagem no local encontram-se necessitando de manutenção, já que o sistema de drenagem da rua citada, é deveras antigo e apresentam diâmetros de tubulações que não atendem as vazões necessárias, vide as atuais demandas. (Tabela 09).

Tabela 9: Dimensões das galerias do local de estudo.

Trecho	Dimensões (mm)	Comprimento (m)	Inclinação (m/m)
1-2	----	----	----
2-3	400	109,70	0,01823
3-4	400	105,00	0,01905
4-5	600	81,80	0,0055
5-6	800	54,55	0,0060

Fonte: Autor (2020).

O local de estudo apresenta situações agravantes nos comércios onde está causando alagamentos e prejudicando os mesmos conforme a (Figura 22, 23 e 24).

Figura 22: Situação da rua no período de chuva.



Fonte: Autor (2020).

Figura 23: Situação da rua no período de chuva.



Fonte: Autor (2020).

Figura 24: Situação da rua no período de chuva trecho 2 - 3.



Fonte: Autor (2020).

Na (Figura 25) pode-se observar como é o tipo de sarjeta executada no local de estudo. As sarjetas são executadas com material de concreto.

Figura 25: Sarjeta executada no local de estudo.



Fonte: Autor (2020).

Na sarjeta, encontram-se alguns obstáculos provocando problemas no seu sistema hidráulico, onde existem elevatórias de pedestres nas esquinas em que apresentam pequenas passagens para o fluxo de água, ocasionando entupimento e empoçamento de água. Conforme podemos observar na (Figura 26).

Figura 26: Elevatória de pedestres.



Fonte: Autor (2020).

Diante do posicionamento e classificações das bocas de lobo, foram retiradas as suas dimensões conforme a (Tabela 10).

Foram também analisadas as bocas de lobo existentes, e estas, encontram-se bastante danificadas, devido a uma série de fatores, tais como, descarte inadequado de lixos por parte da população no local, falta de devidas manutenções a serem realizadas pela prefeitura, no que concerne a reparos, como também limpezas visando a remoção de todos os resíduos e detritos, o que afeta todo o seu sistema hidráulico conforme (Figura 27 e 28).

Tabela 10: Dimensões das bocas de lobo.

Boca de lobo	Largura (cm)	Comprimento (cm)
1	40	80
2	40	80
3	40	100
4	40	80
5	40	80
6	40	80
7	40	80
8	40	80
9	40	80
10	40	50
11	40	50
12	60	60
13	60	60
14	40	50
15	40	50

Fonte: Autor (2020).

Figura 27: Boca de lobo existente e obstruída no local.



Fonte: Autor (2020).

Figura 28: Boca de lobo existente e danificada no local.



Fonte: Autor (2020).

Também podemos observar que no local as bocas de lobo se encontram posicionadas nas esquinas, em posições indevidas perdendo sua função. Há, portanto, a necessidade de novos posicionamentos conforme exposto na (Figura 29).

Figura 29: Boca de lobo posicionada nas esquinas.



Fonte: Autor (2020).

O dispositivo de galeria existente no local é executada com manilhas de concreto de 400mm, 600mm e 800mm, em que seu deságue se encontra no final da rua Tiradentes, seus dispositivos se encontram muitos defasados para a absorção do volume de água que se recebe e assim se torna muito pequena podendo causar estornos e entupimentos nos dutos. É de suma importância analisar as consequências que podem ser geradas no deságue, tais como erosão e assoreamento no corpo hídrico, pois dependendo da força e velocidade é necessária a utilização de dispositivo de escada hidráulica para que isto não ocorra conforme (Figura 30).

Figura 30: Galeria existente no local.

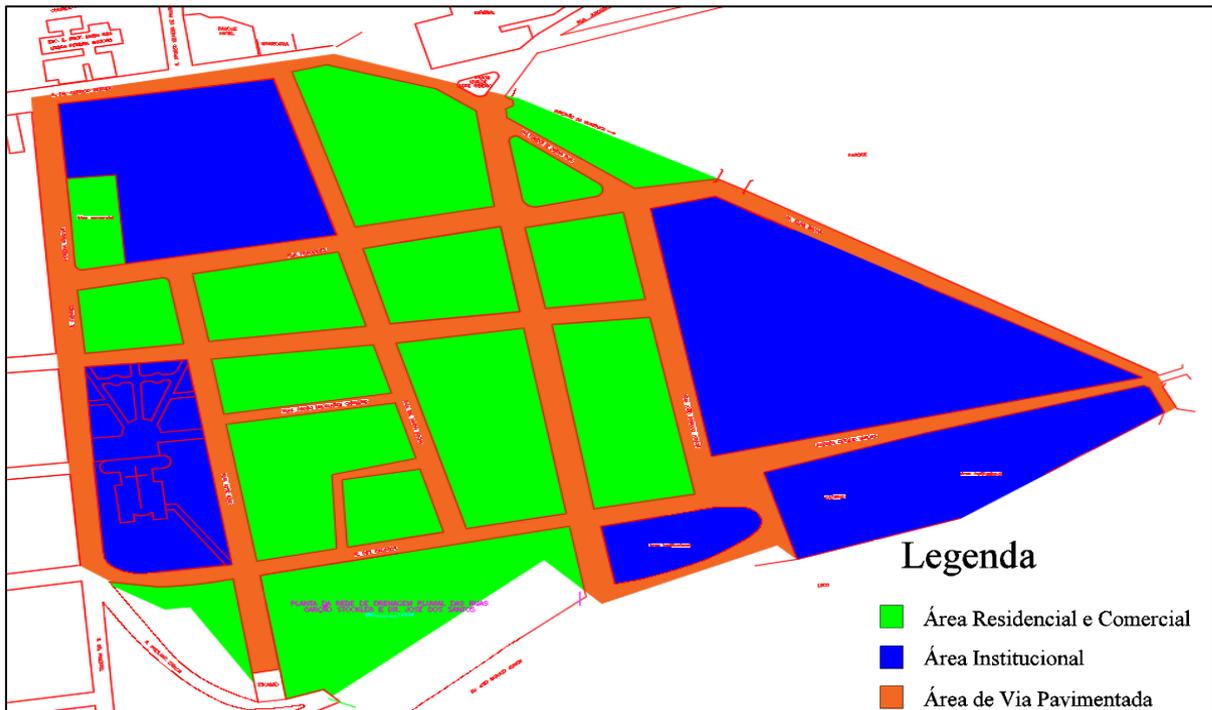


Fonte: Autor (2020).

5.5 CARACTERIZAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (*RUNOFF*)

De acordo com a bacia hidrográfica delimitada, fez-se possível analisar os diferentes tipos de ocupação existentes na bacia, fazendo a delimitação de áreas residencial, institucional e via pavimentada conforme a (Figura 31). Aonde os polígonos em verde correspondem as áreas de ocupação residencial, os de cor azul são áreas institucionais presentes na bacia, enquanto a parte cinza se trata das vias pavimentadas.

Figura 31: Áreas de ocupação na bacia de contribuição.



Fonte: Autor (2020).

Com o levantamento das informações de ocupação da bacia hidrográfica, pode-se encontrar os coeficientes de escoamentos superficiais demonstrados na (Tabela 11), onde para se obter é realizada uma média dos valores indicados na metodologia.

Tabela 11: Área de ocupação da bacia.

Áreas	Áreas (m ²)	Áreas (%)	Coeficiente (Runoff)
Área Total	221078,60	100,00%	----
Área Via pavimentada	59114,36	26,74%	0,10
Área Residencial	82901,03	37,50%	0,75
Área Institucional	79063,21	35,76%	0,60

Fonte: Autor (2020).

Diante o levantamento, basta aplicar a fórmula do C médio, de acordo com a (Equação 16):

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

$$C \text{ médio} = \frac{59114,36 \times 0,10 + 82901,03 \times 0,75 + 79063,21 \times 0,6}{221078,60}$$

$$C \text{ médio} = 0,522$$

O valor encontrado para $C_{\text{médio}}$, é um valor relativamente baixo, que configura que a área não é tão impermeabilizada assim, pois tem calçamento em paralelepípedo.

5.6 INTENSIDADE DA CHUVA

Conforme (TUCCI, 1995) usualmente se adotam os períodos de 2 a 10 anos de tempo de retorno para os projetos de microdrenagem. Diante disso, para o estudo deste projeto foi considerado um tempo de retorno de 10 anos, por ser uma região com grande número de ocupação de residência e comércios e com uma estrutura majoritariamente antiga.

Para se obter a intensidade de chuva é necessário inicialmente ser calculado o tempo de concentração que será utilizado a equação de George Ribeiro, sendo retirado dados de cotas pelo Google Earth. A (Figura 32) abaixo apresenta o comprimento do talvegue, delimitado pelo maior caminho realizado pela água da cota mais alta da bacia até a cota mais baixa.

Figura 32: Traçado do percurso mais longo da água na bacia.



Fonte: Autor (2020).

Diante de todos os dados estudados e obtidos, podemos obter através da (Equação 12) a declividade média:

- Comprimento do talvegue principal = **0,697 km**

- p = Porcentagem de cobertura vegetal = **0 %**

- Declividade média do talvegue principal:

$$Im = \frac{903-881}{697} = 0,04347 \text{ m/m}$$

Aplicando-se esses dados na (Equação 14 e 15), de George Ribeiro, podemos obter o tempo de concentração da bacia de estudo:

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

$$Tc = \left[\frac{16 \times 0,697}{(1,05 - 0,2 \times 0,0)} \times (100 \times 0,04347)^{0,04} \right] + 10$$

$$Tc = 21,26 \text{ minutos}$$

Logo, com a utilização do Software Plúvio 2.1 (2006) na (Figura 33), foi levantado os valores das constantes de acordo com a localidade de estudo, a cidade de Lambari– MG.

Figura 33: Parâmetros para a equação da intensidade no Software Plúvio.

The screenshot shows the Plúvio software interface. On the left, a map of the state of Minas Gerais is displayed in blue, with a vertical line at 45°21'01" longitude and a horizontal line at 21°58'32" latitude. Below the map, the coordinates are entered in text boxes: Latitude: 21°58'32" and Longitude: 45°21'01". A 'Calcular' button is next to these boxes. To the right of the map, the 'Estados' dropdown is set to 'Minas Gerais'. Below it, a list of 'Estações' (stations) is shown, including Acaiaca, Acesita (Coronel Fabriciano), Aimorés, Aiuruoca, Alto da Boa Vista (Mateus Leme), Andrelândia, Araguari, Araxá, and Arinos (ANFFI). Below the station list, a list of 'Localidades' (localities) is shown, including Lambari, Lamim, Lamounier (Itapeçerica), Lapinha (Lagoa Santa), Laranjal, Laranjeiras de Caldas (Caldas), Lassance, Lavras, Leandro Ferreira, and Leopoldina (Reino). Below the localities list, there is an 'Interpolação' button. At the bottom right, there are buttons for 'Relatório', 'Ajuda', 'Cancelar', and 'Fechar'. In the bottom center, the 'Parâmetros da Equação IDF' are displayed: K: 6047,290, a: 0,220, b: 32,844, and c: 1,089.

Fonte: Plúvio (2006).

Portanto, com os dados levantados foi possível calcular a intensidade da chuva utilizando-se (Equação 13) IDF (Intensidade-Duração-Frequência) abaixo:

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

Onde:

- Tempo de concentração $Tc = 21,26$ min;
- Tempo de retorno $Tr = 10$ anos;
- $K = 6047,29$;
- $a = 0,220$;
- $b = 32,844$;
- $c = 1,089$.

$$i = \frac{6047,29 \times 10^{0,220}}{(32,844 + 21,26)^{1,089}}$$

$$i = 130,04 \text{ mm/h}$$

5.7 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PICO DA CHUVA

Como a área da bacia em estudo se localiza em uma ocupação urbana e possui uma área de 22,1 hectares, foi utilizado conforme BOTELHO (2011) o método racional, que salienta que para essa área de contribuição é um dos métodos mais adequados.

$$Q_p = \frac{C \times i \times A}{1000 \times 3600}$$

Onde:

Q_p = é a vazão de pico (m^3/s);

i = intensidade da chuva – 130,04 mm/h;

A = área da bacia – 221.078,60 m^2 ;

C = coeficiente de escoamento superficial – 0,522 (adimensional).

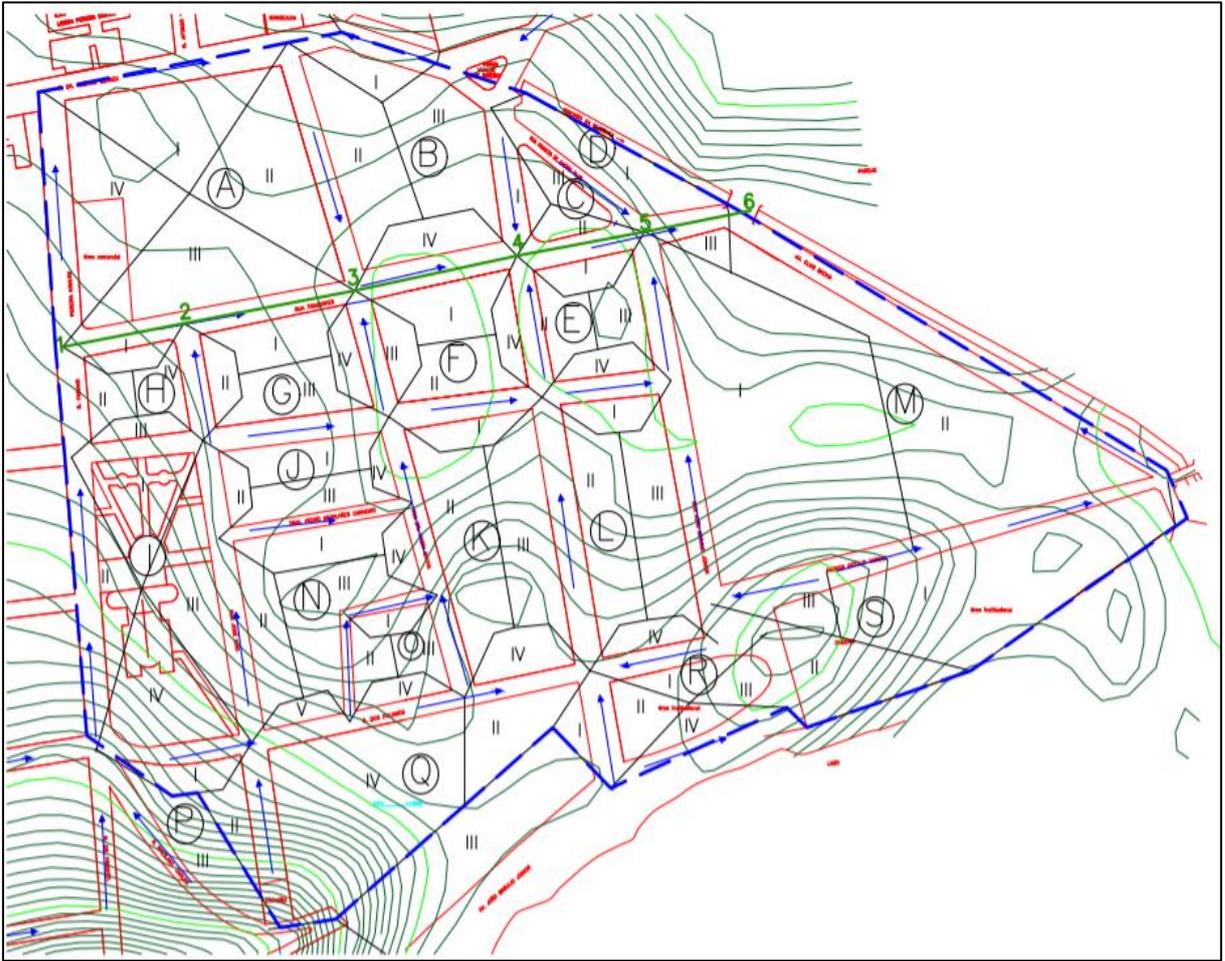
Logo, com os dados já calculados de intensidade, coeficiente de escoamento superficial e a área da bacia. Podemos obter a vazão de pico sobre o local de estudo.

$$Q_p = \frac{0,522 \times 130,04 \times 221.078,60}{1000 \times 3600}$$

$$Q_p = 4,169 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se possível obter por meio das curvas de nível, as divisões de sub-bacias conforme na (Figura 34) e assim obtendo as suas áreas de contribuição (Tabela 12).

Figura 34: Áreas de contribuição nos trechos.



Fonte: Autor (2020).

Tabela 12: Áreas de contribuição das sub-bacias.

Quadra	Área Quadra (m ²)	Sub-bacia (m ²)	Área Sub-bacia (m ²)	Quadra	Área Quadra (m ²)	Sub-bacia (m ²)	Área Sub-bacia (m ²)	Quadra	Área Quadra (m ²)	Sub-bacia (m ²)	Área Sub-bacia (m ²)
A	25221,50	I	5.813,34	H	5279,64	I	1.143,98	N	11158,05	I	2.400,75
A		II	6.225,18	H		II	1.650,03	N		II	3.060,05
A		III	6.788,91	H		III	1.099,49	N		III	3.812,92
A		IV	6.394,07	H		IV	1.386,14	N		IV	988,56
B	14214,72	I	1.699,99	I	15815,31	I	3.313,07	N	4030,48	V	895,77
B		II	5.058,50	I		II	3.106,33	O		I	728,53
B		III	4.881,01	I		III	4.622,58	O		II	1.033,98
B		IV	2.575,22	I		IV	4.773,33	O		III	1.267,47
C	3522,65	I	1.155,06	J	6505,20	I	2.646,38	O	6790,60	IV	1.000,50
C		II	1.052,34	J		II	981,70	P		I	1.497,55
C		III	1.315,25	J		III	2.187,07	P		II	1.869,86
D	4040,99	I	4.040,99	J		IV	690,05	P		III	3.423,19
E	6864,02	I	1.559,20	K	14412,73	I	1.561,36	Q	24275,68	I	1.001,61
E		II	1.928,44	K		II	5.843,54	Q		II	2.832,75
E		III	1.986,71	K		III	5.149,51	Q		III	8.559,44
E		IV	1.389,67	K		IV	1.858,32	Q		IV	11.881,88
F	7883,62	I	2.710,59	L	12816,24	I	1.396,39	R	6563,73	I	1.698,06
F		II	2.483,96	L		II	5.327,25	R		II	1.986,91
F		III	1.443,52	L		III	4.789,77	R		III	1.291,29
F		IV	1.245,55	L		IV	1.302,83	R		IV	1.587,47
G	8107,90	I	2.572,95	M	37509,29	I	22.034,36	S	17549,85	I	11.685,07
G		II	1.362,91	M		II	14.581,95	S		II	4.436,95
G		III	2.793,30	M		III	892,98	S		III	1.427,83
G		IV	1.378,74								

Fonte: Autor (2020).

Diante das delimitações das áreas é possível obter as que irão contribuir em cada trecho da rua em estudo, onde através da (Tabela 13) podem ser visualizados os resultados.

Assim, pode-se calcular a vazão para cada trecho da bacia em estudo. Será adotado tempo de retorno de 10 (dez) anos, conforme referencial bibliográfico.

Exemplo de cálculo considerando tempo de retorno de 10 anos para o trecho 1-2, margem à esquerda:

$$Q_p = \frac{0,522 \times 130,04 \times 1143,98}{1000 \times 3600}$$

$$Q_p = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 13: Vazões por margens para tempo de retorno de 10 anos.

Tipo	TRECHO	i (mm/h)	C	Q (m³/s . A)	Área contribuição (m²)		Q (m³/s)	
					MD	ME	ME	MD
Rua	1-2	130,03	0,523	0,00001887	1143,98	0,00	0,022	0,000
Rua	2-3				26167,36	0,00	0,494	0,000
Rua	3-4				69870,91	0,00	1,319	0,000
Rua	4-5				99806,66	0,00	1,884	0,000
Rua	5-6				141040,08	0,00	2,662	0,000
Rua	1-2				0,00	6788,91	0,000	0,128
Rua	2-3				0,00	6788,91	0,000	0,128
Rua	3-4				0,00	20647,81	0,000	0,390
Rua	4-5				0,00	27736,22	0,000	0,523
Rua	5-6				0,00	33092,46	0,000	0,625

Fonte: Autor (2020).

5.8 VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

5.8.1 Sarjetas

Para a determinação da capacidade da sarjeta existente na rua em estudo, foram realizadas visitas “*in loco*”, para se determinar as suas dimensões.

As sarjetas existentes no trecho de estudo na rua Tiradentes no bairro Centro, são feitas com concreto. Foi constatado “*in loco*” para a rua, largura da sarjeta de 0,45 m, inclinação da sarjeta de 3%, a inclinação da rua foi considerada 2,0% (de acordo com VASCONCELOS 2018), a altura do meio-fio na rua foi de 0,15 m. Foi adotado coeficiente de rugosidade de 0,015, conforme (Tabela 01).

Com esses dados foi possível, calcular a vazão de escoamento na sarjeta em função da inclinação de cada trecho no local em estudo.

Assim, realizando um exemplo de cálculo para o trecho 1-2, $i = 0,0257$ m/m, margem à esquerda.

$$y1 = (15 \cdot 0,80) - (0,03 \cdot 45)$$

$$y1 = 10,65 \text{ cm}$$

Calcula-se o parâmetro Z1, através do inverso da inclinação transversal da sarjeta.

$$Z1 = \frac{1}{0,03}$$

$$Z1 = 33,33 \text{ m/m}$$

Em seguida o parâmetro Z2, através do inverso da inclinação transversal da via.

$$Z2 \text{ rua} = \frac{1}{0,02}$$

$$Z2 \text{ rua} = 50 \text{ m/m}$$

Os dados são inseridos na (Equação 01) para o cálculo da capacidade de escoamento teórico pela sarjeta.

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot i^{0,5}$$

$$Q_{st} = 3,981 \cdot i^{0,5}$$

Através do cálculo acima é possível inserir a declividade do trecho e obter a capacidade teórica da sarjeta. Exemplo realizado no trecho 1-2.

$$Q_{st} = 3,981 \cdot 0,0257^{0,5}$$

$$Q_{st} = 0,638 \text{ m}^3/\text{s}$$

Logo, para obtermos a capacidade de escoamento real pela sarjeta, basta multiplicar pelo fator de redução. Exemplo realizado no trecho 1-2.

$$Q_{sreal} = 0,638 \cdot 0,65$$

$$Q_{sreal} = 0,415 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diante de todos os dados obtidos, foi calculada a capacidade de escoamento para cada trecho de sarjeta e verificando se as mesmas têm capacidade de escoar as águas pluviais, conforme (Tabela 14). Se a vazão real da sarjeta for maior que a vazão de chuva, a sarjeta tem capacidade de escoar a vazão pluvial, e se a vazão de chuva for maior que a vazão real das sarjetas, a vazão excedente terá que ser conduzida para uma galeria pluvial. Conforme expressão abaixo:

Se, $q_{sreal} > Q_{Chuva} \rightarrow$ Sem galeria (SG).

Se, $q_{sreal} < Q_{Chuva} \rightarrow$ Com galeria (CG).

Tabela 14: Vazão de sarjetas para tempo de retorno de 10 anos e necessidade de implantação de galeria.

Tipo	RUA	TRECHO	Vazão (m³/s)		Cálculo da declividade longitudinal da via				Vazão sarjeta(m³/s)			Galerias		Vazão excedente (m³/s)		Velocidade (m/s)
			ME	MD	Cota Montante	Cota Jusante	L trecho	i (m/m)	qst sargeta (m³/s)	Fator	qs real (m³/s)	MD	ME	MD	ME	
Rua	Tiradentes	1-2	0,022	0,000	887,00	885,00	77,75	0,0257	0,6385	0,65	0,4151	S/G	S/G	FIM DE PROJETO	FIM DE PROJETO	3,422
Rua	Tiradentes	2-3	0,494	0,000	885,00	883,00	109,70	0,0182	0,5376	0,80	0,4301	C/G	S/G	0,0638	FIM DE PROJETO	2,906
Rua	Tiradentes	3-4	1,319	0,000	883,00	881,00	105,00	0,0190	0,5495	0,80	0,4396	C/G	S/G	0,8792	FIM DE PROJETO	2,987
Rua	Tiradentes	4-5	1,884	0,000	881,00	881,00	81,80	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	C/G	S/G	1,8838	FIM DE PROJETO	0,000
Rua	Tiradentes	5-6	2,662	0,000	881,00	881,00	54,55	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	C/G	S/G	2,6620	FIM DE PROJETO	0,000
Rua	Tiradentes	1-2	0,000	0,128	887,00	885,00	77,75	0,0257	0,6385	0,65	0,4151	S/G	S/G	FIM DE PROJETO	FIM DE PROJETO	3,422
Rua	Tiradentes	2-3	0,000	0,128	885,00	883,00	109,70	0,0182	0,5376	0,80	0,4301	S/G	S/G	FIM DE PROJETO	FIM DE PROJETO	2,906
Rua	Tiradentes	3-4	0,000	0,390	883,00	881,00	105,00	0,0190	0,5495	0,80	0,4396	S/G	S/G	FIM DE PROJETO	FIM DE PROJETO	2,987
Rua	Tiradentes	4-5	0,000	0,523	881,00	881,00	81,80	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	S/G	C/G	FIM DE PROJETO	0,5235	0,000
Rua	Tiradentes	5-6	0,000	0,625	881,00	881,00	54,55	0,0000	0,0000	0,00	0,0000	S/G	C/G	FIM DE PROJETO	0,6246	0,000

Fonte: Autor (2020).

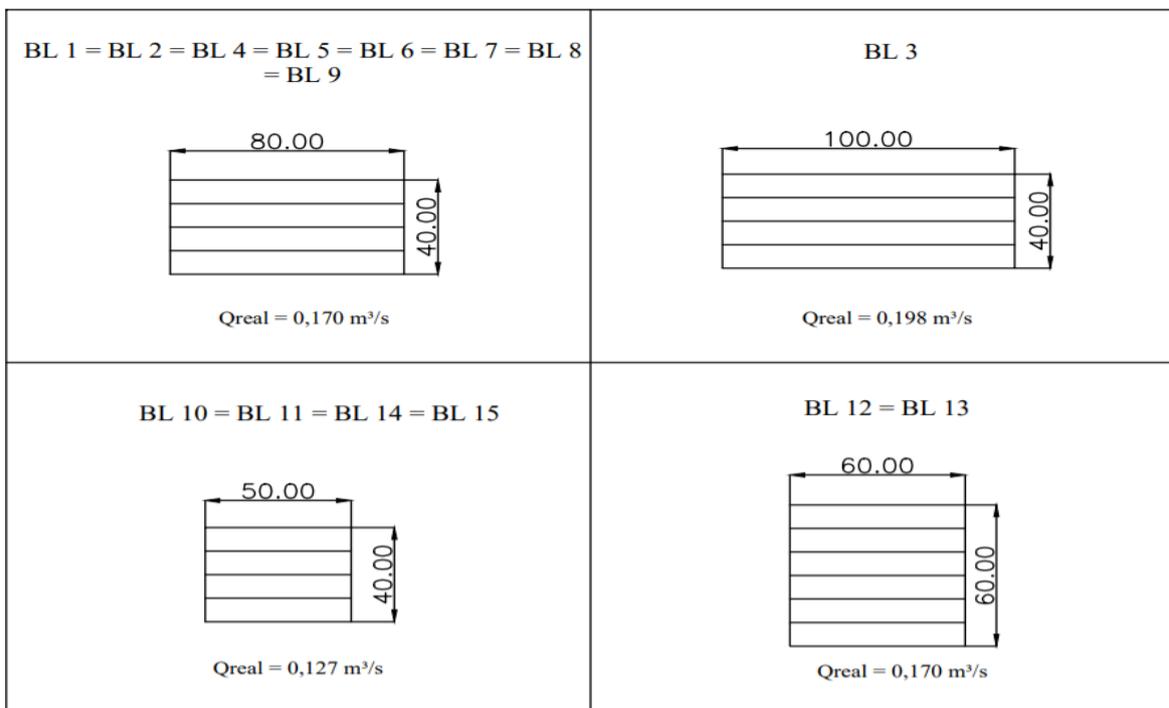
Através dos cálculos verificou-se que as sarjetas no trecho 1-2 margem direita e nos trechos 1-2, 2-3 e 3-4 margem esquerda, possuem capacidade de conduzir superficialmente as águas pluviais e nos demais trechos necessitando da verificação de dimensionamento de galeria.

Com relação às velocidades encontradas, a mesma não ultrapassa o limite de 4,0 m/s recomendado pela SUDECAP (1995), sendo assim não acarretando em erosões dos elementos de escoamento do sistema de microdrenagem, tais como as sarjetas e a pavimentação.

5.8.2 Bocas de lobo

Obtendo as dimensões das bocas de lobo nos trechos em estudo elucidado na (Tabela 10), é possível verificar a capacidade de cada dispositivo de acordo com suas localizações e categorias conforme a (Figura 35). A numeração dos dispositivos está disponível na (Figura 21).

Figura 35: Medidas das bocas de lobo e vazões de engolimento.



Fonte: Autor (2020).

Diante das vazões levantadas, foi possível analisar se o sistema de bocas de lobos se é ideal para o local em estudo, conforme a (Tabela 15).

Tabela 15: Verificação das bocas de lobos existentes.

Trecho	Margens	Bocas de Lobo existente	Vazão de engolimento (m³/s)	Vazão excedente (m³/s)	Verificação
2-3	MD	BL2- BL3 - BL9	0,538	0,064	Atende
	ME	BL1 - BL4	0,340	0,000	Atende
3-4	MD	BL11	0,127	0,815	Necessita de Bocas de Lobos
	ME	BL5 - BL6 - BL7 - BL8 - BL10	0,807	0,000	Atende
4-5	MD	NENHUMA	0,000	1,069	Necessita de Bocas de Lobos
	ME	BL12	0,170	0,520	Necessita de Bocas de Lobos
5-6	MD	BL15	0,127	1,593	Necessita de Bocas de Lobos
	ME	BL13 - BL14	0,297	0,105	Atende

Fonte: Autor (2020).

Diante da análise, podemos obter que alguns trechos não têm bocas de lobo suficientes para captar toda a vazão que escoar pela sarjeta, podendo ocasionar alagamentos.

5.8.3 Galerias

Diante dos dados levantados na (Tabela 09), onde se encontram as dimensões do dispositivo de galeria, é possível calcular a capacidade de vazão do trecho em estudo, conforme a (Tabela 16).

Tabela 16: Verificações dos dispositivos existentes.

Trecho	ϕ (mm)	inclinação (m/m)	$Q_{proj} = \frac{A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n}$	Tabela $\frac{q}{Q}$ médio	Tabela $\frac{r}{R}$ médio	$Rh = \frac{D}{4 \times \frac{r}{R} \text{médio}}$	Capacidade do dispositivo $Q_{exc} = \frac{Q_{proj}}{\frac{q}{Q} \text{médio}}$	Vazão existente nos trechos (m³/s)	Verificação	Velocidade (m/s) $V = \frac{1}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$	Análise de Velocidade
2 - 3	400	1,82%	0,215	1,027	1,2045	0,0830	0,2096	0,0638	Dispositivo ok!	1,713	velocidade ok!
3 - 4	600	1,91%	0,649			0,1245	0,6317	0,8792	Alterar diâmetro ou Declividade	2,295	velocidade ok!
4 - 5	600	0,55%	0,349			0,1245	0,3394	2,4073	Alterar diâmetro ou Declividade	1,233	velocidade ok!
5 - 6	800	0,60%	0,784			0,1660	0,7635	3,2866	Alterar diâmetro ou Declividade	1,560	velocidade ok!

Fonte: Autor (2020).

De acordo com os dados obtidos, foi possível verificar que os diâmetros e inclinações dos dispositivos que estão implantados, não atendem às vazões que caem sobre os trechos. Tendo assim, que modificar os seus respectivos diâmetros e declividades das tubulações, para atender aos mesmos.

6 PROJETO

Após a realização de toda a análise do sistema de drenagem na Rua Tiradentes, foi dado a iniciativa do projeto, que consiste em consolidar métodos e meios a fim de implantar um sistema eficiente de drenagem que tem como principal objetivo sanar os problemas de alagamentos decorrentes na rua citada. Inicialmente, ao detectar que os dispositivos de drenagem já se encontravam com baixos indicativos de eficiência, fez-se necessária a implementação de um novo sistema de drenagem, sobretudo utilizando a análise dos seguintes itens:

- Bacia de contribuição;
- Escoamento superficial (Runoff);
- Intensidade pluviométrica;
- Período de retorno;
- Tempo de concentração;
- Vazão de projeto;
- Dimensionamento da Sarjeta;
- Dimensionamento das Bocas de lobo;
- Dimensionamento da Tubulação secundária;
- Dimensionamento da Galeria;
- Dimensionamento do Poço de visita e Caixa de ligação;
- Dimensionamento do Sarjetão.

6.1 DADOS DO PROJETO

Para a realização do projeto, fez-se necessário o estudo de seus dados contemplando seus respectivos dimensionamentos, como também, as adequações realizadas no mesmo. Depreende-se tais dados como:

Tabela 17: Dados de projeto

DADOS	
Bacia de contribuição (m ²)	221078,60
Coef. de escoamento superficial	0,522
Intensidade de chuva (mm/h)	130,04
Período de retorno	10 anos
Tempo de concentração (min)	21,26
Vazão de Projeto (m ³ /s . A)	1,887.10 ⁵

Fonte: Autor (2020).

6.2 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM

6.2.1 Sarjeta

Para determinar a capacidade das sarjetas da rua, adotou-se como largura da sarjeta de 45 cm (quarenta e cinco centímetros). Em relação as inclinações, foi constatado que a sarjeta apresenta 3% (três por cento) e a respeito da avenida foi considerada 2,0% (dois por cento). A altura do meio-fio da rua foi de 15 cm (quinze centímetros) e o coeficiente de rugosidade para concreto foi de 0,015, conforme (Tabela 01).

Através destes dados foi plausível realizar o cálculo da vazão de escoamento na sarjeta em função da declividade longitudinal de cada trecho analisado na rua.

$$Z1 = \frac{1}{0,03} = 33,33 \text{ m/m}$$

$$Z2 \text{ rua} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ m/m}$$

$$y0 = (15 \cdot 0,80) = 12 \text{ cm}$$

$$y1 = (15 \cdot 0,80) - (0,03 \cdot 45) = 10,65 \text{ cm}$$

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot i^{0,5}$$

$$Q_{st} = 3,981 \cdot i^{0,5}$$

De acordo com o SMDU/SP (2012), o fator de redução para sarjetas terá como variável a declividade de cada trecho conforme são demonstrados nas (Tabela 18 e 19), que

assevera a capacidade de escoamento de cada trecho de sarjeta, nos quais os valores de redução de escoamento foram retirados da (Figura 04).

Tabela 18: Declividade e fator de redução dos trechos da área de contribuição.

Tipo	RUA	TRECHO	Vazão (m³/s)		Cálculo da declividade longitudinal da via					Fator
			MD	ME	Cota Montante	Cota Jusante	L trecho	i adot (m/m)	i %	
Rua	Tiradentes	1-2	0,022	0,000	887,00	885,00	77,75	0,0257	2,5723	0,65
Rua	Tiradentes	2-3	0,494	0,000	885,00	883,00	109,70	0,0182	1,8232	0,80
Rua	Tiradentes	3-4	1,319	0,000	883,00	881,00	105,00	0,0190	1,9048	0,80
Rua	Tiradentes	4-5	1,884	0,000	881,00	881,00	81,80	0,0050	0,5000	0,60
Rua	Tiradentes	5-6	2,662	0,000	881,00	881,00	54,55	0,0050	0,5000	0,60
Rua	Tiradentes	1-2	0,000	0,128	887,00	885,00	77,75	0,0257	2,5723	0,65
Rua	Tiradentes	2-3	0,000	0,128	885,00	883,00	109,70	0,0182	1,8232	0,80
Rua	Tiradentes	3-4	0,000	0,390	883,00	881,00	105,00	0,0190	1,9048	0,80
Rua	Tiradentes	4-5	0,000	0,523	881,00	881,00	81,80	0,0050	0,5000	0,60
Rua	Tiradentes	5-6	0,000	0,625	881,00	881,00	54,55	0,0050	0,5000	0,60

Fonte: Autor (2020).

Desta forma, foram realizados os cálculos para cada trecho de sarjeta da rua, como também a demonstração da necessidade de implantação de galerias.

6.2.1.1 Verificação de capacidade das sarjetas das ruas

Cálculo por trecho:

Rua Tiradentes trecho 1 - 2 →

Margem Esquerda:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0257^{0,5} = 0,638 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,638 \cdot 0,65 = 0,415 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 6788,91 = 0,128 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sr} > Q_{pluvial} : \text{OK} \rightarrow \text{SEM GALERIA}$$

Margem Direita:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0257^{0,5} = 0,638 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,638 \cdot 0,65 = 0,415 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 1143,98 = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} > Q_{pluvial}$: OK \rightarrow SEM GALERIA

Rua Tiradentes trecho 2 - 3 \rightarrow

Margem Esquerda:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0182^{0,5} = 0,537 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,537 \cdot 0,80 = 0,430 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 6788,91 = 0,128 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} > Q_{pluvial}$: OK \rightarrow SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0182^{0,5} = 0,537 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,537 \cdot 0,80 = 0,430 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 26167,36 = 0,494 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK \rightarrow COM GALERIA

Rua Tiradentes trecho 3 - 4 \rightarrow

Margem Esquerda:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0190^{0,5} = 0,549 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,549 \cdot 0,80 = 0,439 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 20647,81 = 0,390 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} > Q_{pluvial}$: OK \rightarrow SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,0190^{0,5} = 0,549 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,549 \cdot 0,80 = 0,439 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 69870,91 = 1,319 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK → COM GALERIA

Rua Tiradentes trecho 4 - 5 →

Margem Esquerda:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,005^{0,5} = 0,2815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,2815 \cdot 0,6 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 27736,22 = 0,523 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK → COM GALERIA

Margem Direita:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,005^{0,5} = 0,2815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,2815 \cdot 0,6 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 99806,66 = 1,884 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK → COM GALERIA

Rua Tiradentes trecho 5 - 6 →

Margem Esquerda:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,005^{0,5} = 0,2815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,2815 \cdot 0,6 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 33092,46 = 0,625 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK → COM GALERIA

Margem Direita:

$$Q_{st} = 0,375 \cdot \left(\frac{33,33}{0,015} \cdot 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} \cdot 0,1065^{8/3} \right) \cdot 0,005^{0,5} = 0,2815 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sreal} = 0,2815 \cdot 0,6 = 0,169 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 1,887 \cdot 10^{-5} \cdot 141040,08 = 2,662 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{sr} < Q_{pluvial}$: NÃO OK → COM GALERIA

A (Tabela 19) irá demonstrar a capacidade de escoamento real das sarjetas de cada trecho da área estudada.

Tabela 19: Vazão de escoamento das sarjetas.

Tipo	RUA	TRECHO	Qpluvial (m³/s . A)	A contribuição (m²)		Vazão (m³/s)		Vazão sarjeta(m³/s)			Galerias	
				MD	ME	MD	ME	qst sarjeta (m³/s)	Fator	qs real (m³/s)	MD	ME
Rua	Tiradentes	1-2	1,887E-05	1143,98	0,00	0,022	0,000	0,6385	0,65	0,4151	S/G	S/G
Rua	Tiradentes	2-3		26167,36	0,00	0,494	0,000	0,5376	0,80	0,4301	C/G	S/G
Rua	Tiradentes	3-4		69870,91	0,00	1,319	0,000	0,5495	0,80	0,4396	C/G	S/G
Rua	Tiradentes	4-5		99806,66	0,00	1,884	0,000	0,2815	0,60	0,1689	C/G	S/G
Rua	Tiradentes	5-6		141040,08	0,00	2,662	0,000	0,2815	0,60	0,1689	C/G	S/G
Rua	Tiradentes	1-2		0,00	6788,91	0,000	0,128	0,6385	0,65	0,4151	S/G	S/G
Rua	Tiradentes	2-3		0,00	6788,91	0,000	0,128	0,5376	0,80	0,4301	S/G	S/G
Rua	Tiradentes	3-4		0,00	20647,81	0,000	0,390	0,5495	0,80	0,4396	S/G	S/G
Rua	Tiradentes	4-5		0,00	27736,22	0,000	0,523	0,2815	0,60	0,1689	S/G	C/G
Rua	Tiradentes	5-6		0,00	33092,46	0,000	0,625	0,2815	0,60	0,1689	S/G	C/G

Fonte: Autor (2020).

6.2.1.2 Verificação da velocidade das sarjetas

Para a verificação da velocidade de escoamento das sarjetas, foram realizados cálculos de acordo com a (Equação 04), onde foi feita a verificação das sarjetas de cada trecho da rua Tiradentes.

Velocidade das Sarjetas das ruas:

- ▶ i transversal rua = 2%
- ▶ Coeficiente de rugosidade de manning = 0,015
- ▶ S declividade longitudinal da rua (Conforme trecho)
- ▶ Q vazão da sarjeta (conforme trecho)

- ▶ Velocidade mínima = 0,5 m/s
- ▶ Velocidade máxima = 4,0 m/s

Rua Tiradentes trecho 1 - 2 →

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(50)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{0,0257^{\frac{1}{2}}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot 0,415^{\frac{1}{4}} = 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK}$$

Rua Tiradentes trecho 2 - 3 →

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(50)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{0,0182^{\frac{1}{2}}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot 0,4301^{\frac{1}{4}} = 1,52 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK}$$

Rua Tiradentes trecho 3 - 4 →

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(50)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{0,0190^{\frac{1}{2}}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot 0,4396^{\frac{1}{4}} = 1,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK}$$

Rua Tiradentes trecho 4 - 5 →

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(50)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{0,005^{\frac{1}{2}}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot 0,169^{\frac{1}{4}} = 0,74 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK}$$

Rua Tiradentes trecho 5 - 6 →

$$V = 0,958 \cdot \frac{1}{(50)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{0,005^{\frac{1}{2}}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot 0,169^{\frac{1}{4}} = 0,74 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \text{OK}$$

Para conferir os valores da velocidade das sarjetas trecho por trecho, deve-se consultar a (Tabela 20).

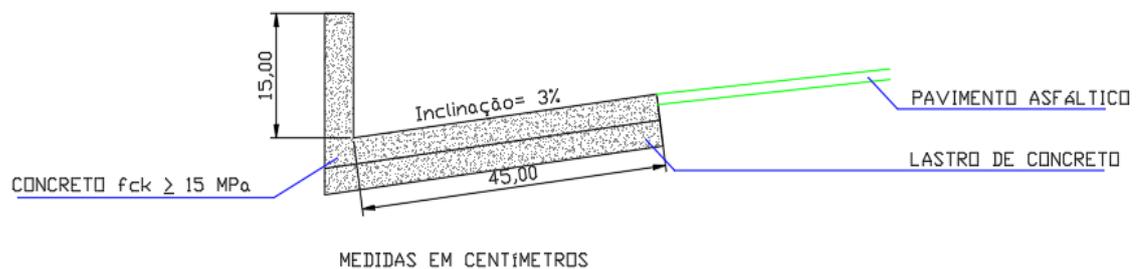
Tabela 20: Velocidade de escoamento das sarjetas.

Tipo	RUA	TRECHO	Velocidade (m/s)
Rua	Tiradentes	1-2	1,71
Rua	Tiradentes	2-3	1,52
Rua	Tiradentes	3-4	1,55
Rua	Tiradentes	4-5	0,74
Rua	Tiradentes	5-6	0,74

Fonte: Autor (2020).

A (Figura 36), demonstra a estrutura da sarjeta que será adotada no projeto:

Figura 36: Estrutura da sarjeta.

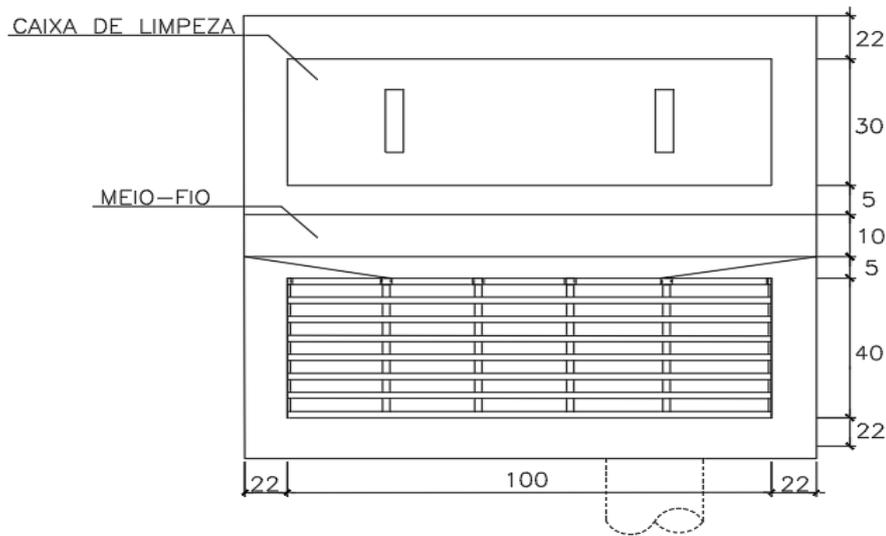


Fonte: Autor (2020).

6.2.2 Boca de lobo

Após analisar a capacidade da sarjeta de cada trecho da Rua Tiradentes, foi realizado o dimensionamento das bocas de lobo. Nela, foram implantadas 29 bocas de lobo que foram todas projetadas do tipo combinada e apresentando dimensões padronizadas de modo a auxiliar de forma satisfatória na execução do projeto. A (Figura 37), mostra as dimensões da boca de lobo adotadas e os detalhamentos de suas dimensões, encontram-se no apêndice C.

Figura 37: Dimensões da boca de lobo.



Fonte: Autor (2020).

As bocas de lobo do tipo combinada foram calculadas, de acordo com TUCCI (1995) e o fator de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo foi elaborado de acordo com as orientações de CETESB (1980).

Boca de lobo tipo combinada padrão - medida grelha 40x100

Engolimento boca de lobo padrão 40x100

Vazão pluvial $\rightarrow Q = 1,7 \times P \times y^{3/2} + Q = 1,7 \times L \times y^{3/2}$

OBS: $y = 17$ cm (Boca de lobo com depressão de 5cm)

$Q = (1,7 \times (0,40+0,40+1,00+1,00) \times 0,17^{3/2}) + (1,7 \times 1,00 \times 0,17^{3/2}) =$

$Q_{teórico} = 0,4528 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{real} = 0,3528 * 0,65 = 0,264 \text{ m}^3/\text{s}$

Trecho 2 – 3 \rightarrow

Margem Esquerda:

$q_{sr} > Q_{pluvial}$: OK \rightarrow SEM GALERIA

0 boca de lobo

Margem Direita:

$$q_{sr} > Q_{pluvial}: \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,494 - 0,4301 = 0,0638 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Para calcular a quantidade das demais bocas de lobo no trecho estudado foi utilizado o mesmo procedimento de cálculo, conforme demonstra a (Tabela 21)

Tabela 21: Quantidade mínima de bocas de lobo.

Trecho	Margens	Vazão excedente (m ³ /s)	Vazão de engolimento (m ³ /s)	Quantidade necessária	Quantidade mínima necessária	Verificação
2-3	MD	0,0638	0,0638	0,217	1	Atende
	ME	0,0000	0	0,000	0	Atende
3-4	MD	0,8792	0,8154	2,770	3	Atende
	ME	0,0000	0	0,000	0	Atende
4-5	MD	1,8838	1,0684	3,630	4	Atende
	ME	0,5235	0,5235	1,779	2	Atende
5-6	MD	2,6620	1,5936	5,415	6	Atende
	ME	0,6246	0,1011	0,344	1	Atende

Fonte: Autor (2020).

6.2.3 Tubulações secundárias

As tubulações secundárias, foram determinadas com o objetivo de direcionar as águas captadas na boca de lobo e conduzi-las até as galerias situadas na rua Tiradentes. Em relação aos dados de dimensionamento das tubulações secundárias, foram levados em consideração o que é determinado por BOTELHO (2011), onde o diâmetro mínimo utilizado é de 300mm.

Dados:

- ▶ Relação $y/d = 0,85$
- ▶ Coeficiente = 1,027
- ▶ $r/R = 1,2045$
- ▶ Rugosidade de manning = 0,015
- ▶ i = inclinação do tubo de ligação

► V = velocidade mínima/máxima (0,60 m/s e 5,0 m/s, conforme TUCCI)

$$Q_{gal} = \frac{Q_{exc}}{\text{coeficiente}} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$D = \left(\frac{Q_{gal}}{\frac{1}{n} \times i^{0,5} \times 0,31169} \right)^{\frac{3}{4}} \text{ (mm)}$$

$$\text{Velocidade} = \left(\frac{1}{n} \right) \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5} \text{ (m/s)}$$

Rh- Raio hidráulico, em que o Raio hidráulico e expresso por:

$$Rh = \frac{\emptyset}{4}$$

$$Rh_{\frac{y}{d}=0,85} = \frac{Rh}{r/R}$$

Tubo 1 →

$$Q_{gal} = \frac{0,016}{1,027} = 0,016$$

$$D = \left(\frac{0,016}{\frac{1}{0,015} \times 0,0149^{0,5} \times 0,31169} \right)^{\frac{3}{4}} = 21,88 \rightarrow D_{adot} = 300\text{mm}$$

$$Rh = \frac{0,300}{4} = 0,075 \quad Rh_{\frac{y}{d}=0,85} = \frac{0,075}{1,2045} = 0,0622$$

$$\text{Velocidade} = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,0622^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0149^{0,5} = 1,278 \text{ (m/s)} \rightarrow \text{OK!}$$

Para calcular o dimensionamento das tubulações secundárias no trecho analisado foi utilizado o mesmo procedimento de cálculo, conforme demonstra a (Tabela 22).

Tabela 22: Dimensionamento dos tubos de ligação.

Tubos de ligação	inclinação (m/m)	Q_{exc}	$Q_{gal} = \frac{Q_{exc}}{\text{coeficiente}}$	Coeficiente	$\frac{r}{R}$ médio	$D = \left(\frac{Q_{proj}}{\frac{1}{n} \times i^{0,5} \times 0,31169} \right)^{\frac{3}{4}}$	ϕ Adot. (mm)	Velocidade (m/s) $V = \frac{1}{n} \times RH^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$	Análise de Velocidade
TL -1	1,49%	0,016	0,016	1,027	1,2045	21,89	300	1,278	velocidade ok!
TL -2	1,61%	0,016	0,016			21,26	300	1,329	velocidade ok!
TL -3	2,97%	0,016	0,016			16,90	300	1,805	velocidade ok!
TL -4	1,57%	0,016	0,016			21,46	300	1,312	velocidade ok!
TL -5	3,09%	0,098	0,095			64,83	300	1,841	velocidade ok!
TL -6	6,16%	0,098	0,095			50,05	300	2,599	velocidade ok!
TL -7	15,79%	0,098	0,095			35,16	300	4,162	velocidade ok!
TL -8	16,36%	0,098	0,095			34,70	300	4,236	velocidade ok!
TL -9	14,47%	0,098	0,095			36,33	300	3,984	velocidade ok!
TL -10	14,06%	0,098	0,095			36,73	300	3,927	velocidade ok!
TL -11	5,44%	0,098	0,095			52,44	300	2,443	velocidade ok!
TL -12	5,50%	0,098	0,095			52,22	300	2,456	velocidade ok!
TL -13	20,70%	0,175	0,170			49,09	300	4,765	velocidade ok!
TL -14	20,63%	0,269	0,262			68,02	300	4,757	velocidade ok!
TL -15	5,02%	0,269	0,262			115,55	300	2,347	velocidade ok!
TL -16	5,42%	0,269	0,262			112,28	300	2,438	velocidade ok!
TL -17	8,71%	0,269	0,262			93,98	300	3,091	velocidade ok!
TL -18	11,51%	0,269	0,262			84,65	300	3,553	velocidade ok!
TL -19	7,14%	0,269	0,262			101,25	300	2,798	velocidade ok!
TL -20	11,20%	0,269	0,262			85,53	300	3,505	velocidade ok!
TL -21	7,45%	0,175	0,170			72,01	300	2,859	velocidade ok!
TL -22	8,03%	0,175	0,170			70,01	300	2,968	velocidade ok!
TL -23	21,10%	0,208	0,203			55,64	300	4,811	velocidade ok!
TL -24	31,15%	0,666	0,648			114,92	300	4,950	velocidade ok!
TL -25	18,21%	0,208	0,203			58,80	300	4,469	velocidade ok!
TL -26	10,75%	0,666	0,648			171,27	300	3,434	velocidade ok!
TL -27	14,30%	0,666	0,648			153,89	300	3,960	velocidade ok!
TL -28	21,02%	0,666	0,648			133,19	300	4,802	velocidade ok!
TL -29	25,60%	0,208	0,203			51,75	300	4,880	velocidade ok!

Fonte: Autor (2020).

6.2.4 Galeria

As tubulações da galeria, foram determinadas tendo como objetivo direcionar as águas captadas na boca de lobo afim de conduzi-las até um curso de água que está situada no final da rua Tiradentes. Em relação aos dados de dimensionamento das tubulações da galeria, considerou-se o que é determinado por TUCCI (1995). Diante disso, foram realizados os cálculos para os seguintes trechos:

Trecho 2 – 3 →

Foi adotado para os cálculos da galeria do trecho 2 – 3 os seguintes dados, conforme a (Tabela 23).

Tabela 23: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 2 – 3).

GALERIA TRECHO 2 - 3	
Qtrecho (m ³ /s)	0,0638
y/d	0,85
Øadot (mm)	400
Área do duto - A (m ²)	0,126
ladot (m/m)	1,82%
q/Q médio	1,027
r/R médio	1,2045
n	0,015

Fonte: Autor (2020).

$$\text{Raio hidráulico (Rh)} = \frac{D}{4 \times \frac{r}{R} \text{ médio}} = \frac{0,40}{4 \times 1,2045} = 0,083$$

$$Q_{\text{proj}} = \frac{A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n} = \frac{0,126 \cdot 0,083^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0182^{0,5}}{0,015} = 0,215 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{proj}}}{\frac{q}{Q} \text{ médio}} = \frac{0,215}{1,027} = 0,209 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como, $Q_{\text{trecho}} < Q_{\text{exc}}$ ► OK!

$$\text{Velocidade} = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5} = \frac{1}{0,015} \times 0,083^{\frac{2}{3}} \times 0,0182^{0,5} = 1,713 \text{ m/s}$$

Como, Velocidade > 0,60 m/s ► OK!

Portanto, para o trecho 2 – 3, foi estabelecido um diâmetro de 400mm e inclinação de 1,82%.

Trecho 3 – 4 →

Foi adotado para os cálculos da galeria do trecho 3 – 4 os seguintes dados, conforme a (Tabela 24).

Tabela 24: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 3 – 4).

GALERIA TRECHO 3 - 4	
Qtrecho (m³/s)	0,8792
y/d	0,85
Øadot (mm)	800
Área do duto - A (m²)	0,503
ladot (m/m)	1,91%
q/Q médio	1,027
r/R médio	1,2045
n	0,015

Fonte: Autor (2020).

$$\text{Raio hidráulico (Rh)} = \frac{D}{4 \times \frac{r}{R} \text{ médio}} = \frac{0,80}{4 \times 1,2045} = 0,166$$

$$Q_{\text{proj}} = \frac{A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n} = \frac{0,503 \cdot 0,166^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0191^{0,5}}{0,015} = 1,399 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{proj}}}{\frac{q}{Q} \text{ médio}} = \frac{1,399}{1,027} = 1,3623 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como, Qtrecho < Qexc ► OK!

$$\text{Velocidade} = \frac{1}{n} \times RH^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5} = \frac{1}{0,015} \times 0,166^{\frac{2}{3}} \times 0,0191^{0,5} = 2,783 \text{ m/s}$$

Como, Velocidade > 0,60 m/s ► OK!

Portanto, para o trecho 3 – 4, foi estabelecido um diâmetro de 800mm e inclinação de 1,91%.

Trecho 4 – 5 →

Foi adotado para os cálculos da galeria do trecho 4 – 5 os seguintes dados, conforme a (Tabela 25).

Tabela 25: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 4 – 5).

GALERIA TRECHO 4 - 5	
Qtrecho (m³/s)	2,4073
y/d	0,85
Øadot (mm)	1200
Área do duto - A (m²)	1,131
ladot (m/m)	0,70%
q/Q médio	1,027
r/R médio	1,2045
n	0,015

Fonte: Autor (2020).

$$\text{Raio hidráulico (Rh)} = \frac{D}{4 \times \frac{r}{R} \text{ médio}} = \frac{1,20}{4 \times 1,2045} = 0,2491$$

$$Q_{\text{proj}} = \frac{A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n} = \frac{1,131 \cdot 0,2491^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0070^{0,5}}{0,015} = 2,497 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{proj}}}{\frac{q}{Q} \text{ médio}} = \frac{2,497}{1,027} = 2,4315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como, Qtrecho < Qexc ► OK!

$$\text{Velocidade} = \frac{1}{n} \times R h^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5} = \frac{1}{0,015} \times 0,2491^{\frac{2}{3}} \times 0,0070^{0,5} = 2,208 \text{ m/s}$$

Como, Velocidade > 0,60 m/s ► OK!

Portanto, para o trecho 4 – 5, foi estabelecido um diâmetro de 1200mm e inclinação de 0,70%.

Trecho 5 – 6 →

Foi adotado para os cálculos da galeria do trecho 5 – 6 os seguintes dados, conforme a (Tabela 26).

Tabela 26: Dados utilizados para cálculo da galeria (trecho 5 – 6).

GALERIA TRECHO 5 - 6	
Qtrecho (m ³ /s)	3,2866
y/d	0,85
Øadot (mm)	1500
Área do duto - A (m ²)	1,767
ladot (m/m)	0,40%
q/Q médio	1,027
r/R médio	1,2045
n	0,015

Fonte: Autor (2020).

$$\text{Raio hidráulico (Rh)} = \frac{D}{4 \times \frac{r}{R} \text{ médio}} = \frac{1,20}{4 \times 1,2045} = 0,2491$$

$$Q_{\text{proj}} = \frac{A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n} = \frac{1,131 \cdot 0,2491^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0070^{0,5}}{0,015} = 2,497 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{proj}}}{\frac{q}{Q} \text{ médio}} = \frac{2,497}{1,027} = 2,4315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como, Qtrecho < Qexc ► OK!

$$\text{Velocidade} = \frac{1}{n} \times RH^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5} = \frac{1}{0,015} \times 0,2491^{\frac{2}{3}} \times 0,0070^{0,5} = 2,208 \text{ m/s}$$

Como, Velocidade > 0,60 m/s ► OK!

Portanto, para o trecho 5 – 6, foi estabelecido um diâmetro de 1500mm e inclinação de 0,40%.

A (Tabela 27 e 28) mostra os diâmetros e as inclinações que foram adotadas para o projeto da rua Tiradentes. O Apêndice B, mostra detalhadamente o traçado da galeria implantada.

Tabela 27: Dimensionamento da galeria principal.

Trecho	ϕ (mm)	inclinação (m/m)	$Q_{proj} = \frac{A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}}{n}$	Tabela $\frac{q}{Q}$ médio	Tabela $\frac{r}{R}$ médio	$Rh = \frac{D}{4 \times \frac{q}{Q} \text{ médio}}$	Capacidade do dispositivo $Q_{exc} = \frac{Q_{proj}}{\frac{q}{Q} \text{ médio}}$	Vazão existente nos trechos - Qtrecho (m³/s)	Verificação	Velocidade (m/s) $V = \frac{1}{n} \times R H^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$	Análise de Velocidade
2 - 3	400	1,82%	0,215	1,027	1,2045	0,0830	0,2096	0,0638	Dispositivo ok!	1,713	velocidade ok!
3 - 4	800	1,91%	1,399			0,1660	1,3623	0,8792	Dispositivo ok!	2,783	velocidade ok!
4 - 5	1200	0,70%	2,497			0,2491	2,4315	2,4073	Dispositivo ok!	2,208	velocidade ok!
5 - 6	1500	0,40%	3,423			0,3113	3,3327	3,2866	Dispositivo ok!	1,937	velocidade ok!

Fonte: Autor (2020).

Tabela 28: Dimensões da galeria nos trechos.

Galerias			
Galeria	D (mm)	i (mm)	L (m)
TRECHO 2-3	400	1,82%	109,70
TRECHO 3-4	800	1,91%	105,00
TRECHO 4-5	1200	0,70%	81,80
TRECHO 5-6	1500	0,40%	54,55

Fonte: Autor (2020).

6.2.5 Poços de visita e caixa de ligação

Os dimensionamentos dos poços de visita e das caixas de ligação, foram realizados conforme o Caderno de drenagem - Projetos Padrão, do DEER-MG. Já os devidos posicionamentos dos poços de visita, foram executados de acordo com as recomendações de Botelho (2011 p.47). A (Tabela 29 e 30) situada abaixo, detalha as dimensões dos poços de visitas e das caixas de ligação. Os detalhes do desenho, se encontram no apêndice C.

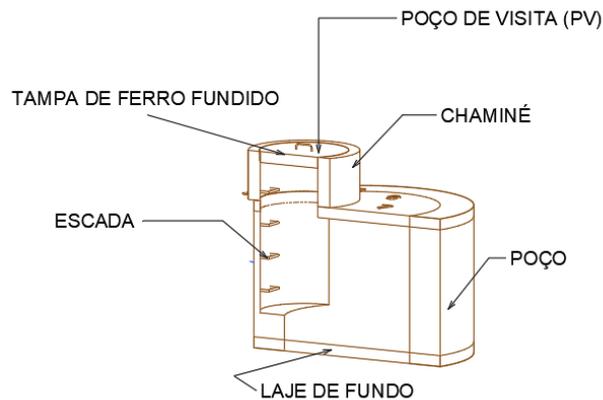
Tabela 29: Dimensões dos poços de visita.

DIMENSÕES POÇOS DE VISITA								
POÇO DE VISITA	CHAMINÉ (cm)	DIÂMETRO CHAMINÉ (cm)	ESPESSURA (cm)	DIÂMETRO INTERNO (cm)	ALTURA (cm)	COTA DE SUPERFÍCIE	COTA DE FUNDO	MATERIAL
PV 1	50	60	15	150	150	885,00	883,50	CONCRETO
PV 2	50	60	15	150	180	883,00	881,20	CONCRETO
PV 3	50	60	15	150	150	883,00	881,50	CONCRETO
PV 4	50	60	15	150	220	881,00	878,80	CONCRETO
PV 5	50	60	15	150	150	881,00	879,50	CONCRETO
PV 6	50	60	15	200	310	881,00	877,90	CONCRETO
PV 7	50	60	15	200	330	881,00	877,70	CONCRETO

Fonte: Autor (2020).

A (Figura 38), demonstra a estrutura dos poços de visita que será adotada no projeto:

Figura 38: Estrutura poço de visita.



Fonte: Autor (2020).

Tabela 30: Dimensões caixas de ligação.

DIMENSÕES CAIXAS DE LIGAÇÃO						
CAIXA DE LIGAÇÃO	LARGURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ALTURA (cm)	ESPESSURA (cm)	COTA DE FUNDO (cm)	MATERIAL
CX 1	80	80	100	10	170	CONCRETO
CX 2	80	80	100	10	160	CONCRETO
CX 3	80	80	100	10	110	CONCRETO
CX 4	120	120	150	10	210	CONCRETO
CX 5	80	80	100	10	160	CONCRETO
CX 6	150	150	150	10	290	CONCRETO

Fonte: Autor (2020).

6.2.6 Sarjetões

A Tabela 31 servirá para demonstrar as dimensões do sarjetão. No apêndice C encontra-se os esquemas detalhados dos sarjetões do projeto de drenagem.

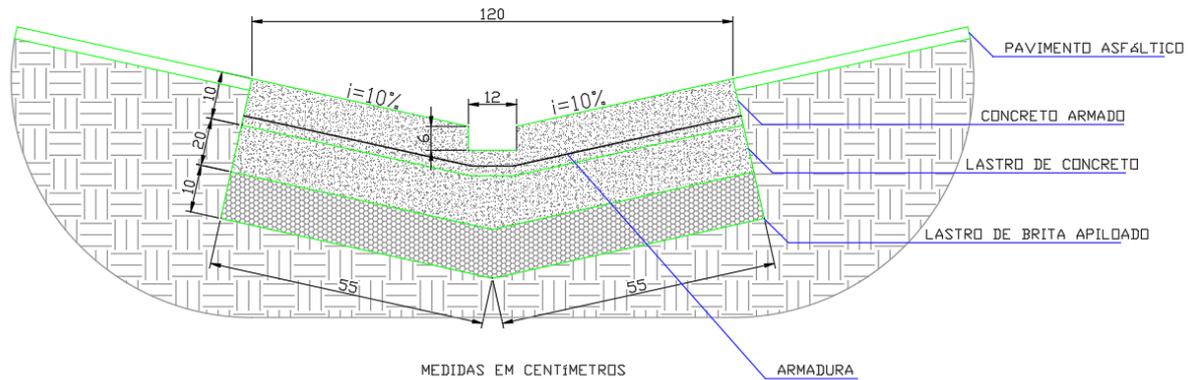
Tabela 31: Dimensões sarjetão.

DIMENSÕES SARJETÃO						
TIPO	a (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)
SJ1	12	10	20	10	120	1580
SJ2	12	10	20	10	120	1400
SJ3	12	10	20	10	120	1600
SJ4	12	10	20	10	120	1530
SJ5	12	10	20	10	120	1580
SJ6	12	10	20	10	120	2560
SJ7	12	10	20	10	120	1765

Fonte: Autor (2020).

A (Figura 39), demonstra a estrutura do sarjetão que será adotada no projeto:

Figura 39: Estrutura sarjetão de concreto.



Fonte: Autor (2020).

6.2.7 Disposição final

As águas pluviais da rua Tiradentes desembocam em um curso de água no Ribeirão Mumbuca, onde se encontra a uma cota de 4,50 metros abaixo do nível da rua. Portanto, foram estabelecidas no projeto, dimensões dos dispositivos de galeria maiores e inclinações menores, tendo assim uma cota final de 3,35 metros.

7 QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO

Para a elaboração da estimativa de custo adotou-se como BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) o valor de 26,44%, calculado de acordo com a tabela do item 9.1 do Acórdão 2.622/2013-Plenário, do TCU (Tribunal de Contas da União, Anexo A), para obras de construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas e uma verba de R\$ 8.894,70 para mobilização e desmobilização. As tabelas referenciais utilizadas de custo foram a do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, julho de 2020) e do DEER/MG (Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais, julho de 2020). A estimativa de custo total da obra de drenagem conforme a (Tabela 32) foi de R\$ 480.139,44, excluindo-se os serviços de pavimentação, já que, o projeto de pavimentação não é objeto deste trabalho.

Tabela 32: Estimativa de custo do sistema de microdrenagem.

		PLANILHA ORÇAMENTÁRIA									
		RUA TIRADENTES - CENTRO - LAMBARI - MG			DATA: 13/11/2020	BDI=	26,44				
Item		Discriminação Conforme Planilha Orçamentária	Unid.	Quantidade Prevista Total	Preço Unitário s/BDI	Preço Unitário c/BDI	Valor (R\$) Previsto Total				
								FONTE:		VERSÃO	
								DER - MG		2020/07 SEM DESONERAÇÃO	
		SINAPI		2020/07 SEM DESONERAÇÃO							
1.0	CÓDIGO SINAPI E DER-MG	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO / SERVIÇOS PRELIMINARES		(A)		(B)	(AxB)				
1.1	MOB-DES-005	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE OBRA - PARA OBRAS EXECUTADAS EM CENTROS URBANOS OU PRÓXIMO DE CENTROS URBANOS	VB	1,00	8894,70	11246,46	R\$ 11.246,46				
1.2	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA GALVANIZADA	UNID	1,00	421,47	532,91	R\$ 532,91				
TOTAL DO GRUPO							R\$ 11.779,37				
2.0 DEMOLIÇÕES											
2.1	90108	DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO PARALELEPÍPEDO REJUNTADOS COM AREIA INCLUSIVE AFASTAMENTO E EMPILHAMENTO	M²	1622,00	11,78	14,89	R\$ 24.159,09				
TOTAL DO GRUPO							R\$ 24.159,09				
3.0 DRENAGEM											
3.1	90108	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO) COM RETRO ESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M3 / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 M A 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M³	2608,60	4,60	5,82	R\$ 15.172,24				
3.2	94099	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QU E 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M²	1482,00	2,32	2,93	R\$ 4.347,31				
3.3	94116	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MECANIZADO, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M³	74,11	148,70	188,02	R\$ 13.933,89				

3.4	RO-40198	EMPRÉSTIMO PARA REATERRO. ESCAVAÇÃO E CARGA COM TRATOR DE ESTEIRA E CARREGADEIRA (MATERIAL DE 1ª CATEGORIA) CORRESPONDENTE A 30 % DA ESCAVAÇÃO	M³	2310,60	2,41	3,05	R\$	7.040,87
3.5	74154/1	ESCAVACAO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1A CATEGORIA COM TRATOR M3 CR 4,73 SOBRE ESTEIRAS 347 HP E CACAMBA 6M3, DMT 50 A 200M	M³	2310,60	3,67	4,64	R\$	10.721,99
3.6	93362	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M³	2310,60	8,04	10,17	R\$	23.489,04
3.7	95566	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	275,00	84,86	107,30	R\$	29.506,67
3.8	92820	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	275,00	32,28	40,81	R\$	11.224,08
3.9	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	294,00	96,17	121,60	R\$	35.749,62
3.10	92821	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	294,00	41,34	52,27	R\$	15.367,47
3.11	92223	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	105,00	232,32	293,75	R\$	30.843,27
3.12	92826	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	105,00	79,85	100,96	R\$	10.601,05
3.13	92829	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1200 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	82,00	424,83	537,16	R\$	44.046,71
3.14	92830	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1200 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	82,00	128,25	162,16	R\$	13.297,06
3.15	92831	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	55,00	611,64	773,36	R\$	42.534,67
3.16	92832	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	55,00	170,49	215,57	R\$	11.856,22

3.17	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UNID	7,00	164,06	207,44	R\$	1.452,06
3.18	98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UNID	7,00	346,66	438,32	R\$	3.068,22
3.19	ED-48630	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	3,00	1264,30	1598,58	R\$	4.795,74
3.20	ED-48634	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 800, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1,00	1567,33	1981,73	R\$	1.981,73
3.21	ED-48638	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 1200, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1,00	2422,27	3062,72	R\$	3.062,72
3.22	ED-48640	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 1500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	2,00	3045,32	3850,50	R\$	7.701,01
3.23	ED-49925	CAIXA DE DRENAGEM DE INSPEÇÃO/PASSAGEM EM ALVENARIA (80X80X100CM), REVESTIMENTO EM ARGAMASSA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, COM TAMPA EM GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E TRANSPORTE E RETIRADA DO MATERIAL ESCAVADO (EM CAÇAMBA)	UNID	4,00	808,80	1022,65	R\$	4.090,59
3.24	ED-48573	CAIXA DE DRENAGEM DE INSPEÇÃO/PASSAGEM EM ALVENARIA (120X120X150CM), REVESTIMENTO EM ARGAMASSA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, COM TAMPA EM GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E TRANSPORTE E RETIRADA DO MATERIAL ESCAVADO (EM CAÇAMBA)	UNID	1,00	1528,04	1932,05	R\$	1.932,05
3.25	ED-48574	CAIXA DE DRENAGEM DE INSPEÇÃO/PASSAGEM EM ALVENARIA (150X150X150CM), REVESTIMENTO EM ARGAMASSA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, COM TAMPA EM GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E TRANSPORTE E RETIRADA DO MATERIAL ESCAVADO (EM CAÇAMBA)	UNID	1,00	1772,13	2240,68		2.240,68
3.26	ED-48550	BOCA DE LOBO SIMPLES (TIPO B - CONCRETO), QUADRO, GRELHA E CANTONEIRA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	29,00	819,43	1036,09	R\$	30.046,53
3.27	94289	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO, 45 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	UNID	600,00	34,69	43,86	R\$	26.317,22
TOTAL DO GRUPO							R\$	406.420,71
SERVIÇOS COMPLEMENTARES								
4.0								
4.1	9537	LIMPEZA FINAL DA OBRA	M ²	12000	2,49	3,15	R\$	37.780,27
TOTAL DO GRUPO							R\$	37.780,27
TOTAL DA OBRA							R\$	480.139,44

Fonte: Autor (2020).

8 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados mediante ao diagnóstico, observando a sua ocupação e sua vazão atual, verificou-se que no período de retorno estimado em aproximadamente 10 (dez) anos, as sarjetas não terão capacidade de escoar toda a vazão pluvial na rua em estudo.

Os problemas de drenagem na Rua Tiradentes, são provenientes da ausência dos dispositivos de microdrenagem adequados para o escoamento superficial das águas pluviais.

Tais fatores indicados, impedem o correto funcionamento dos dispositivos hidráulicos, uma vez que estes encontram-se em más conservações. Outro fator de grande preocupação são os posicionamentos das bocas de lobo e lombadas de pedestres que impedem o fluxo de água. Sem as devidas manutenções de limpeza nos tubos de galeria, os resultados são constantes alagamentos e erosões no pavimento que incorrem em sérios prejuízos aos moradores, comerciantes e ao município como um todo.

As bocas de lobo instaladas na Rua Tiradentes, além de não apresentar condições adequadas de funcionamento, estão localizadas em pontos indevidos, não possibilitando o direcionamento devido das águas pluviais. Sendo assim, diante das citadas análises conclui-se que serão necessárias novas bocas de lobo para suprir a necessidade do local.

Diante da análise do dispositivo de galeria instalado no local, foi possível observar vários problemas tais como: diâmetros que não atendem à vazão atual e inclinações que podem causar estornos e entupimentos que podem ser prejudiciais.

Portanto, conclui-se, que de acordo com o diagnóstico obtido, é possível solucionar os problemas já citados na rua Tiradentes, mas para que o problema diagnosticado seja de fato solucionado, é necessário que sejam dimensionados novos dispositivos de microdrenagem tais como: sarjetas, bocas de lobo, galerias, poços de visitas e sarjetões, tais medidas ocasionarão no maior conforto e segurança para os moradores e comerciantes da cidade de Lambari.

REFERÊNCIAS

AUTOCAD. Autodesk. Disponível para download em: <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/freetrial?plc=ACDIST&term=1YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>>. Acesso em: 20 de agosto de 2020.

ACÓRDÃO Nº 2622/2013 – TCU – Plenário.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 297 p.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16 de setembro de 2020.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHEN, C. L. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formulas. Journal of Hydraulic Engineering, v. 109, n. 2, p. 1603-1621, 1983.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB “Drenagem urbana-Manual de Projeto”. Secretaria de obras e do meio Ambiente em colaboração com o departamento de água e Energia Elétrica. S.ed. São Paulo, 1979.

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

DEER/MG. **Tabela referencial de preços**: Tabelas Referenciais de Obras de Edificações e Rodoviárias. Disponível em: <<http://www.deer.mg.gov.br/links/53-sistema-de-transportes-de-minas-gerais/43-departamento-de-obras-publicas-de-minas-gerais-deop>>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

Drenagem urbana: Manual de projeto [por] Departamento de Águas e Energia Elétrica [e] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2ª ed. corrigida. São Paulo, **DAAE/CETESB**, 1980.

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://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>>. Acesso em: 16 de setembro de 2020.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

GARCEZ, L.N. & ALVAREZ, G.A.- Hidrologia, Editora Edgard Blucher, S.P 1988.

Global Mapper. Blue Marble Geographics. Disponível para download em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>> Acesso em: 11 de abril de 2020.

GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 10 de abril de 2020.

GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** Tradução 3ª Ed. Norte-americana em 2012. 494p.

KAMURA, Douglas Toshinobu. MICRODRENAGEM NAS GRANDES CIDADES: PROBLEMAS E SOLUÇÕES. Artigo - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2015.

KNAPIK, Heloise G. SANEAMENTO URBANO – TH419 - DRENAGEM URBANA. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf > Acesso em: 24 de março de 2020.

LEAL, Ubiratan. **Sarjetões de concreto armado: Dimensionamento e especificação do material dependem da capacidade hidráulica e de tráfego previstos para a via.** Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1.aspx>>. Acesso em 28 mar. 2020.

LIRA, Andrea Monteiro. Avaliação das condições do sistema de macrodrenagem da cidade de São Carlos-SP/ São Carlos 2003. Disponível em:<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-17102016-153855/publico/Dissert_Lira_AndreaM_corrigida.pdf> Acesso em: 21. Mar. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Governo Federal. **Ciclo Hidrológico.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

MOUTINHO, Vinicius de Mello. **Trabalho Final de Graduação Avaliação e Reabilitação de Redes de Microdrenagem.** Rio de Janeiro/RJ: UFRJ, 2011. 161p.

NETO, Antônio Cardoso. **Sistemas Urbanos de Drenagem,** Apostila de Drenagem Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NETTO, J. M. A; FERNANDEZ, M. F; ARAUJO, R; ITO, A. E. Manual de Hidráulica. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

PAZ, A. R. Apostila de Hidrologia aplicada. Caxias do sul. 2004. (Apostila da disciplina para o curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na unidade de Caxias do Sul - Universidade Federal do Rio Grande do Sul). 69 f. Disponível em: Acesso em: 14 mar. 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 23 de março de 2020.

SANTANA, D.P. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SMDU/SP - Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos tecnológicos; fundamentos vol.2. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SMDU/SP - Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos tecnológicos; diretrizes de projeto vol.3. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais.** 2ª Ed. São Paulo: Navegar Editora 2011. 592p.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais: Capítulo 5 – Microdrenagem.** Guarulhos/SP, 2013. 100p.

TONELLO, Kelly Cristina. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães, MG. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

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

UNESP/ANA. Hidrologia Básica. 2016. Disponível para download em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/6>> Acesso em: 21 mar. 2020

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

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: ABES, 1978. 478 p.

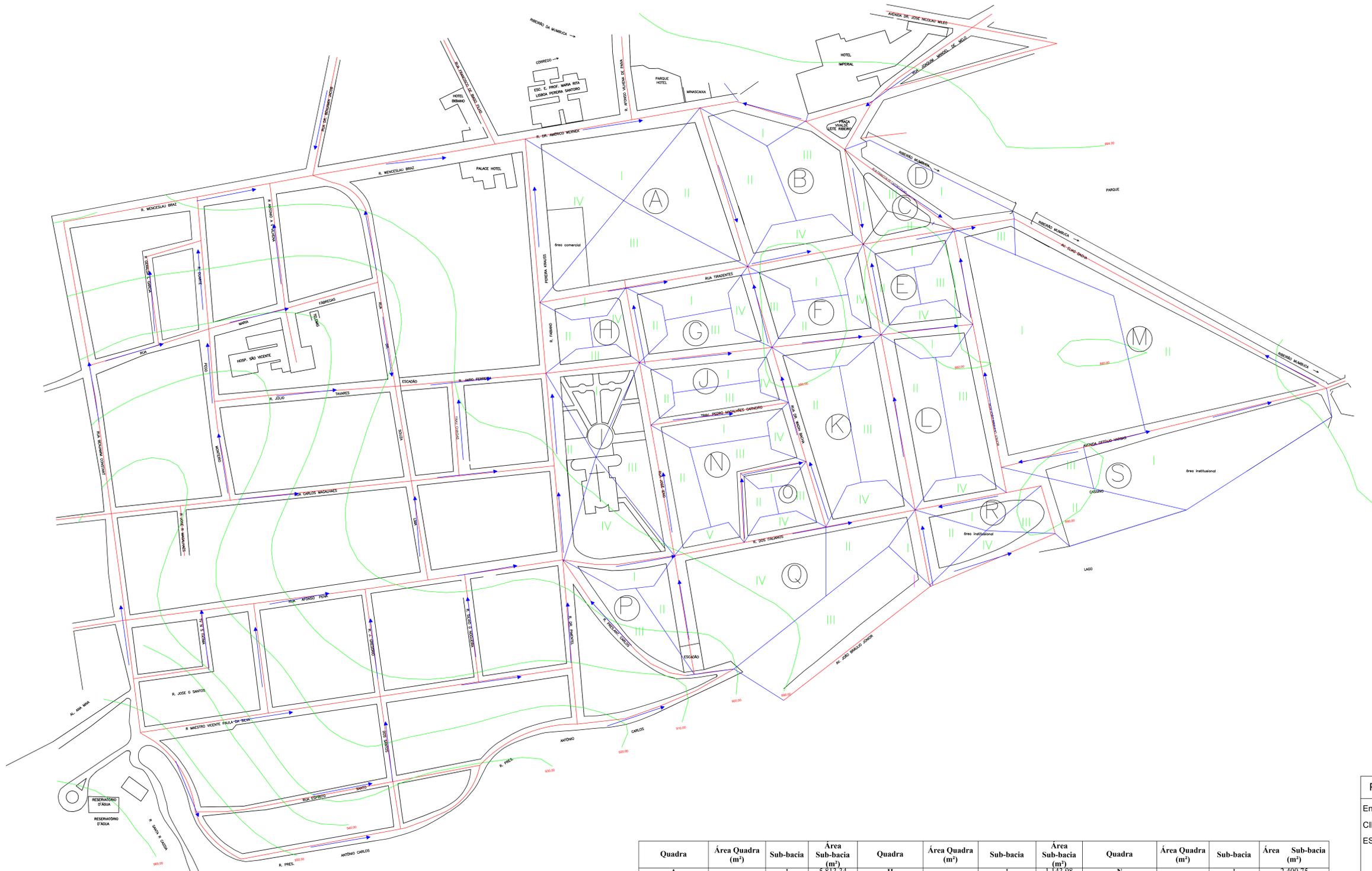
ANEXO A – CÁLCULO DO BDI ADOTADO

Quadro 01: Valores de BDI por tipo de obra.

VALORES DO BDI POR TIPO DE OBRA			
TIPOS DE OBRA	1º Quartil	Médio	3º Quartil
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34%	22,12%	25,00%
CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS	19,60%	20,97%	24,23%
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76%	24,18%	26,44%
CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24,00%	25,84%	27,86%
OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS	22,80%	27,48%	30,95%
BDI PARA ITENS DE MERO FORNECIMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	1º QUARTIL	MÉDIO	3º QUARTIL
	11,10%	14,02%	16,80%

Fonte: Adaptado (Acórdão N° 2622/2013 – TCU- Plenário).

APÊNDICE A - BACIA E ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO



Quadra	Área Quadra (m²)	Sub-bacia	Área Sub-bacia (m²)	Quadra	Área Quadra (m²)	Sub-bacia	Área Sub-bacia (m²)	Quadra	Área Quadra (m²)	Sub-bacia	Área Sub-bacia (m²)
A	25221,50	I	5.813,34	H	5279,64	I	1.143,98	N	11158,05	I	2.400,75
A		II	6.225,18	H		II	1.650,03	N		II	3.060,05
A		III	6.788,91	H		III	1.099,49	N		III	3.812,92
A		IV	6.394,07	H		IV	1.386,14	N		IV	3.985,56
B	14214,72	I	1.699,99	I	15815,31	I	3.313,07	N	4030,48	V	895,77
B		II	5.058,50	I		II	3.106,33	O		I	728,53
B		III	4.881,01	I		III	4.622,58	O		II	1.033,98
B		IV	2.575,22	I		IV	4.773,33	O		III	1.267,47
C	3522,65	I	1.155,06	J	6505,20	I	2.646,38	O	6790,60	IV	1.000,50
C		II	1.052,34	J		II	981,70	P		I	1.497,55
C		III	1.315,25	J		III	2.187,07	P		II	1.869,86
C		IV	4.040,99	J		IV	690,05	P		III	3.423,19
D	4040,99	I	1.559,20	K	14412,73	I	1.561,36	O	24275,68	I	1.001,61
D		II	1.928,44	K		II	5.843,34	Q		II	2.832,75
D		III	1.986,71	K		III	5.149,51	Q		III	8.539,44
D		IV	1.389,67	K		IV	1.858,32	Q		IV	11.881,88
E	6864,02	I	2.710,59	L	12816,24	I	1.396,39	R	6563,73	I	1.698,06
E		II	2.483,96	L		II	5.327,25	R		II	1.986,91
E		III	1.443,52	L		III	4.789,77	R		III	1.291,29
E		IV	1.245,55	L		IV	1.302,83	R		IV	1.587,47
F	7883,62	I	2.572,95	M	37509,29	I	22.034,36	S	17549,85	I	11.685,07
F		II	1.362,91	M		II	14.581,95	S		II	4.436,95
F		III	2.793,30	M		III	892,98	S		III	1.427,83
F		IV	1.378,74	M							

PROJETO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Endereço: RUA TIRADENTES - CENTRO
 CIDADE: LAMBARI
 ESTADO: MINAS GERAIS

Proprietário: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Autor do projeto: LUIZ FELIPE SILVA

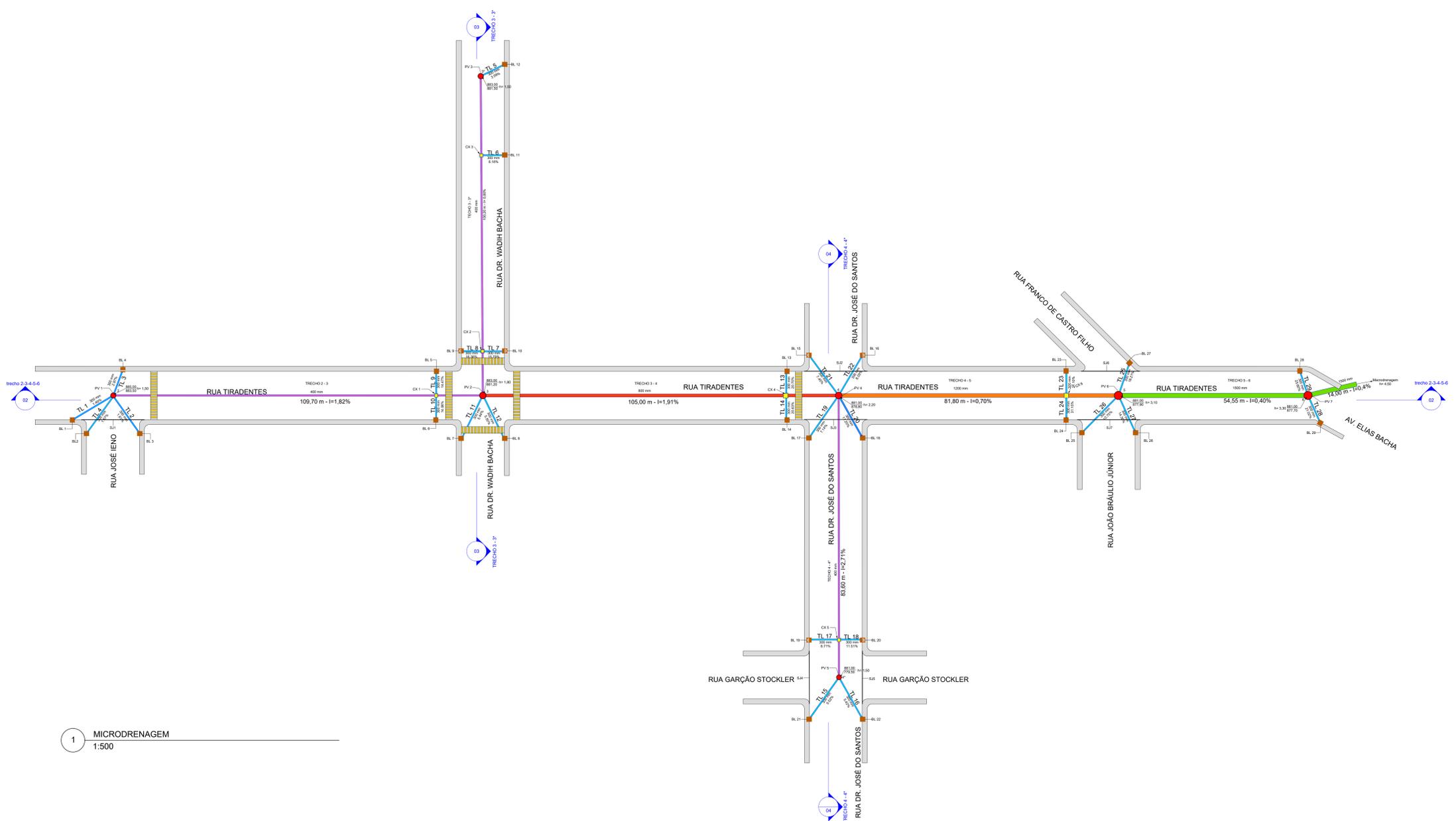
ORIENTADORA: LUANA FERREIRA MENDES

Conteúdo: BACIA E ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

Prontidão: FOLHA 1/3
 Data: NOVEMBRO/2020
 Escala: INDICADA

APÊNDICE B - PLANTA BAIXA DA REDE DE DRENAGEM E DETALHAMENTO

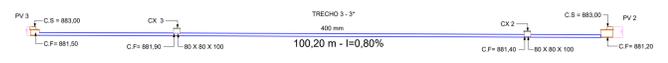
LEGENDA TUBULAÇÕES	
	300 mm - Tubo de Ligação
	400 mm - Tubo de Galeria
	800 mm - Tubo de Galeria
	1200 mm - Tubo de Galeria
	1500 mm - Tubo de Galeria
	Boca de Lobo Combinada
	Poços de visita
	Caixa de Ligação



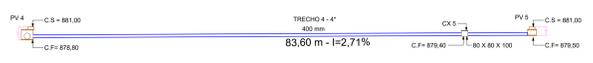
1 MICRODRENAGEM
1:500



2 TRECHO 2 - 3 - 4 - 5 - 6
1:600



3 TRECHO 3 - 3*
1:600



4 TRECHO 4 - 4*
1:600

PROJETO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Endereço: RUA TIRADENTES - CENTRO
 CIDADE: LAMBARÍ
 ESTADO: MINAS GERAIS

Proprietário: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Autor do projeto: LUIZ FELIPE SILVA

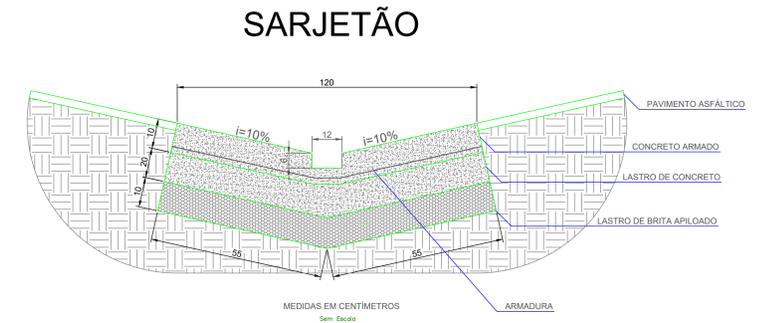
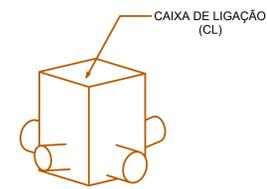
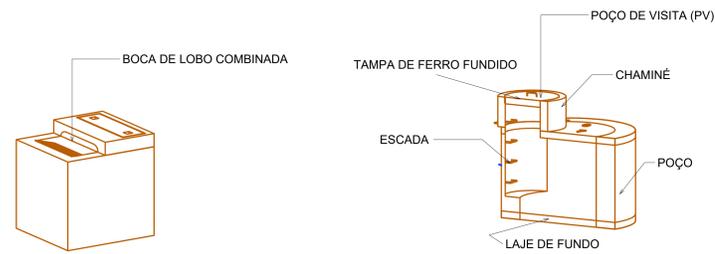
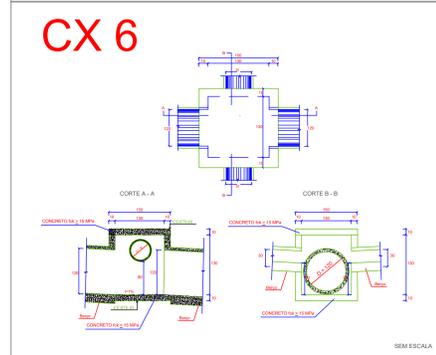
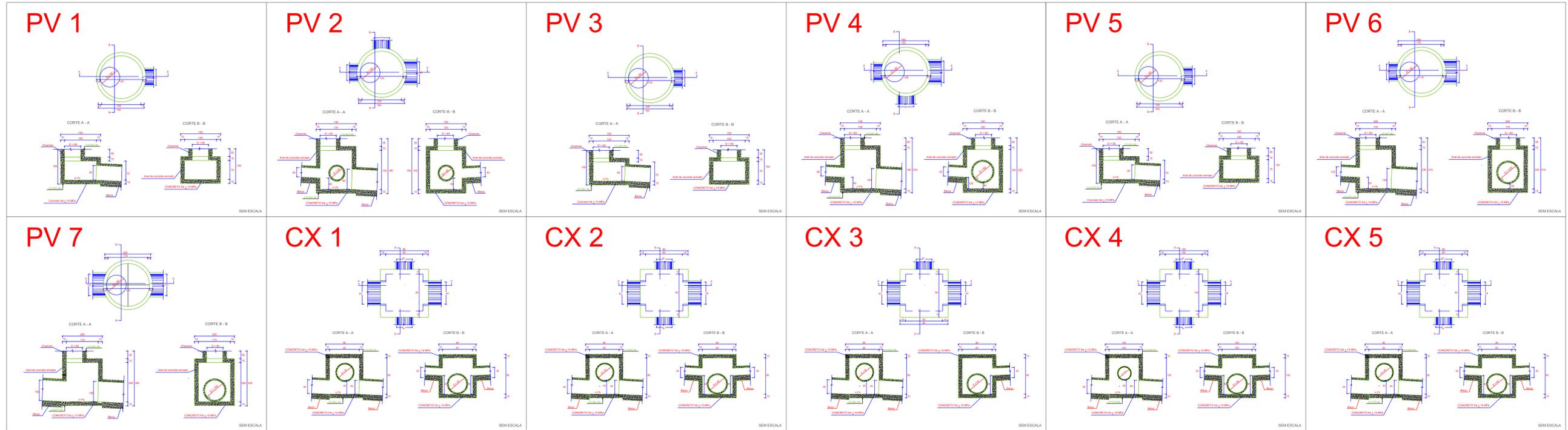
ORIENTADORA: LUANA FERREIRA MENDES

Conteúdo: PLANTA BAIXA DA REDE DE DRENAGEM E DETALHAMENTOS

Folha: FOLHA 2/3

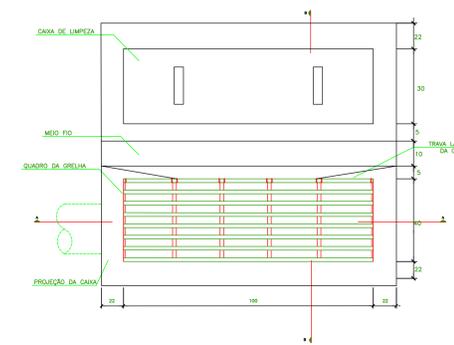
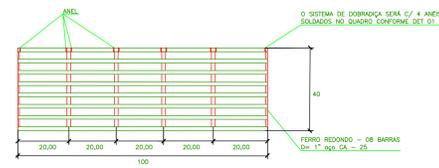
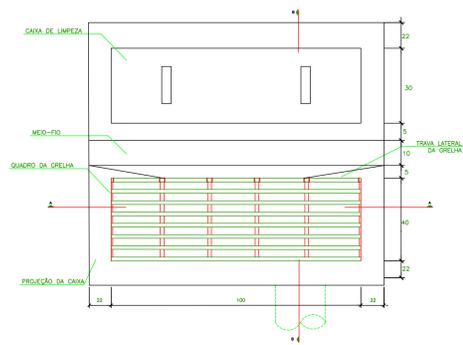
Data: NOVEMBRO/2020
 Escala: INDICADA

APÊNDICE C - DETALHAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

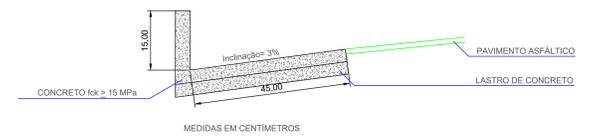


BOCA DE LOBO COMBINADA SAÍDA FRONTAL
BL 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 23, 24, 27 e 28

BOCA DE LOBO COMBINADA SAÍDA LATERAL
BL 1, 2, 3, 7, 8, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26 e 29



SARJETA



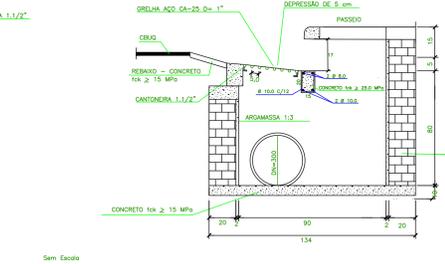
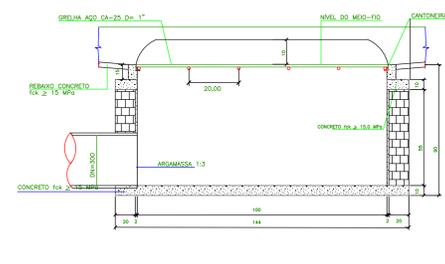
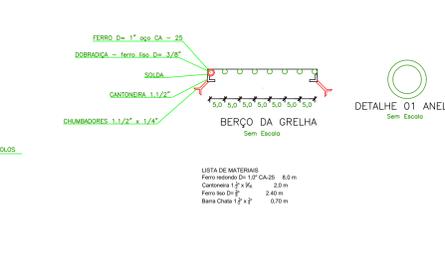
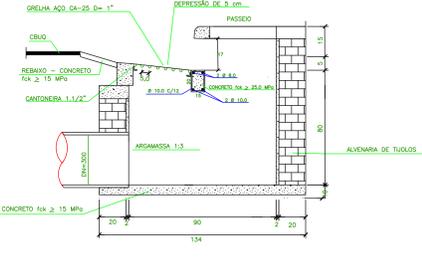
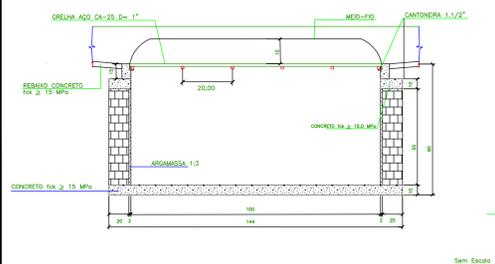
CORTE A-A

CORTE B-B

VISTA SUPERIOR DO QUADRO DA GRELHA

CORTE A-A

CORTE B-B



PROJETO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	
Endereço: RUA TIRADENTES - CENTRO	
CIDADE: LAMBARÍ	
ESTADO: MINAS GERAIS	
Proprietário:	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
Autor do projeto:	LUIZ FELIPE SILVA
ORIENTADORA:	LUANA FERREIRA MENDES
Conteúdo:	DETALHAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM POÇOS DE VISITA, BOCA DE LOBO, CAIXAS E SARJETÃO
Prontidão:	FOLHA 3/3
Escala:	INDICADA