

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA CIVIL**  
**MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR**

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA  
NO CENTRO DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES: Estudo de uma galeria de  
águas pluviais.**

**Varginha**  
**2017**

**MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR**

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA  
NO CENTRO DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES: Estudo de uma galeria de  
águas pluviais.**

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 do professor Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha**

**2017**

**MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR**

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA  
NO CENTRO DO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES: Estudo de uma galeria de  
águas pluviais.**

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 do professor Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em 01/ 12 / 2017

---

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

---

---

OBS:

Dedico este trabalho a Deus, minha família e todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na minha jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus pais, esposa e amigos. Pessoas de fundamental importância nesta caminhada. Sou resultado do apoio e confiança de cada um de vocês.

“O sábio nunca diz tudo o que pensa, mas  
pensa sempre tudo o que diz.”

Aristóteles.

## RESUMO

Este trabalho analisa e propõe um projeto para o sistema de microdrenagem na região central da cidade de Três Corações – MG. Tal abordagem se justifica pelos inúmeros transtornos vivenciados pela população decorrentes das chuvas torrenciais. O objeto de estudo será a galeria de águas pluviais, que em vários momentos é disposta abaixo de várias edificações e apresenta falhas na sua capacidade de conduzir a vazão das chuvas, ocasionando alagamentos em ruas e avenidas principais, onde o tráfego de veículos e pessoas é grande. Este trabalho apresenta as análises que devem ser feitas na implantação de um sistema de microdrenagem e caracterização da galeria existente, de acordo com o referencial teórico desenvolvido. O estudo é pesquisa-ação, fazendo-se necessária à coleta dos dados sobre a área de estudo, como a área de contribuição da bacia, a caracterização do solo, dispositivos de drenagem instalados e seus estados de funcionamento, para posteriormente fazer as verificações das informações, para posteriormente fazer uma intervenção com uma proposta de projeto. A solução para o problema é a alteração do traçado da galeria e ampliação das dimensões em alguns trechos. Os resultados demonstraram que o funcionamento e a capacidade dos sistemas de drenagem no centro de Três Corações, precisam ser readequados para as solicitações atuais, mas, para alcançar este objetivo o custo da intervenção será alto pelo fato da região já está consolidada.

**Palavras-chave:** Galeria Pluvial; Microdrenagem; Edificações.

## **ABSTRACT**

This work analyzes and proposes a project for the microdrainage system in the central region of the city of Três Corações - MG. Such an approach is justified by the innumerable disorders experienced by the population due to torrential rains. The object of study will be the gallery of rainwater, which at various times is arranged below several buildings and has faults in its ability to drive rainfall, causing flooding in streets and main avenues, where vehicle and people traffic is big. This work presents the analyzes that must be done in the implantation of a microdrainage system and characterization of the existing gallery, according to the theoretical framework developed. The study is an action research, making it necessary to collect the data about the study area, such as the area of contribution of the basin, the characterization of the soil, installed drainage devices and their operating states, to later make the information, to later make an intervention with a project proposal. The solution to the problem is to change the layout of the gallery and increase the dimensions in some sections. The results showed that the functioning and capacity of the drainage systems in the Três Corações center need to be adapted to the current requests, but in order to reach this goal the cost of intervention will be high because the region is already consolidated.

**Keywords:** Pluvial Gallery; Microdrainage; Buildings.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gabarito de ruas e avenidas de exemplo.....	22
Figura 2: Exemplo de Guia.....	23
Figura 3: Ilustração de sarjeta.....	24
Figura 4: Tipos de sarjetas segundo Sudecap.....	24
Figura 5: Fator de redução da capacidade de sarjeta.....	26
Figura 6: Tipos de Boca de Lobo.....	28
Figura 7: Esquema de uma rede coletora.....	29
Figura 8: Ábaco de fator de correção de capacidade de esgotamento.....	31
Figura 9: Seção na entrada de boca-de-lobo.....	32
Figura 10: Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos intermediários das sarjetas.....	33
Figura 11: Galerias e suas variações geométricas.....	34
Figura 12: Ábaco para a determinação do coeficiente.....	37
Figura 13: Valores limites da fórmula racional.....	43
Figura 14: Ilustração de uma bacia hidrográfica e seus elementos.....	46
Figura 15: Exemplo de um levantamento do fluxo das ruas.....	54
Figura 16: Divisão das áreas de contribuição para as ruas.....	55
Figura 17: Mapa territorial da cidade de Três Corações - MG.....	58
Figura 18: Localização da área de estudo, e a delimitação da bacia hidrográfica.....	59
Figura 19: Cratera aberta na rua Zilda Signorelli Bonesio, no centro de Três Corações.....	59
Figura 20: Alagamento da Avenida. Pref. Orlando Rezende Andrade (A). Boca de lobo entupida (B).....	60
Figura 21: Local da nascente (A). Recipiente usado para verificar a vazão da nascente (B).....	60
Figura 22: Sarjeta com vegetação.....	61
Figura 23: Erosão no asfalto por falta de execução da sarjeta(A). Boca de lobo entupida(B).....	61
Figura 25: Dados obtidos através do software Plúvio (UFV, 2006).....	66
Figura 26: Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José H da Costa.....	94
Figura 27: Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José H da Costa.....	94
Figura 28: Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José vinagre.....	95
Figura 29: Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua Domingos P. Campos.....	95
Figura 30: Edificação em que a galeria passa por debaixo na Rua João XXIII.....	96
Figura 31: Edificação em que a galeria passa por debaixo na Rua Samuel Brasil.....	96

Figura 32: Boca de lobo que joga a água direto para a galeria.....	97
Figura 33: Manutenção e troca da seção da galeria após temporal. ....	97
Figura 34: Galeria sofrendo intempéries químicas e físicas. ....	98
Figura 35: Troca da seção da galeria, passando de 2,00x1,40 para 2,00x2,00.....	98
Figura 36: Criação de poço de visita, mantendo o mesmo traçado da galeria, abaixo de um comercio. ....	99
Figura 37: Execução de 50 m, com aduelas de 2,0x2,0m. ....	99

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Relação diâmetro comercial e sua declividade mínima. ....	35
Quadro 2: Valores recomendados para canais.....	44
Quadro 3: Valores limites da fórmula racional .....	45
Quadro 4: Coeficiente de escoamento superficial de área impermeável.....	51
Quadro 5: Verificação da vazão da nascente pelo método direto, primeiro dia. ....	62
Quadro 6: Verificação da vazão da nascente pelo método direto, segundo dia. ....	62
Quadro 7: Verificação da vazão da nascente pelo método direto, terceiro dia. ....	63
Quadro 8: Verificação da vazão da nascente pelo método direto, quarto dia. ....	63
Quadro 9: Verificação da vazão da nascente pelo método direto, quarto dia. ....	63
Quadro 10: Declividade Média do Talvegue principal. ....	65
Quadro 11:Análises da galeria principal pela fórmula de concentração de George Ribeiro....	77
Quadro 12: Descritivo das bocas existentes e sua área de captação.....	80
Quadro 13: Relação de bocas de lobos modificadas com a readequação da galeria. ....	80
Quadro 14: Relação de bocas de lobos adicionais para a captação total da vazão da área de estudo.....	81
Quadro 15: Readequação da galeria principal.....	83
Quadro 16: Quantitativo geral e estimativa de custo.....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de rugosidade de Manning.....	25
Tabela 2: Fator de redução de escoamento para boca de lobo. ....	29
Tabela 3: K em função do ângulo $\theta$ .....	32
Tabela 4: Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais	34
Tabela 5: Valores máximos e mínimos para dispositivos de microdrenagem urbana.....	35
Tabela 6: Relação coeficientes de Runoff. ....	50
Tabela 7: Comparativo da evolução populacional da cidade de Três Corações. ....	57
Tabela 8: Áreas e suas respectivas porcentagens da bacia de contribuição. ....	62
Tabela 9: Levantamento final das áreas da bacia e seus coeficientes de Runoff. ....	64

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

FHWA – Federal Highway Administration

GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

PMAPSP - Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo

RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos

SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano

UFSC – Universidade Federal de São Carlos

UFV – Universidade Federal de Viçosa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Objetivo Geral .....	19
1.2.2 Objetivos Específicos .....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Conceitos Básicos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Drenagem Urbana .....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Macrodrenagem .....	21
2.2.2 Microdrenagem.....	21
<b>2.3 Vazão de projeto .....</b>	<b>44</b>
2.3.1 Método Racional .....	44
2.3.2 Vazão de nascentes .....	51
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1 Metodologia.....</b>	<b>52</b>
3.1.1 Obtenção de dados.....	52
3.1.2 Área de drenagem da bacia.....	52
3.1.3 Caracterização do solo.....	53
3.1.4 Traçado da rede pluvial existente da galeria a ser estudada .....	53
3.1.5 Intensidade de Chuva.....	55
3.1.6 Tempo de Retorno .....	55
3.1.7 Tempo de Concentração .....	55
3.1.8 Vazão atual de projeto .....	56
3.1.9 Sarjetas. ....	56
3.1.10 Boca de lobo existente.....	56
3.1.11 Verificação da vazão da nascente.....	56
3.1.12 Verificação da galeria.....	56
<b>3.2 Materiais.....</b>	<b>57</b>
3.2.1 A cidade de Três Corações -MG .....	57
3.2.2 Análise do local de estudo .....	58
3.2.3 Problemas em análise .....	59
3.2.4 Bacia de contribuição .....	60
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
<b>4.1 Verificação da Vazão da nascente.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2 Caracterização do escoamento superficial (Coeficiente de Runoff) .....</b>	<b>64</b>
<b>4.3 Cálculo da intensidade de Chuva .....</b>	<b>64</b>
4.3.1 Período de Retorno .....	64
4.3.2 Tempo de Concentração .....	65
<b>4.4 Vazão de projeto .....</b>	<b>67</b>
<b>4.5 Verificação da capacidade da sarjeta .....</b>	<b>68</b>
<b>4.6 Capacidade Boca de lobo .....</b>	<b>70</b>
<b>4.7 Verificação da galeria de seção retangular .....</b>	<b>73</b>

<b>5 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS QUE SE INTERLIGAM NA GALERIA EM ESTUDO.....</b>	<b>79</b>
<b>5.1 Dimensionamento das bocas de lobo.....</b>	<b>79</b>
<b>5.2 Dimensionamento das bocas de lobos em sua área de captação .....</b>	<b>79</b>
<b>6 ESTIMATIVA DE CUSTO .....</b>	<b>84</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>86</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>9 ANEXO A – MAPA BASE .....</b>	<b>93</b>
<b>10 APÊNDICE A – FOTOS DA LOCALIZAÇÃO DA GALERIA .....</b>	<b>94</b>
<b>11 APÊNDICE B – BOCAS-DE-LOBO, TRAÇADO DA GALERIA E TALVEGUE PRINCIPAL .....</b>	<b>100</b>
<b>12 APÊNDICE C – FOTOS DA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA E SUA LOCALIDADE.....</b>	<b>101</b>
<b>13 APÊNDICE D – DIVISÃO DAS SUB-BACIAS .....</b>	<b>102</b>
<b>14 APÊNDICE E - MEMORIA DE CÁLCULO - EQUACAO DE GEORGE RIBEIRO .....</b>	<b>103</b>
<b>15 APÊNDICE F - MEMORIAL DESCRITIVO.....</b>	<b>104</b>
<b>15.1 Dados e parâmetros de dimensionamento.....</b>	<b>104</b>
15.1.1 Período de Retorno ou recorrência .....	104
15.1.2 Tempo de Concentração .....	104
15.1.3 Dados Pluviométricos da Região.....	104
15.1.4 Determinação da Precipitação .....	104
15.1.5 Caracterização do escoamento superficial (Coeficiente de Runoff) .....	104
15.1.6 Verificação da capacidade da sarjeta.....	105
15.1.7 Capacidade Boca de lobo .....	105
15.1.8 Cálculo da vazão.....	105
15.1.9 Dimensionamento hidráulico.....	105
<b>15.2 Especificações, controles tecnológicos e medição dos dispositivos.....</b>	<b>106</b>
15.2.1 Bocas de Lobo .....	106
15.2.2 Grelha .....	106
15.2.3 Poços de visita do tipo (A, B e C) .....	107
15.2.4 Caixa de passagem do tipo (A, B e C).....	108
15.2.5 Chaminé de poço de visita.....	108
15.2.6 Tampão de ferro fundido cinzento .....	109

15.2.7 Meio Fio (Guia).....	110
15.2.8 Sarjetas .....	110
15.2.9 Tubo de concreto .....	111
15.2.10 Aduelas de concreto.....	112
15.2.11 Descida d`água em degraus .....	112
15.2.12 Dispersor.....	113
15.2.13 Dissipador de energia .....	113

**16 APÊNDICE G - MEMORIAL DE CÁLCULO ..... 115**

**16.1 Dimensionamento das bocas de lobo..... 115**

16.1.1 Dimensionamento das bocas de lobo da área A1 .....	115
16.1.2 Dimensionamento das bocas de lobo da área A2 .....	116
16.1.3 Dimensionamento das bocas de lobo da área A3 .....	117
16.1.4 Dimensionamento das bocas de lobo da área A4 .....	117
16.1.5 Dimensionamento das bocas de lobo da área A5 .....	118
16.1.6 Dimensionamento das bocas de lobo da área A6 .....	119
16.1.7 Dimensionamento das bocas de lobo da área A7 .....	119
16.1.8 Dimensionamento das bocas de lobo da área A8 .....	120
16.1.9 Dimensionamento das bocas de lobo da área A9 .....	121
16.1.10 Dimensionamento das bocas de lobo da área A10 .....	122
16.1.11 Dimensionamento das bocas de lobo da área A11 .....	123
16.1.12 Dimensionamento das bocas de lobo da área A12 .....	124
16.1.13 Dimensionamento das bocas de lobo da área A13 .....	125
16.1.14 Dimensionamento das bocas de lobo da área A14 .....	126

**16.2 Dimensionamento das tubulações secundárias ..... 126**

16.2.1 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A1. ....	126
16.2.2 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A4 .....	128
16.2.3 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A8 .....	129
16.2.4 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A9 .....	130
16.2.5 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A10 .....	131
16.2.6 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A12 .....	132
16.2.7 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A13 .....	134

**16.3 Dimensionamento das tubulações primárias ..... 135**

16.3.1 Dimensionamento das tubulações primárias da área A1. ....	135
16.3.2 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A4 .....	137
16.3.3 Dimensionamento das tubulações primárias da área A8.....	138
16.3.4 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A9 .....	139
16.3.5 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A10 .....	140
16.3.6 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A12 .....	141

**17 APÊNDICE H – DIVISÃO DA BACIA EM SUB-ÁREAS DE CAPTAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO ..... 144**

**18 APÊNDICE I – PROJETO EXECUTIVO..... 145**

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização dos espaços, modificou-se então o escoamento natural das chuvas nas superfícies, em condições naturais uma certa quantidade de água retorna atmosfera por evaporação ou transpiração pelas plantas, ou infiltra-se no solo e por fim percorre pela superfície. Segundo Butler e Davies (2004, pág. 3), as proporções em que isto acontece, dependem da natureza da superfície e a variação da duração da tormenta. Em áreas com alto grau de urbanização, com grande parte de sua superfície natural coberta por pavimentação artificial, a infiltração será menor, segundo Butler e Davies (2004, pág. 3), a quantidade de escoamento superficial será maior, gerando maiores picos de fluxo e velocidades maiores, ou seja, a água vai querer chegar o seu ponto final mais rápido. Decorrente desta situação, a probabilidade de inundações e enchentes acontecer são bem maiores nos dias atuais, em que, se percebe a impermeabilização cada vez mais crescentes dos solos nas cidades. Segundo Butler e Davies (2004, pág. 3), sistemas de drenagem podem permitir a mistura de água residuais com águas pluviais, carregando poluentes para rios e lagos.

Segundo Botelho (2011, pág. 18), as águas da chuva irão escoar por caminhos próprios e independente dos desejos, dos novos ocupantes da região, que sofreu alterações em sua superfície. A drenagem como é feita hoje, nas cidades, foram desenvolvidas assim que os seres humanos começaram a controlar seu ambiente. Evidências arqueológicas revelam que a drenagem era feita em muitas edificações das civilizações antigas, como os Mesopotâmicos, os Minoicos (Creta) e os Gregos (Atenas). Um bom exemplo, são os romanos conhecidos pelas suas obras em engenharia, relacionadas com a saúde pública. Construiu impressionantes aquedutos trazendo água para a cidade e construindo drenos artificiais, sendo o mais conhecido, o “*Cloaca Máxima*”, arquitetado para drenar o Fórum Romano.

A urbanização modificou diversos aspectos na sociedade e no ambiente que esta vive, entre tais destaca-se a modificação do solo. Regiões antes classificadas como rurais, foram transformadas em bairros e comunidades, modificando então uma estrutura milenar que ali existia. Esta modificação alterou diversos aspectos da região, entre eles o índice de permeabilidade do solo, que implica na capacidade de absorção da água que o solo possui (BOTELHO, 2011).

Segundo Tucci (1995) essa modificação resultou em um crescimento do volume de fluido escoando na superfície, que combinado com a deficiência ou ausência de sistema de microdrenagem nas cidades, acarretou em grandes transtornos, destacando a necessidade de se

aprimorar os conhecimentos na área. Com isso surgem leis e regulamentos para a ocupação e manejo do solo em áreas urbanas, afim de garantir que as cidades não se transformem em grandes aglomerados impermeáveis.

O centro de Três Corações é um exemplo típico do problema citado anteriormente, em que por se tratar de uma área urbana, houve modificações drásticas no solo e no tipo de pavimentação utilizada no decorrer dos anos. A dinâmica do escoamento superficial mudou completamente, com estas alterações que possivelmente não foram levadas em consideração no dimensionamento dos dispositivos de drenagem na cidade, o sistema passou a falhar constantemente, trazendo inúmeros problemas para moradores e comerciantes da região. Outro fator decorrido do intenso adensamento da população neste local, foi a construção de edificações sobre as redes de drenagem, não respeitado o trajeto natural da água, ocasionando enchentes em pontos baixos. Com a grande população, cresce também a quantidade de lixo que não tem o destino final adequado, sendo jogado nas ruas, indo se depositar nas bocas-de-lobo obstruindo a entrada de água.

Ao decorrer do estudo, com base na teoria, será aplicada a metodologia correta para obter o máximo de informações necessárias para assim, organizar, sintetizar, descrever os resultados obtidos e finalmente elaborar um projeto para a readequação do sistema de drenagem existente.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Segundo o plano diretor de drenagem e manejo de águas pluviais da cidade de São Paulo (PMAPSP), emitido pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo (SMDU/SP, 2012); são muitas as vantagens decorrentes de um planejamento de drenagem urbana quando bem elaborado, dentre elas destaca-se:

- a) A redução do custo de manutenção das vias de pavimento asfáltico;
- b) Melhorias no tráfego de pedestres e veículos;
- c) Melhoria nas áreas de várzea;
- d) Menor custo na implantação de projetos futuros;
- e) Recuperação de áreas degradadas;
- f) Melhor valorização do loteamento que possui o sistema.

Segundo Botelho (2011, pág. 20), quando o sistema pluvial é projetado para uma área já urbanizada, com urbanização sem planejamento, o sistema pluvial será corretivo. Porém, haverá um alto custo para a realização de sua obra. Observa-se também, a urbanização mal

concebida da região de estudo, que não seguiu as características topográficas e geológicas. As construções foram mais além destas restrições, sendo edificadas casas e comércios, sobre uma estrutura que recebe grande quantidade de água. Estrutura, que visualmente já vem sofrendo as intempéries climáticas e físicas. Possíveis colapsos podem ocorrer por infiltração da água corrente da nascente na galeria. Com as edificações sobre a galeria trona-se um obstáculo para a inspeção e manutenção, tornando a execução das obras com custo alto, pelo fato de ter que entrar nas casas e ter que interferir da estrutura, pagando pelos danos feitos.

Com base nesta situação apresentada, faz-se necessária a realocação da galeria e a verificação da sua capacidade nos trechos em que ela continuará a encaminhar a água. Pois, a situação em que ela está hoje, pode ser um grande risco para os habitantes desta região, quando se verifica maior precipitação de chuva, gerando uma vazão crítica, acima do limite em que ela foi projetada anteriormente. Readequando a galeria para a realidade de hoje, e verificando a situação dos outros dispositivos como bocas de lobos, poderá diminuir a incidência de alagamentos nos pontos baixos onde a galeria passa. Pois, quando a duração e intensidade da chuva é maior, a água sobe na galeria ultrapassando sua altura normal, voltando esta água para a Av. Dep. Carlos Luz, alagando casas, comércios e a própria avenida. Diante desta situação faz-se necessária a caracterização desta área e definição dos dados principais para a elaboração de um projeto técnico para a melhoria da qualidade de vida da população ali residente.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo diagnosticar, caracterizar o sistema de microdrenagem urbana existente no centro de Três Corações e elaborar um projeto executivo para a solução do problema.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para o desenvolvimento do trabalho serão atendidos os seguintes objetivos:

- Analisar e diagnosticar os problemas encontrados;

- Caracterizar o centro de Três Corações determinando sua bacia de contribuição, área de drenagem, escoamento superficial, período de retorno, tempo de concentração e vazão de projeto;
- Verificar e analisar as causas dos problemas encontrados com base no Referencial Bibliográfico;
- Propor um projeto para readequação do sistema de microdrenagem da região de estudo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para melhor compreensão e desenvolvimento do projeto de microdrenagem, é necessário entender a finalidade de alguns dos seus componentes físicos e terminológicos. Para isso, o referencial teórico presente nesta monografia, vem como ferramenta de auxílio para explicar o conceito básico de drenagem urbana, as principais diferenças entre macro e microdrenagem e os componentes e metodologias de um sistema de microdrenagem.

### **2.1 Conceitos Básicos**

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como um conjunto de fatores do meio físico do homem que podem exercer efeitos nocivos para o bem-estar do indivíduo, seja físico, mental ou social. Dentro desses fatores o saneamento básico se restringe ao tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta de resíduos sólidos e coleta e direcionamento de águas pluviais.

Em janeiro de 2007 foi aprovada a Lei nº 11445 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. A lei definiu saneamento básico no Brasil como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

Ficou definido também que cada Município deveria elaborar o seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), sob pena de não receber verbas federais para saneamento em caso de descumprimento. No PMSB as prefeituras passam a identificar, analisar e tratar os problemas locais como ausência de coleta e tratamento de esgoto, disponibilidade de água tratada, regiões insalubres e etc.

O foco deste trabalho será a drenagem, uma das áreas de estudo do saneamento básico que visa em geral a condução de um fluído de forma segura e sem ocasionar danos de um

ponto de coleta até de um ponto de jusante. A seguir algumas definições importantes sobre o tema.

## **2.2 Drenagem Urbana**

A drenagem urbana é um mecanismo importante nas cidades pois evita transtornos como alagamentos de vias, degradação do pavimento, enxurradas, entre outros fatores que atrapalham o dia a dia na cidade. Segundo o DAEE/CETESB (1980, pg. 4) para compreendê-las, é necessário dividi-las em dois sistemas distintos, que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados; que são os sistemas de macrodrenagem e microdrenagem.

### **2.2.1 Macrodrenagem**

Macrodrenagem é o sistema de drenagem constituído pelos principais talwegues, como córregos, canais, rios e outras estruturas que conduzam ou armazenem grandes volumes de água. Segundo o DAEE/CETESB (1980, pg. 4), é constituído em geral por canais de maiores dimensões (cursos d'água, fundos de vales, etc.) que receberão a vazão dos sistemas de microdrenagem, e apresenta período de retorno de aproximadamente 100 anos.

### **2.2.2 Microdrenagem**

Tucci (1995) define microdrenagem urbana como sendo o sistema de condutos pluviais, a nível de loteamento ou rede primária urbana. Segundo Carvalho (1995) e DAEE/CETESB (1980), o sistema de microdrenagem é parte imprescindível dos melhoramentos públicos em uma área urbana, sejam eles: redes de abastecimento de água, coleta de esgotos sanitários, cabos de transmissão de energia, serviços de comunicações, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de recreação e lazer.

Segundo Botelho (2011) a microdrenagem difere dos demais serviços no quesito custo, que quando analisado somente no momento de implantação, é taxado como alto. Em vários casos isso ocasiona a negligência, derivando então a implantação de sistemas de baixa qualidade ou ausência destes. Porém, essa negligência em grande parte resulta em problemas estruturais sérios nos loteamentos, como aberturas de fendas na pavimentação, alagamentos de residências e outros fatores. Carvalho (1995) diz ainda que o escoamento das águas

pluviais ocorrerá naturalmente, independentemente se existir ou não um sistema de drenagem bem dimensionado. Este fator exclui o sistema de drenagem do planejamento urbano, o que leva o sistema, quando projetado posteriormente, a se provar ineficiente e de alto custo.

Segundo Tucci (1995) O sistema de microdrenagem ou coletor de águas pluviais é constituído pelos pavimentos das vias, pelas guias, sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e ainda por canais de dimensões reduzidas. Este sistema é dimensionado levando-se em consideração um período de retorno entre 2 e 10 anos.

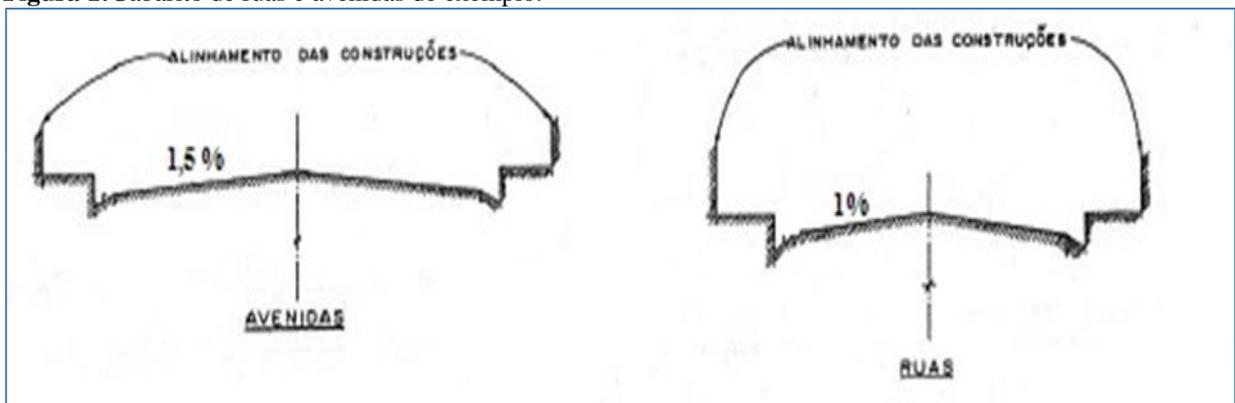
Como já mencionado existem alguns componentes dos sistemas de microdrenagem e abaixo serão apresentados alguns destes.

### 2.2.2.1 Calha viária

As ruas e avenidas possuem função importante no tráfego de pessoas e veículos, exigindo cada vez mais uma estrutura bem organizada para comportar sua demanda. Segundo Botelho (2011) dentro dessa estrutura se destaca o projeto de drenagem que garante a trafegabilidade da via em dias chuvosos, além de ajudar a combater gargalos como aquaplanagem, erosão da pavimentação, alagamentos e etc.

De acordo com Tucci (1995) a calha viária é a região em que ocorre o deslocamento dos veículos e para evitar o acúmulo de água, o que poderia ocasionar o problema denominado aquaplanagem, que é quando um veículo desliza sobre a água por falta de contato com o pavimento devido a lâmina de água presente entre o plano e os pneus. Segundo o DAAE/CETESB (1980) para evitar tais problemas a calha viária deve ser projetada com inclinação de forma que a água escoe para as laterais de encontro as sarjetas conforme a figura 01.

**Figura 1:** Gabarito de ruas e avenidas de exemplo.

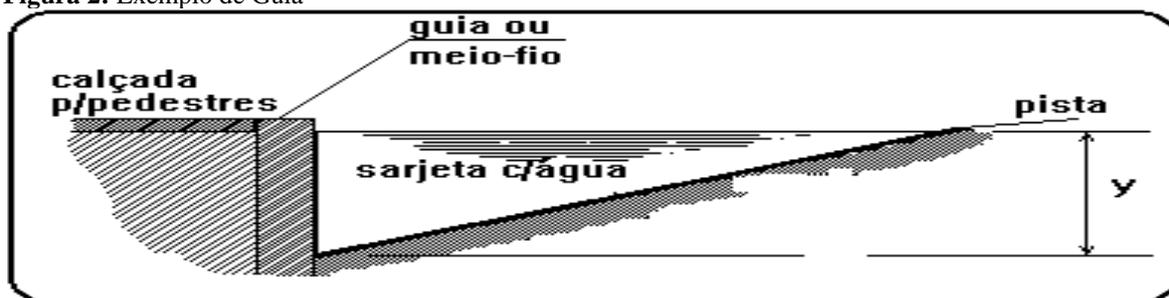


Fonte: (DAAE/CETESB, 1980)

### 2.2.2.2 Guias

De acordo com Teixeira (2014, p. 19) a guia delimita a calçada do leito viário no eixo longitudinal, são feitos de granito ou concreto simples. As guias são conhecidas também como “meio fio”. A guia pode ser observada na figura 02.

Figura 2: Exemplo de Guia



Fonte: BOTELHO, 2011

Segundo DNIT (2006, p. 2) meio-fio são limitadores físicos que possuem a função de impedir o fluxo de água, encaminhando os para os pontos predeterminados. Albano (2012) afirma que para projetos o valor utilizado para o meio-fio é de 15 centímetros de altura.

### 2.2.2.3 Sarjetas

Elementos dispostos paralelamente ao meio-fio, e recebem os escoamentos incidentes na via pública (TUCCI,1995). Segundo Sudecap (1995), sarjetas funcionam como um canal triangular, triangular e de céu aberto, funcionando de acordo com a declividade longitudinal, transversal e coeficiente de rugosidade.

Em decorrência da declividade das ruas, as sarjetas se tornam o mecanismo de escoamento da água. São constituídas de concreto simples, moldado in loco e utilizado para fixar as guias. Em vias asfaltadas geralmente a máquina de pavimentação possui dificuldade para chegar próximo as guias, então as sarjetas se tornam úteis para executar esse acabamento.

Entretanto, segundo Botelho (2011, pg. 32) é necessária uma atenção especial nessa ligação entre o asfalto e o concreto devido a retração do asfalto que pode ocasionar penetração de águas pluviais que gera a degradação do pavimento.

A figura 03 apresenta um modelo de sarjeta com seção transversal triangular, que é a mais usual.

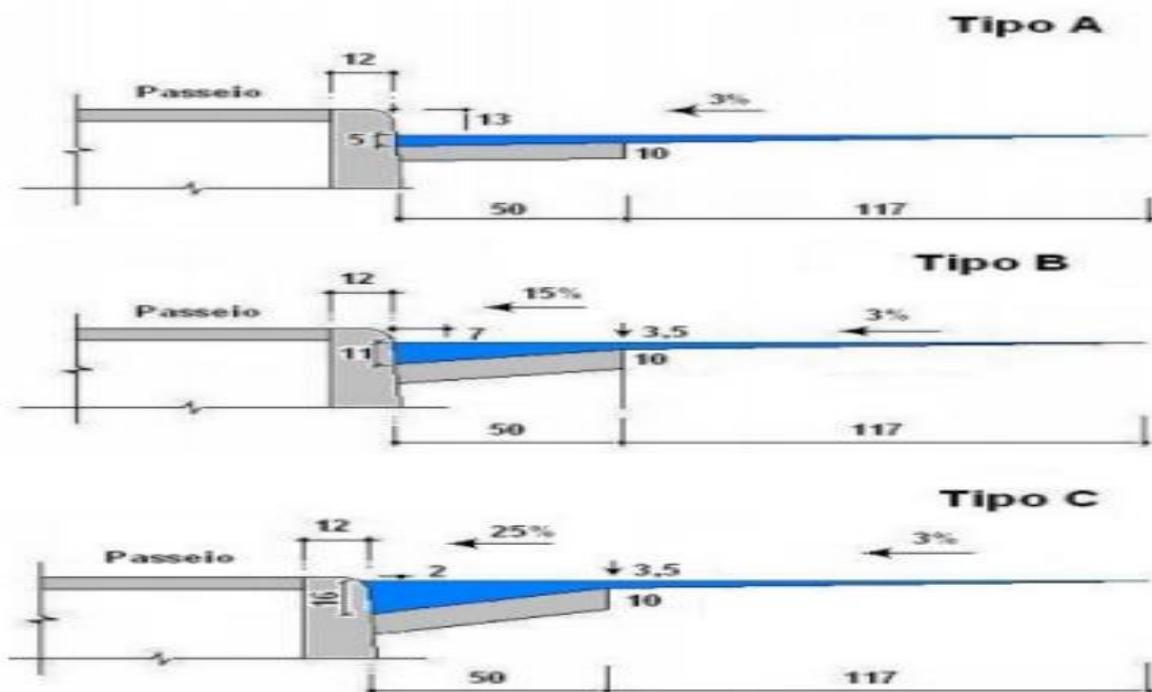
**Figura 3:** Ilustração de sarjeta.



Fonte: (BIDONI e TUCCI, 1995)

A Sudecap (1995) define três tipos de sarjetas, conforme figura 04

**Figura 4:** Tipos de sarjetas segundo Sudecap



Fonte: (Sudecap,1995)

Para Tomaz (2011), existem algumas equações para o dimensionamento de sarjetas, tais como as de FHWA 1996, DNIT 2006, CIRIA 2007.

A equação 01 utilizada para dimensionamento das sarjetas, segundo Cetesb (1980), é a de Manning, modificada por Izard:

$$Q_{st} = 0,375 \times \left( \frac{z_1}{n} \times y_0^{\frac{8}{3}} - \frac{z_1}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} + \frac{z_2}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} \right) \times i^{0,5}$$

(Equação 01)

Em que:

$Q_{st}$ : capacidade de escoamento teórico pela sarjeta, em m<sup>3</sup>/s;

$z_1$ : inverso da declividade transversal da sarjeta, m/m;

$z_2$ : inverso da declividade transversal da via, m/m;

$n$ : coeficiente de rugosidade de Manning;

$y_0$ : altura da lâmina d'água junto ao meio fio, usualmente 80% da altura do meio fio, em m;

$i$ : declividade longitudinal do trecho, em m/m.

$y_1$ : calculado pela equação 02.

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

(Equação 02)

Em que:

$y_0$ : altura da lâmina d'água junto ao meio fio, usualmente 80% da altura do meio fio, em m;

$i_{ts}$ : declividade transversal da sarjeta, em m/m;

$b$ : largura da sarjeta, em m.

A tabela 01 demonstra coeficientes de rugosidade de Manning são usados para os cálculos das sarjetas e galerias, segundo Tucci (1995).

**Tabela 1:** 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: 0,060
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

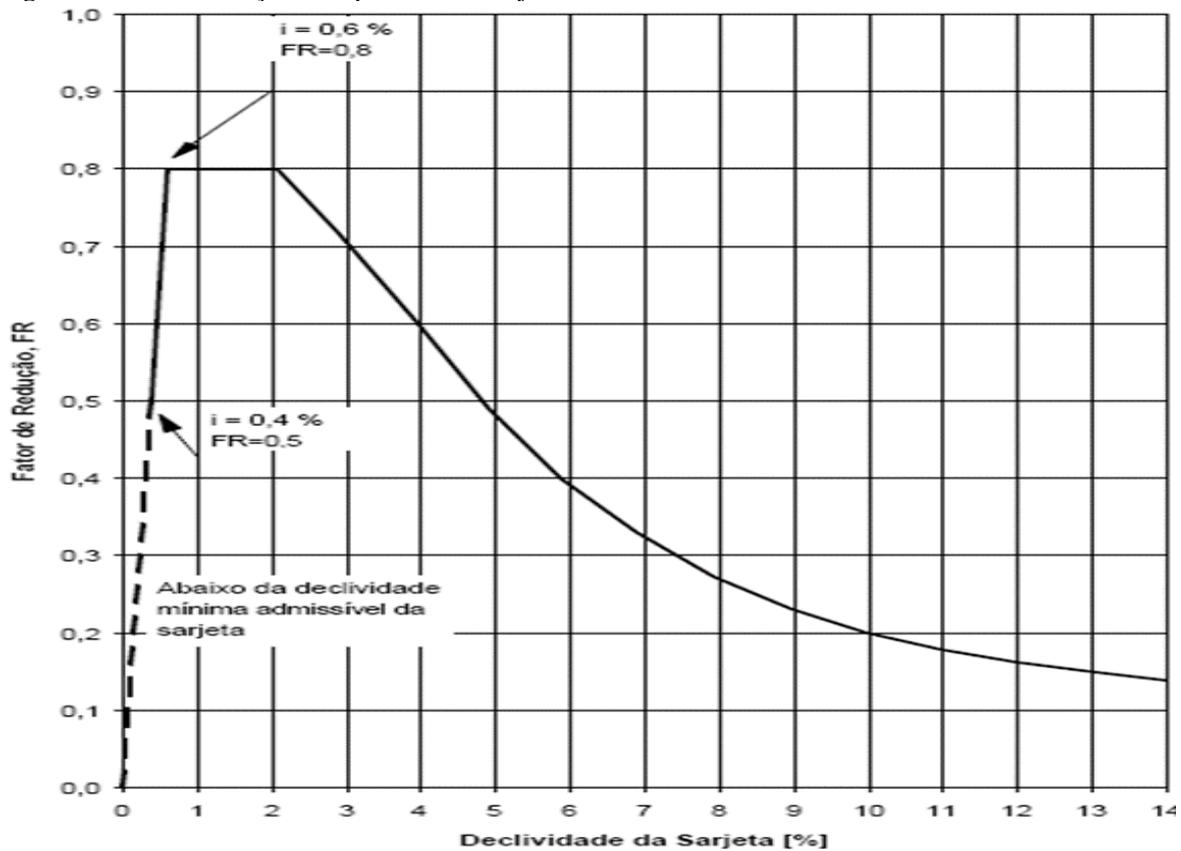
Pavimento de concreto	0,014: 0,016
Pedras	0,016

FONTE: (Tucci, 1995)

O manual da CETESB (1980) relaciona maior incidência de obstruções em sarjetas de menor declividade devido aos materiais sedimentáveis, ao passo de que declividades acentuadas trazem inconvenientes ao pedestre em consequência do aumento da velocidade.

Para atenuar este problema, o manual indica o uso do fator de redução da capacidade da sarjeta em função da declividade no sentido do escoamento (figura 05).

**Figura 5:** Fator de redução da capacidade de sarjeta



Fonte: (CETESB, 1980)

Com isto a vazão real da sarjeta é calculada pela equação 03:

$$q_{sreal} = q_{st} \times F$$

(Equação 03)

Em que:

$q_{st}$  = vazão teórica;

$F$  = fator de redução.

Verificação da velocidade na sarjeta conforme a equação de Izard:

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

(Equação 04)

Em que:

V = velocidade na sarjeta (m/s);

Q = vazão na sarjeta (m<sup>3</sup>/s);

n: coeficiente de rugosidade de Manning;

s: declividade longitudinal da sarjeta, em m/m;

z: recíproca da declividade transversal.

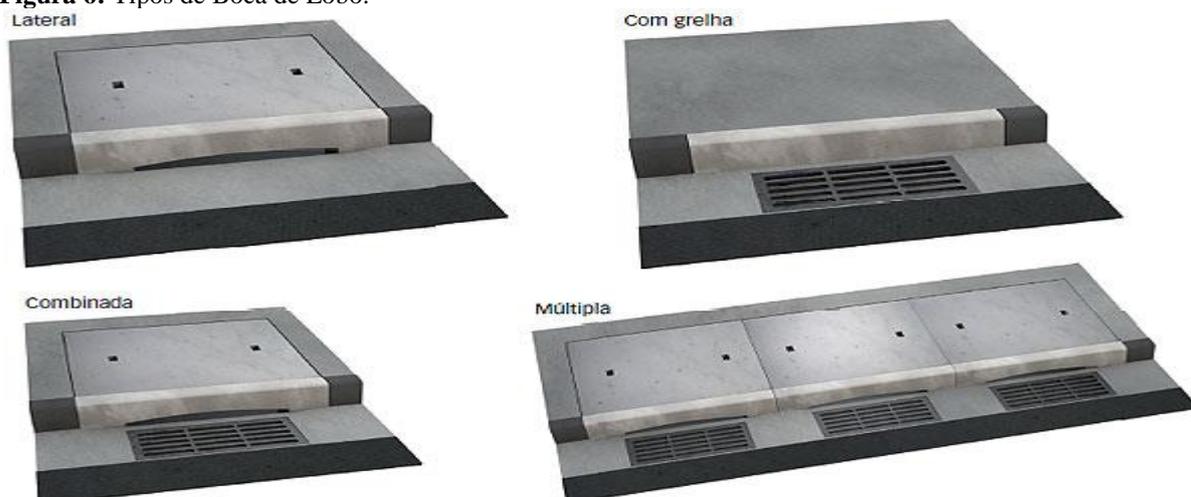
#### 2.2.2.4 Bocas de Lobo:

Em situações que a vazão que passa pela sarjeta ultrapassa a sua capacidade de transporte, utiliza-se dispositivos para captação, entre esses destaca-se as bocas de lobo que segundo CETESB (1980) possuem a função de receber as águas pluviais e conduzir até as galerias.

Botelho (2011) afirma que elas são constituídas de guia chapéu, caixa de captação, tampa de cobertura e tubo, demandando um rebaixamento da sarjeta para facilitar a captação. O manual da CETESB (1980) diz que existem basicamente quatro tipos de bocas:

- a) Boca de lobo lateral, que possui abertura na guia e a caixa coletora fica localizada sob o passeio;
- b) Boca de lobo com grelha, onde a caixa coletora fica localizada sob a faixa da sarjeta;
- c) Boca de lobo combinada, quando a simples e a com grelha trabalham juntas;
- d) Boca de lobo múltipla, quando existem várias bocas de lobo em sequência.

A figura 6 exemplifica detalhadamente cada uma delas, com ou sem depressão:

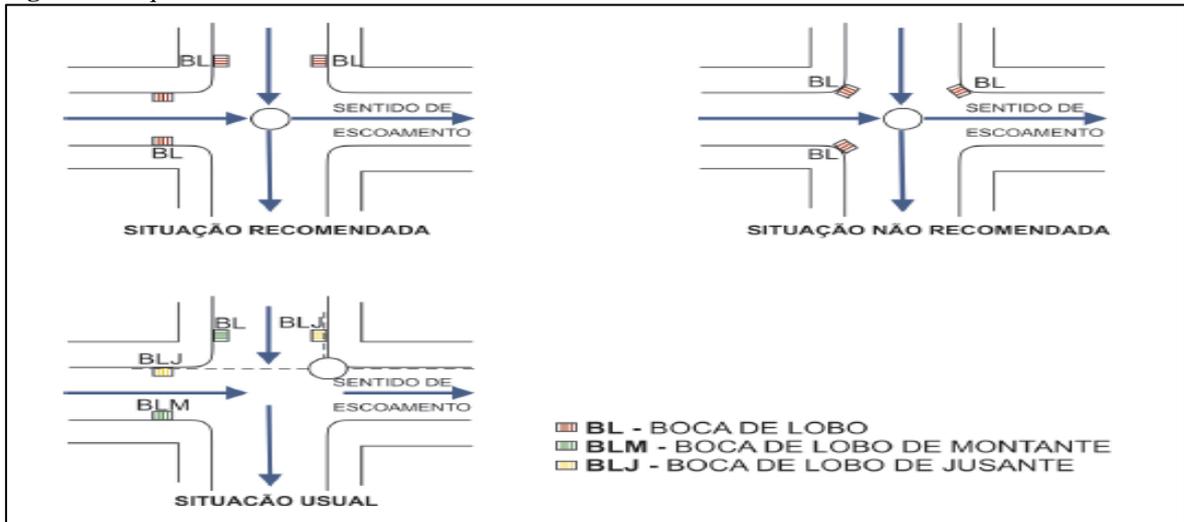
**Figura 6:** Tipos de Boca de Lobo.

Fonte: (NAKAMURA,2011).

A capacitação de água de sarjeta segundo Botelho (2011) é feita horizontalmente, mas um bom desempenho demanda uma locação adequada das bocas de lobo, dimensionamento adequado do dispositivo, manutenção preventiva e limpeza. Quanto ao posicionamento, SMDU/SP (2012) aconselha a observar as seguintes considerações:

- a) Serão colocadas nos dois lados da rua quando a saturação da sarjeta assim exigir, ou quando necessário devido ao fato da capacidade de engolimento;
- b) Serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- c) Caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta, recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo;
- d) A melhor solução para locação das mesmas, é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento de pedestres junto as esquinas;
- e) Não é aconselhável sua locação junto aos vértices das esquinas.

A figura 7 apresenta alguns exemplos de posicionamento de bocas coletoras.

**Figura 7:** Esquema de uma rede coletora

Fonte: (SMDU/SP, 2012).

O SMDU/SP (2012) apresenta a tabela 02 que traz a eficiência em relação à localização.

**Tabela 2:** Fator de redução de escoamento para boca de lobo.

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 adaptado de (DAEE/CETESB, 1980).

Quando a água acumulada sobre a boca de lobo gera uma lâmina de altura menor do que a abertura da guia, pode ser utilizada a equação 05 para o dimensionamento como vertedor (TUCCI,1995).

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

(Equação 05)

Em que:

Q: vazão de engolimento da boca de lobo, em m<sup>3</sup>/s;

L: comprimento da soleira, em m;

y: altura de água próxima à abertura na guia, em m;

Quando a altura da água sobre o local de engolimento for maior do que o dobro da abertura na guia, segundo Tucci (1995), a vazão será calculada pela equação 06:

$$Q = 3,01. L. h^{\frac{3}{2}}. \left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 06)

Em que:

Q: vazão de engolimento da boca de lobo, em m<sup>3</sup>/s;

L: comprimento da soleira, em m;

h: altura da guia, em m;

y<sub>1</sub>: carga da abertura da guia, em m;

As bocas de lobo com grelha funcionam como vertedor de soleira livre para profundidades de lâmina de até 12cm, segundo Tucci (1995). Se um dos lados da grelha for adjacente a guia, este lado não deve ser considerado no cálculo do perímetro da equação 07.

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

(Equação 07)

Em que:

Q: vazão de engolimento da boca de lobo, em m<sup>3</sup>/s;

P: perímetro da boca de lobo, em m;

y: altura de água próxima à abertura na guia, em m;

Com profundidades de lâmina entre 12 e 42 cm a carga adotada é definida de acordo com o projetista. Já para lâminas maiores que 42 cm, segundo Tucci (1995), a vazão é calculada pela equação 08.

$$Q = 2,91. A. y^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 08)

Em que:

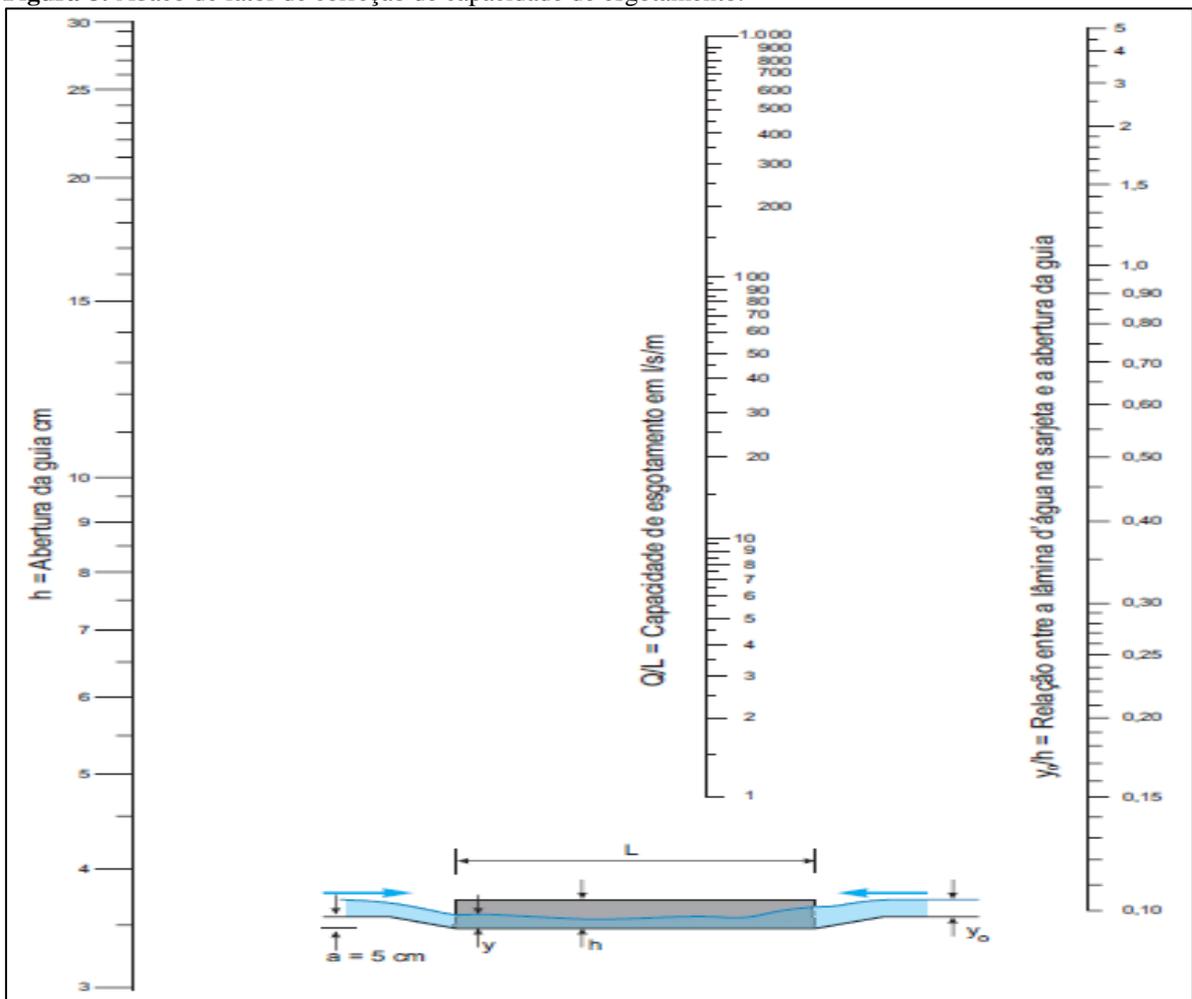
Q: vazão de engolimento da boca de lobo, em  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

A: área da grade, excluindo-se as áreas ocupadas pelas barras, em  $\text{m}^2$ ;

y: altura de água próxima à abertura na guia, em m.

Para verificar a razão de engolimento da boca de lobo simples de altura de lamina d'água de até 5 cm. utiliza-se o ábaco desenhado na figura 8.

**Figura 8:** Ábaco de fator de correção de capacidade de esgotamento.



Fonte: (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008, p. 89).

Segundo DNIT (2006), no seu Manual de drenagem de rodovias, para a determinação da capacidade de engolimento da boca-de-lobo simples em pontos intermediários das sarjetas pode ser usada a fórmula desenvolvida pela Universidade John Hopkins.

$$\frac{Q}{L} = (K + C) * y * \sqrt{g * y}$$

(Equação 09)

Em que:

- Q: vazão de engolimento da boca de lobo, em m<sup>3</sup>/s;
- L: comprimento da soleira, em m;
- g = aceleração da gravidade, em m/s<sup>2</sup>;
- C = constante igual a zero para boca-de-lobo sem depressão;
- y: altura do fluxo na sarjeta imediatamente antes da boca-de-lobo; igual a y<sub>0</sub>, para a boca-de-lobo sem depressão;
- y<sub>0</sub>: profundidade da lamina d'água da sarjeta, em m;
- K= função do ângulo θ, de acordo com a tabela abaixo.

**Tabela 3:** K em função do ângulo θ.

Tg θ	K
12	0,23
24	0,20
48	0,20

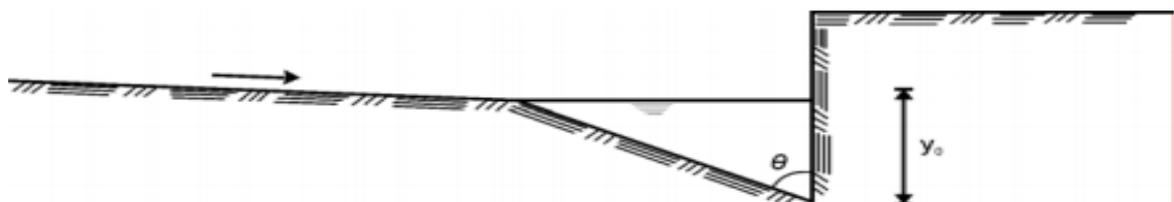
Fonte: DNIT (2006).

A equação 09 anterior assume a forma seguinte para boca de sem depressão:

$$\frac{Q}{L} = K * y_0 * \sqrt{g * y_0}$$

(Equação 10)

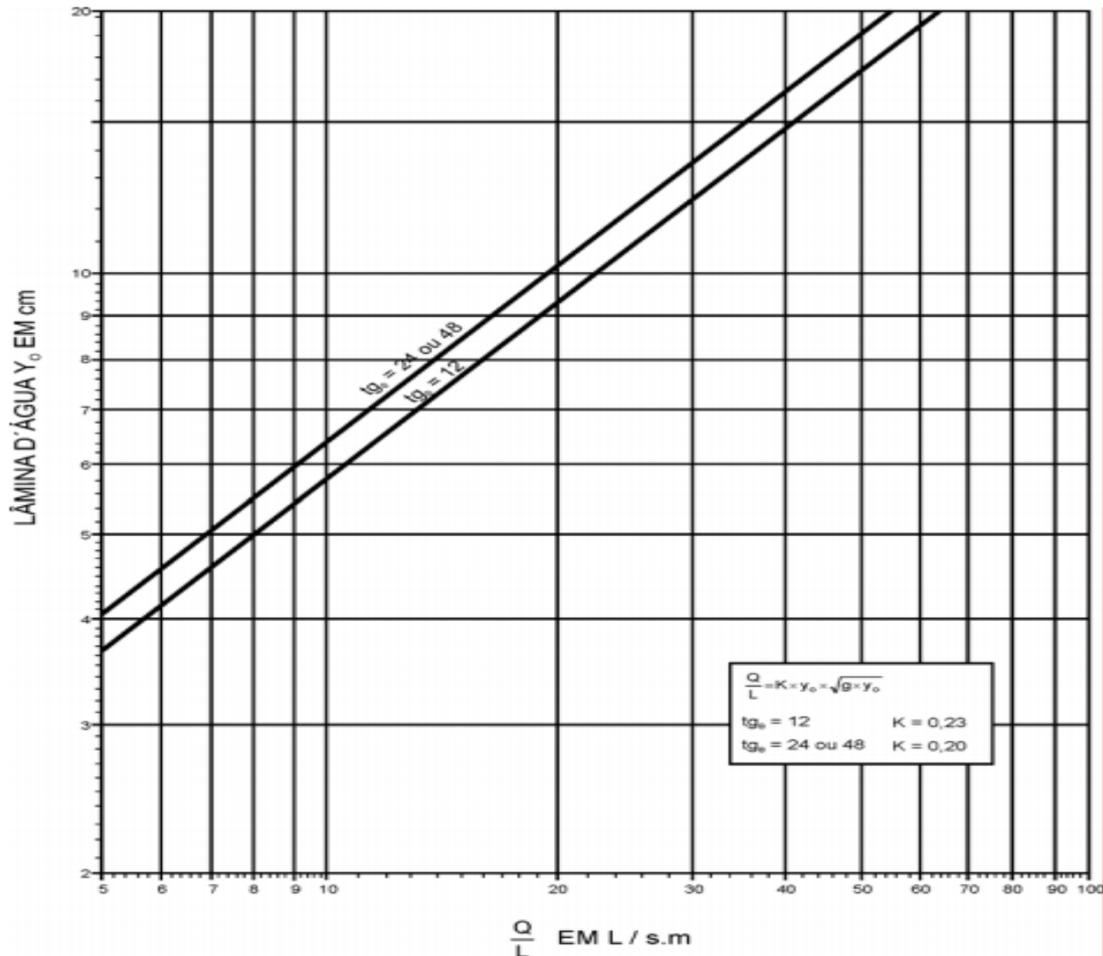
**Figura 9:** Seção na entrada de boca-de-lobo.



Fonte: DNIT (2006).

A figura 10 traz a capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos intermediários, de acordo com o DNIT (2006).

**Figura 10:** Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos intermediários das sarjetas.



Fonte: DNIT (2006).

### 2.2.2.5 Galerias

Segundo Tucci (1995) as galerias são as responsáveis por conduzir o excesso de água não comportado pelas sarjetas até um ponto de jusante, que pode ser um córrego, vale ou rio. Elas recebem a água das bocas coletoras e através de suas tubulações conduzem de forma segura para que a população não sofra nenhum dano.

Segundo Tomaz (2002, pg. 369), as galerias são projetadas para funcionamento a seção plena para a vazão do projeto e a velocidade de escoamento depende do tipo de material que será usado. Porém, devido a não normatização, essas relações acabam variando bastante de autor para autor, na tabela 4 pode-se analisar algumas dessas preferências.

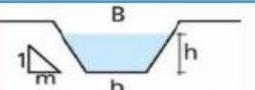
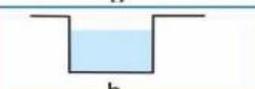
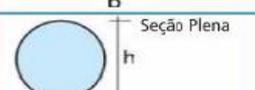
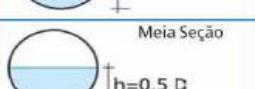
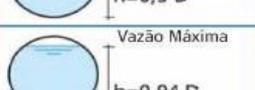
**Tabela 4:** Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

Autor / Instituição	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Seção plena ou h/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	Plena ou 0,9	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50 <sup>d</sup>	Plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	0,70	Grad. Variado
Porto (1999)	Vméd = 4 a 6 <sup>a</sup>		0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	h/D <sup>b</sup>	Unif.
Methods e Durrans <sup>c</sup> (2003)	0,60 a 0,90	4,50	0,85	Unif. e Grad. Variado
DAEE-CETESB (1980)	:	:	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	0,85 a 0,90	Unif.

FONTE: Adaptado de (Menezes Filho e Costa, 2012, p. 16 e 17).

As galerias podem ter diversas formas geométricas, com seções transversais retangulares, trapezoidais e circulares. Segundo Botelho (2011) a mais comum são as de seção circular, sendo tubos de concreto simples ou armado. Tucci (1995) afirma que conhecer o tipo de galeria que pretendesse utilizar no projeto é importante, pois a forma geométrica interfere diretamente no raio hidráulico conforme mostra a figura 11.

**Figura 11:** Galerias e suas variações geométricas.

Geometria da Seção	Área Molhada ( $A_m$ )	Perímetro Molhado ( $P_m$ )	Raio Hidráulico ( $R_H$ )	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	$b$
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção $h=0,5 D$	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima $h=0,94 D$	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: Adaptado de (EVANGELISTA, 2002).

Além de dimensionar as galerias, é preciso ficar atento aos diâmetros comerciais para a escolha do projeto. O quadro 1 mostra os principais diâmetros comerciais disponíveis para tubos de concreto.

**Quadro 1:**Relação diâmetro comercial e sua declividade mínima.

Ø comercial (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,0030
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: Adaptado de (BOTELHO, 2011)

Teixeira (2014) afirma que o dimensionamento das galerias deve atentar também a velocidade dentro das tubulações, pois uma velocidade muito baixa pode causar o efeito freio que iria resultar em uma galeria não operante, enquanto uma velocidade elevada poderia causar danos devido ao atrito. Para evitar resíduos e patologias, Diogo e Sciammarella (2008) apresenta a tabela 5 com os valores máximos e mínimos aconselháveis para velocidade dos dispositivos de microdrenagem urbana.

**Tabela 5:**Valores máximos e mínimos para dispositivos de microdrenagem urbana.

MATERIAL		Velocidade (m/s)		
		Máxima	Mínima	
SARJETA	Revestimento asfáltico	<b>3,0</b>	0,75	
	GALERIA	Concreto		<b>5,0</b>
TUBO				
CANAL				
	Fundo em terra e talude em concreto			
	Fundo e talude em terra	1,8		

Fonte: Adaptado de (DIOGO e SCIAMMARELLA,2008)

O SMDU/SP (2012 vol. III) faz algumas exigências relacionadas ao diâmetro mínimo das galerias é de 0,50 m. Os diâmetros correntes são: 0,50; 0,60; 1,00; 1,20 e 1,50 m. Mas deve se atentar a alguns critérios básicos do projeto como por exemplo:

- a) As galerias pluviais são dimensionadas para funcionar a seção plena conduzindo a vazão de projeto, e a velocidade máxima admissível varia de acordo com o material utilizado na rede. Para os tubos de concreto (mais usual), a velocidade máxima é de 5,0 m/s e a mínima de 0,60 m/s;
- b) Para recobrimento mínimo da rede existem várias especificações relacionadas a profundidade da mesma; porém conforme dito na SMDU (2012), será adotado um recobrimento mínimo de 1,00 m. para tubulações sem estruturas especiais. Caso haja necessidade de um cobrimento de espessura menor, as tubulações deverão obrigatoriamente ser protegidas com algum artifício estrutural que garanta sua integridade;
- c) Nas mudanças de diâmetro das galerias localizados nos poços de visitas; as tubulações deverão ser alinhadas pela geratriz superior.

O dimensionamento de galerias é feito com base em diversas equações, uma das mais utilizadas é a equação 11, de Manning, segundo Tucci (1995):

$$Q = \frac{A_m \times R_H \times i^{0,5}}{n}$$

(Equação 11)

Em que:

Q = vazão inicial da galeria (m<sup>3</sup>/s)

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

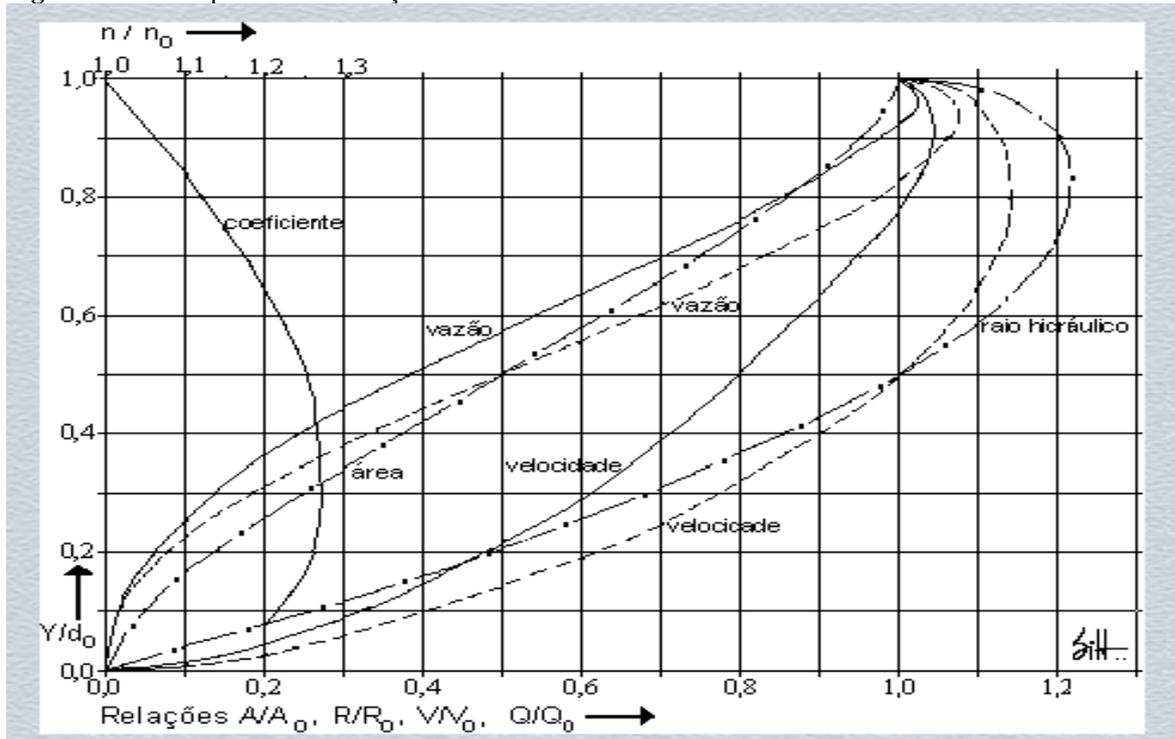
R<sub>H</sub> = raio hidráulico (m)

i = declividade longitudinal do trecho (m/m)

n = coeficiente de rugosidade

De acordo com Netto e Araújo (1998), através do ábaco demonstrado na figura 12, é possível determinar os coeficientes utilizados para encontrar a vazão de projeto, que é a utilizada para calcular o diâmetro da tubulação.

**Figura 12:** Ábaco para a determinação do coeficiente



Fonte: (Netto e Araújo, 1998)

A vazão de projeto, segundo Netto e Araújo (1998), pode ser determinada através da equação 12:

$$Q_{\text{proj}} = \frac{Q}{\text{coeficiente}} \quad (\text{Equação 12})$$

Em que:

$Q$  = vazão inicial da galeria ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

coeficiente = coeficiente encontrado no ábaco.

As equações 13 e 14 respectivamente são utilizadas para o cálculo do raio hidráulico, de acordo com o mesmo autor.

$$R_H = \frac{D}{4} \quad (\text{Equação 13})$$

Em que:

$D$  = diâmetro (mm)

$$R_{h_{\text{real}}} = \frac{R_H}{\text{coeficiente}} \quad (\text{Equação 14})$$

Em que:

$R_H$  = raio hidráulico (m)

coeficiente = coeficiente encontrado no ábaco.

A equação 15 utilizada para o cálculo da velocidade real, como diz o mesmo autor.

$$V_{\text{real}} = \frac{R_H^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}}{n}$$

(Equação 15)

Em que:

$R_H$  = raio hidráulico real (m);

$i$  = declividade longitudinal do trecho (m/m);

$n$  = coeficiente de rugosidade.

Segundo Tomaz (2011), a fórmula mais usada no mundo para o cálculo de canais é a de Manning. Conforme ele a fórmula de Manning pode ser usada para qualquer seção de canal ou tubulação.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 16)

Em que:

$R$  = raio hidráulico real (m);

$S$  = declividade (m/m);

$n$  = coeficiente de rugosidade;

$V$  = velocidade média na seção (m/s).

Equação da continuidade:

$$Q = A * V, \text{ donde } V = \frac{Q}{A}$$

(Equação 17)

Em que:

$Q$  = Vazão (m<sup>2</sup>/s);

V = velocidade média (m/s);

A = área da secção (m<sup>2</sup>).

Segundo Tomaz (2011), o valor do raio hidráulico do canal pode ser calculado pela equação de Manning, conforme segue:

$$R_h = \left( \frac{V * n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

(Equação 18)

Em que:

R<sub>h</sub> = raio hidráulico (m);

S = declividade (m/m);

n = coeficiente de rugosidade;

V = velocidade média na seção (m/s).

#### 2.2.2.5.1 Número de Froude

Segundo Tomaz (2011, pag.286), o número de Froude representa a influência da força gravitacional no escoamento. Sendo, sua fórmula a seguinte:

$$F_r = \frac{V}{(g * D_h)^{0,5}}$$

(Equação 19)

Em que:

F<sub>r</sub> = número de Froude;

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

V = velocidade média na seção (m/s);

D<sub>h</sub> = profundidade média ou profundidade hidráulica. D<sub>h</sub> = A/T = A/B; T=B=largura superficial da água (m) e A = área molhada da seção (m<sup>2</sup>).

Obs: profundidade hidráulica ≠ raio hidráulico.

Sendo que o número de Froude para canal de seção retangular segundo Chaudry (1999, apud Tomaz,2011, p.287), pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$F_r = \frac{V}{(g * y)^{0,5}}$$

(Equação 20)

Em que:

$F_r$  = número de Froude;

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$V$  = velocidade média na seção (m/s);

$y$  = lamina d'água em metros.

Quando  $F_r = 1$  tem-se o regime crítico, que deve ser evitado.

Quando  $F_r < 1$  tem-se o regime fluvial ou lento, que é o melhor para a ser admitido em projeto.

Quando  $F_r > 1$  tem-se o regime torrencial ou rápido.

Segundo Chin (2000, apud Tomaz,2011, p.287), canais com seção retangulares mostraram instabilidade quando o número de Froude está entre 0,86 e 1,13, em seus experimentos.

#### 2.2.2.5.2 Cálculo da altura crítica

Segundo French in Mays (1999, apud Tomaz,2011, p.260), apresenta a equação semi-empírica para a determinação da altura crítica  $y_c$  em seção retangular extraídas do trabalho de Straub,1982, em que, deve-se ser determinado o termo  $y$ , na equação seguinte;

$$y = \frac{Q^2}{g}$$

(Equação 21)

Em que:

$Q$  = vazão (m<sup>2</sup>/s);

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Posteriormente pode-se calcular a altura crítica para seção retangular com a fórmula seguinte:

$$y_c = \left( \frac{y}{b^2} \right)^{0,33}$$

(Equação 22)

Em que:

$y_c$  = altura crítica (m);

$b$  = largura da seção retangular (m);

Segundo Tomaz (2011, pag.262), também pode ser calculada utilizando a fórmula geral para determinar o número de Froude, fazendo  $F_r = 1$ , da equação 19.

$$y_c = \left[ \frac{Q^2}{(b^2 * g)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

(Equação 23)

Em que:

$y_c$  = altura crítica (m);

$b$  = largura da seção retangular (m);

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$Q$  = vazão (m<sup>2</sup>/s).

#### 2.2.2.5.3 Cálculo da velocidade crítica

Segundo Tomaz (2011, pag.263), a velocidade crítica pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$V_c = \left( g * \frac{A}{b} \right)^{0,5}$$

(Equação 24)

Em que:

$V_c$  = velocidade crítica (m);

$b$  = largura da seção retangular (m);

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

$A = b * y_c$ .

#### 2.2.2.5.4 Cálculo da declividade crítica

Segundo Tomaz (2011, pag.263), a declividade crítica pode ser calculada utilizando a equação de Manning com  $V = V_c$ , da equação 16, pela seguinte fórmula:

$$S_c = \frac{V_c}{\left(\frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}}\right)}$$

(Equação 25)

Em que:

$S_c$  = declividade crítica (m/m);

$V_c$  = velocidade crítica (m);

$R$  = raio hidráulico (m);

$n$  = coeficiente de rugosidade.

#### 2.2.2.5.5 Cálculo do número de Vedernikov

Segundo Tomaz (2011, p.302), um canal pode ter instabilidade na superfície da água, formando ondas em sua superfície. Segundo Chow (1983, apud Tomaz,2011, p.302), este fenômeno foi observado pela primeira vez por Cornish (1910), em um canal aberto. Em 1945 Vedernikov utilizou as aproximações das equações de Saint Venant, desenvolvendo o número de Vedernikov. Segundo Tomaz (2011, pág. 302), “estas ondas são fenômenos de escoamento transitórios”.

Chow, 1983 estabelece a equação de Vedernikov quando se usa a fórmula de Manning para canais.

$$V_e = \left(\frac{2}{3}\right) * \Gamma * F_r$$

(Equação 26)

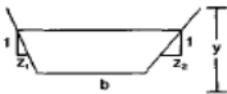
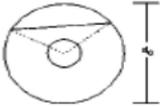
Em que:

$F_r$  = número de Froude;

$r$  = fator de forma da seção do canal conforme a figura 13;

$V$  = velocidade média na seção (m/s).

**Figura 13:** Valores limites da fórmula racional

<i>Channel Definition</i> (1)	$\Gamma$ (2)
Rectangle 	$\frac{b}{b + 2y}$
Trapezoid with unequal side slopes 	$1 - \frac{R(\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2})}{T}$
Circle 	$1 - \frac{\theta - \sin(\theta)}{\theta[1 - \cos(\theta)]}$

Fonte: French in Mays, apud Tomaz (2011), pág. 303.

Segundo Chow (1985, apud Tomaz, 2011, p.303), a equação 26, tem alguns detalhes a serem observados.

- a) Quando o canal é muito largo o valor de  $r = 0$ ;
- b) Quando o canal é muito estreito o valor de  $r = 1$ .

Segundo Tomaz (2011, pág. 303), a utilização da equação de Vedernikov, é para descobrir se haverá ou não onda no canal, ou seja, se o canal é instável ou estável.

- a) Caso  $V_e$  for menor ou igual a unidade, o canal será estável sem formação de ondas;  $V_e \leq 1$ , escoamento estável.
- b) Caso  $V_e$  for maior a unidade o canal será instável com formação de ondas e haverá fenômenos transitórios;  $V_e > 1$ , escoamento instável.

Segundo Tomaz (2011, pág. 303), mesmo com número de Froude baixo, poderá haver formação de ondas. Sendo assim, somente o número de Froude não se pode saber se haverá ou não onda no canal.

**Quadro 2:** Valores recomendados para canais

Escoamento	Número de Froude	Altura do nível de água
Sub-crítico	$F < 0,81$	$> 1,1 y_c$
Super-crítico	$F > 1,13$	$< 0,9 y_c$
Verificar se o número de Vedernikov $\leq 1$ para movimento estável		

Fonte: Tomaz (2011, pág. 308).

## 2.3 Vazão de projeto

A literatura apresenta diferentes métodos para obtenção da vazão de projeto, porém para este estudo devido a sua área de contribuição pequena, o mais indicado é o Método Racional que será abordado a seguir.

### 2.3.1 Método Racional

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). Segundo Botelho (2011) é utilizado para calcular a vazão de pico de uma pequena bacia, considerando uma seção de estudo.

Constitui-se no produto de três fatores importantes, são eles a área de drenagem, a intensidade de chuva e o coeficiente de escoamento superficial, que pode ser observado na equação 27.

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

(Equação 27)

Em que:

Q = vazão pluvial (m<sup>3</sup>/s);

C = coeficiente de runoff (adimensional);

i = intensidade da precipitação (mm/h);

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>).

Segundo Porto (1993), o método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias, com áreas inferiores a 3 Km<sup>2</sup> (300ha), ou quando o tempo de concentração for inferior a uma hora. Adota-se 3 Km<sup>2</sup> como limite máximo para a utilização do método racional, conforme a recomendação elaborada em 1998 pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), formulando as “Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo”.

Segundo Tomaz (2011, pg. 107), o conceito de pequena, média e grande bacia entre vários hidrólogos é um conceito variável, pois, uma mesma pode ser considerada pequena para um e considerada média para outro. Segundo Tomaz (2011, pg. 107), para a aplicação do método racional devem ser feitas análises de como o método racional é baseado. Ele ainda cita estas hipóteses, que são as seguintes:

- a) Toda a bacia contribui com o escoamento superficial, sendo assim, o tempo de duração da tormenta deve ser igual ou exceder ao tempo de concentração da bacia;
- b) A distribuição da chuva é uniformemente sobre toda a área da bacia;
- c) Todas as perdas estão incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial.

**Quadro 3:** Valores limites da fórmula racional

Autores	Área	
	(ha)	(km <sup>2</sup> )
David H. Pilgrim e Ian Cordery (Austrália) Método probabilístico, 1993	de 2000 a 50.000	20 a 500
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (FCTH) 1998 (*)	300	3
Wanielista et al., 1997	20 a 40	0,2 a 0,4
Ven Te Chow	40 a 81	0,4 a 0,81
DAEE, 2005 para pequenas barragens	200	2
DAEE-Cetesb	até 100	1
Porto, 1995	até 300	3
Linsley et al.	40 a 486	0,4 a 4,86
Paulo Sampaio Wilken	até 500	5
Linsley e Franzini	até 500	5
Osman Akan, 1993	até 1300	13
Califórnia Hihgways	até 4.050	40,5
Otto Pfafstetter	até 20.000	200
ASCE, 1992	até 80	0,8
Debo e Reese, 1995	até 40	0,4
Regulamento do sul da Califórnia proíbe acima de oito hectares.	até 8	0,08
Queensland- para áreas urbanas		Até 5km <sup>2</sup>
Queensland- para áreas rurais		Até 25 km <sup>2</sup>
McCuen, 1998	Pequenas Bacias	

(\*) Adotado pelo Eng<sup>o</sup> Plínio Tomaz

Fonte: Tomaz (2011), pág. 108.

Segundo Tomaz (2011, pg. 123), para a aplicação do método racional deve-se fazer uma análise dos limites em que o método racional tem validade. Ele estabelece algumas considerações a seguir:

- a) O tempo de concentração deverá ser calculado de preferência pelo método cinemático;
- b) O período de retorno deve ser maior quanto mais importante a obra;
- c) Deverá ser feita análise de sensibilidade dos parâmetros adotados;
- d) De modo geral o método racional conduz a resultados de picos de vazão maiores que outros métodos; e
- e) Quando se precisar da hidrógrafa, isto é, da vazão de escoamento superficial variando com o tempo, usar outro método, como o Método Santa Barbara, Método do SCN ou Método de Denver.

### 2.3.1.1 Área de drenagem

As bacias hidrográficas são regiões delimitadas pela topografia que tendem a escoar a água da chuva para um único ponto. Dentro das bacias é possível delimitar as sub-bacias que ajudam na determinação da área de drenagem de um estudo. A área de drenagem nada mais é do que a área que escoar diretamente para o ponto de estudo. A figura 14 apresenta em mais detalhes uma área de drenagem.

**Figura 14:** Ilustração de uma bacia hidrográfica e seus elementos



Fonte: (UFSC, 2015)

Para a realização do traçado da área de drenagem é necessário conhecer a topografia do terreno, o método mais indicado é o levantamento topográfico. Entretanto, nem todo empreendimento é dotado do levantamento, portanto para solucionar esse problema, é comum que muitos engenheiros recorram à análise de delimitação da bacia através da ferramenta de imagem de satélite como o Google Earth, da empresa Google, Global Mapper, ou outros softwares que possibilitem encontrar o resultado.

### 2.3.1.2 Intensidade de chuva

A intensidade da chuva é dada em mm por hora, e diz respeito ao volume de água que precipitará por unidade de tempo. O cálculo da intensidade depende sempre do período de retorno (T ou TR) dado em anos e o tempo de concentração (t ou tc) em minutos.

Quando não se tem dados históricos para a intensidade de chuvas realizam-se os cálculos de intensidade de chuva através de equações que são formuladas de maneira empírica para cada região. Sendo assim, escolhe-se para a região de interesse a formular de cidade mais próxima e/ou com atividades de chuva mais parecida. Á seguir um exemplo de equação de intensidade de chuva, da cidade de Belo Horizonte - MG:

$$i = \frac{1447,87 \times T^{0,10}}{(tc+20)^{0,84}} \quad (\text{Equação 28})$$

A universidade Federal de Viçosa (UFV) através de seu Grupo de Pesquisa em Recursos hídricos (GPRH) desenvolveu um software chamado Plúvio (2006), que permite selecionar a localidade de interesse e este fornece os dados necessários para o cálculo de intensidade de chuva. Através do software são fornecidos os coeficientes K, a, b e c, que então, são aplicados na equação que correlaciona as características fundamentais de uma chuva intensa (IDF - intensidade, duração e frequência), proposta por Chen (1983), seguinte:

$$I_m = \frac{K * T_r^a}{(t + b)^c}$$

(Equação 29)

“A escolha da tormenta de projeto para os projetos de obras de drenagem urbana deve ser considerada de acordo com a natureza das obras a projetar. Deve-se levar em conta os riscos envolvidos quanto à segurança da população e as perdas materiais.” (TUCCI, 1995, pg. 69).

O período (tempo) de retorno é o intervalo de tempo estimado para que um evento seja igualado ou ultrapassado e está diretamente ligado ao risco de falha do projeto, portanto ao se decidir o período de retorno automaticamente decide-se o grau de proteção conferido à população, deve ser determinado em função das características de cada projeto, levando-se em conta o “risco aceitável” de cada obra. O período de retorno é o inverso da frequência, sendo assim, para uma tormenta de período de retorno de dez anos, a frequência corresponde a 0,1, isso significa que há uma chance em dez de ocorrer uma tormenta igual ou superior num dado ano.

Os períodos de retorno sugeridos no meio técnico indicam o uso de 2 a 10 anos para obras de microdrenagem, variando de acordo com a análise de cada caso. Quanto maior a obra e sua capacidade de catástrofe ao falhar, maior o período de retorno. “Á medida que o período de retorno cresce, o gradiente de vazões diminui. Dessa forma, nem sempre a escolha de um período de retorno maior ocasionará uma elevação muito grande no custo da obra” (TUCCI, 1995, pg. 73). Diante da relação entre custo e segurança, é importante a correta análise da situação e estudo das possibilidades para equilibrar esses dois fatores na escolha do período de retorno.

O tempo de concentração, por sua vez, representa o tempo que a chuva leva para sair do divisor mais distante e chegar à seção considerada. Segundo Tucci (1995), em geral, adota-se, para a chuva crítica de uma pequena bacia hidrográfica, uma duração igual ao tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração depende basicamente da porcentagem de cobertura vegetal, declividade e tempo de escoamento.

Pode ser calculado através da equação:

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

(Equação 30)

Em que:

$t_c$  = tempo de concentração (minutos);

L = comprimento do talvegue principal (Km);  
 p = porcentagem em decimal de cobertura vegetal;  
 $I_m$  = declividade média do talvegue principal (m/m).

Tem-se também a fórmula de Kirpich:

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

(Equação 31)

Em que:

$t_c$  = Tempo de concentração (minutos);  
 L = Comprimento do talvegue mais extenso (Km);  
 H = desnível ao longo do talvegue mais extenso, em m.

#### 2.3.1.3 Coeficiente de escoamento superficial

“Por definição coeficiente de runoff é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado” (Tucci, RBRH,2000). É uma variável adimensional do método racional que engloba e avalia os efeitos de infiltração no solo, armazenamento por detenção, retenção, evaporação, encaminhamento das descargas e interceptação, efeitos que afetam a distribuição cronológica e magnitude do pico de deflúvio e magnitude superficial direto.

A tabela 6 contém os valores do coeficiente de Runoff adotados nos cálculos pelo método racional.

**Tabela 6:** Relação coeficientes de Runoff.

Ocupação do solo	C
EDIFICAÇÃO MUITO DENSE: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSE: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes	0,25 a 0,50
SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação	0,05 a 0,20

Fonte: (SMDU/SP, 2012)

Em áreas como loteamentos; é comum haver dentro da mesma bacia de contribuição ocupações e taxas de impermeabilização diferentes, divididas em zoneamentos urbanos emitidos pela prefeitura local. Para esses casos é calculado o C médio, que é o somatório das áreas multiplicadas pelo coeficiente de Runoff a elas atribuído e divididas pela área total, conforme mostra a equação 32.

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

(Equação 32)

O quadro 5 mostra os coeficientes de escoamento superficial para alguns tipos de pavimentos.

**Quadro 4:** Coeficiente de escoamento superficial de área impermeável

Tipo de superfície	Coeficiente de escoamento superficial para área impermeável Ci	
	Valor Médio	Faixa de Valores
Cimento e asfalto	0,95	0,90 a 0,95
Paralelepípedo	0,60	0,58 a 0,81
Blockets	0,78	0,70 a 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59 a 0,79

Fonte: Tucci, RBRH janeiro/marco do ano 2000, apud Tomaz (2011), pág. 116.

### 2.3.2 Vazão de nascentes

Para realizar a estimativa de vazão de uma nascente existem vários métodos, tais como o método do vertedouro, método do flutuador e método direto (volumétrico). Para este estudo optou-se pelo último devido a sua praticidade e eficiência.

O método consiste na determinação do tempo que se leva para encher um determinado recipiente de volume conhecido. Tucci (1995) aconselha repetir essa abordagem pelo menos três vezes e posteriormente aplicada a média. O método é aconselhável para nascentes de pequenas vazões, recomenda até vazões de 1l/s.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Metodologia**

Este trabalho caracteriza-se por sua finalidade como pesquisa de campo, levando em consideração o local onde os fatos ocorrem, ou seja, o lugar onde se extrai os dados para a realização do estudo. O presente projeto será realizado através da pesquisa bibliográfica dos conceitos drenagem urbana, sua caracterização e métodos para seu dimensionamento.

Para o desenvolvimento do estudo, foram utilizados os softwares como o Autocad, Global Mapper, Plúvio, Google Earth e Excel. Foram realizadas visitas em loco para melhor definição da bacia e caracterização da galeria. Alguns dados foram também fornecidos pela prefeitura municipal de Três Corações, como mapas contento curvas de nível, delimitação das quadras e cotas no cruzamento das ruas e avenidas da região da área de estudo.

#### **3.1.1 Obtenção de dados**

Para a obtenção dos dados referente a bacia de contribuição da galeria em estudo, foram-se necessárias várias visitas para aquisição de dados para o desenvolvimento do projeto. Segundo Botelho (2011, pg. 47) cidades planas, podem tem mais ocorrência de entupimentos de poços de visitas, pelo fato das velocidades de escoamento da água serem menores. Ocasionando assim maiores densidades de poços de visita. Já em cidades com declividades altas esta densidade verifica-se menor. A região em estudo enquadra na segunda situação apresentada, apresentando menores quantidades de poços de visita, trabalhando com mais caixas de passagem. Porém, a quantificação e qualificação de todos os poços de visita da bacia não é objeto de estudo deste trabalho, sendo restrita somente para os poços de visita da galeria principal em estudo. Segundo Botelho (2011, pg. 48) a vazão que ocorre na rede pluvial não é somente em períodos de chuva. Pode-se ocorrer uma descarga inesperada como uma piscina ligada a rede de galeria pluvial, ocasionando o carregamento da pessoa que estiver no local fazendo a limpeza ou inspeção. Por este motivo toda medição foi feita fora do poço de visita da galeria que está sendo analisada.

#### **3.1.2 Área de drenagem da bacia**

Para a delimitação da bacia hidrográfica na primeira etapa foi utilizado em conjunto os softwares Google Earth da empresa Google e Global Mapper da empresa Blue Marble Geographics. No Google Earth é delimitada a área da região a ser estudada, posteriormente exporta este arquivo em formato compatível com o Global Mapper. No Global Mapper possibilita a geração de curvas de nível por imagens de satélite com resolução de 30 m e delimitação da área de contribuição. Pelo fato desta resolução não ser muito próxima do real, foi necessária a utilização de um mapa com curvas mais próximas da realidade. Foi-se feito uma solicitação de um mapa contendo as curvas de nível na secretaria de planejamento da Prefeitura de Três Corações. A secretaria com prontidão disponibilizou um arquivo “dwg” com todas curvas de nível e cotas nos cruzamentos, levantamento que foi feito pela empresa contratada responsável pelo abastecimento de água e recolhimento do esgoto em Três Corações. Reunidos todos estes documentos, foram-se feitas todas visitas em campo para o levantamento de dados da bacia e sua real delimitação pelo caimento das ruas e avenidas com auxílio do AutoCad da empresa AutoDesk para quantificar e desenhar as áreas.

### 3.1.3 Caracterização do solo

Uma vez definida a área de drenagem, foi possível dividi-la com auxílio do Autocad. A divisão tratou de separar a área da seguinte forma:

- a) Edificação residencial simples;
- b) Indústria e;
- c) Vias pavimentadas.

Os valores para os coeficientes de Runoff foram retirados da tabela 6 e do quadro 5, sendo que o resultado final é encontrado com a equação 38.

### 3.1.4 Traçado da rede pluvial existente da galeria a ser estudada

Segundo o SMDU/SP (2012), para os traçados dos projetos de microdrenagem urbana deve-se conter os seguintes tópicos; por exemplo, a rede coletora deve ser lançada em planta baixa na escala de 1:2.000 ou 1:1.000 de acordo com as condições naturais de escoamento superficial, e seguindo as seguintes regras:

Plantas:

Planta de situação e localização dentro do Estado; Planta plani-altimétrica do local (área) do projeto (Escala 1:2000 ou 1:1000); Planta geral da bacia contribuição (Escala 1:5000 ou 1:10000);

a) Cadastro das redes existentes que possam interferir no projeto que será desenvolvido;

Levantamento topográfico;

b) Informações da urbanização da bacia:

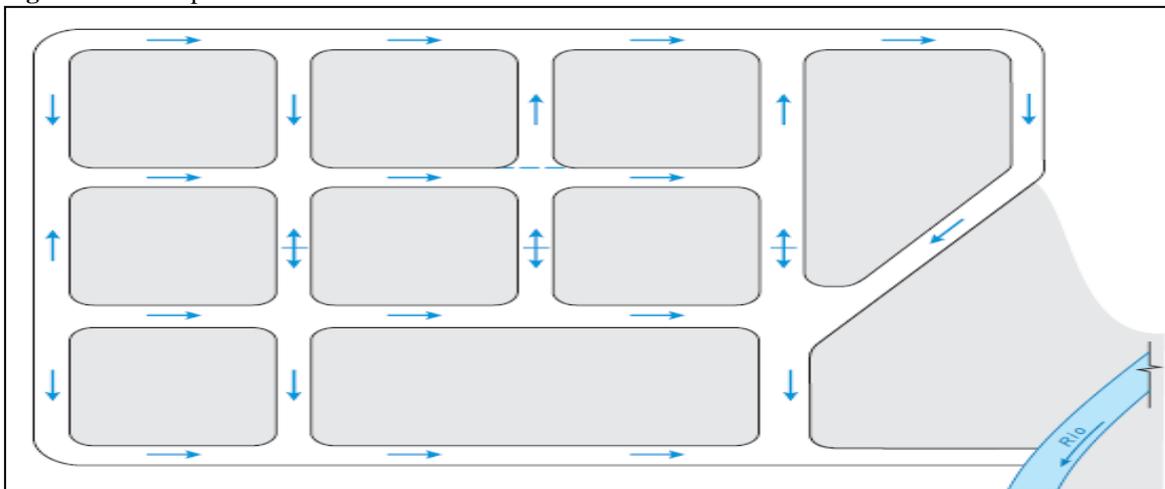
c) Tipos de ocupação (residência, comércio, praças, área verde, etc.); Porcentagem de ocupação dos lotes; ocupação e recobrimento do solo.

d) Dados do curso d'água receptor:

e) Indicação do máximo nível d'água; Levantamento topográfico do local e descarga final.

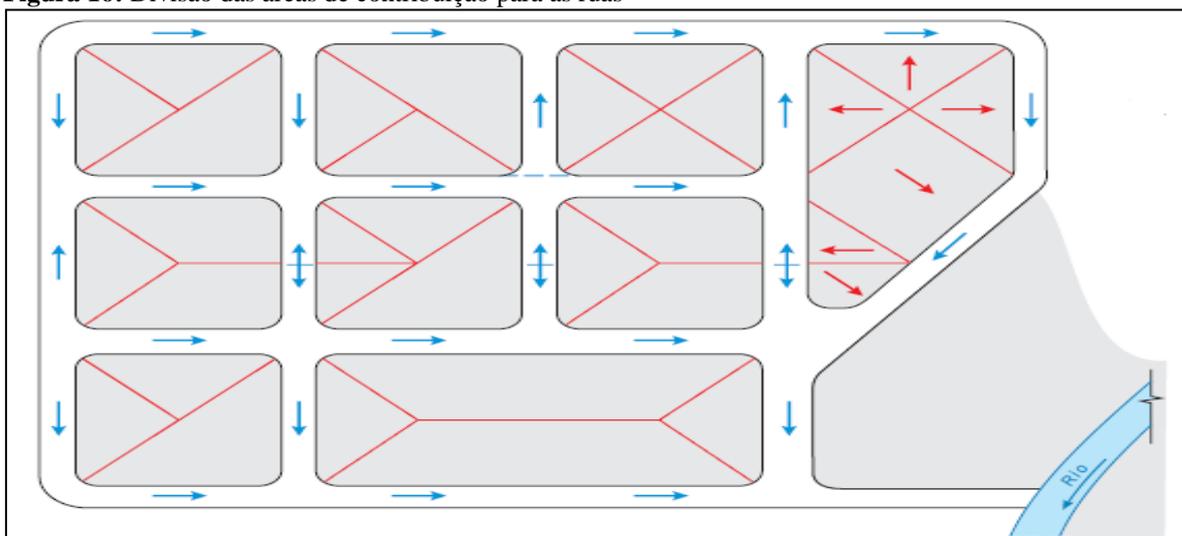
As figuras 15 e 16 apresentam um exemplo de divisão das áreas de contribuição das ruas. Onde o fluxo das águas (em azul) pode ser obtido por visita “in loco” ou através das curvas de nível. No apêndice D, mostra a divisão das áreas de contribuição que foram determinadas com visitas em campo.

**Figura 15:** Exemplo de um levantamento do fluxo das ruas.



Fonte: (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008, p. 47).

Definido o fluxo das ruas é possível dividir as áreas de contribuição conforme figura 33.

**Figura 16:** Divisão das áreas de contribuição para as ruas

Fonte: (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008, p. 47).

### 3.1.5 Intensidade de Chuva

Para obtenção dos dados referentes a intensidade de chuva e precipitação da bacia, foi utilizado o software Plúvio (2006), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O software disponibilizou os coeficientes K, a, b e c; que posteriormente foram aplicadas na equação 27.

### 3.1.6 Tempo de Retorno

O período de retorno é determinado através das análises da ocupação da área e dos impactos em caso de falha do sistema. Esta análise foi feita com o mapa do local, adquirido junto à prefeitura, em mãos e visita in loco para aferição da situação realmente existente. Como a obra é muito importante, o tempo de retorno adotado foi de 10 anos.

### 3.1.7 Tempo de Concentração

O tempo de concentração foi determinado pela análise dos dados da bacia de contribuição definida anteriormente, os dados analisados foram: Comprimento e inclinação do talvegue (distância existente entre o divisor mais distante e a seção estudada) e cobertura vegetal existente na área da bacia de contribuição. Dados que foram aplicados na equação 30.

### 3.1.8 Vazão atual de projeto

Por fim, após o levantamento dos itens anteriores (área de contribuição, precipitação e o coeficiente médio de Runoff); e aplicação do método racional apresentado na equação 27, foi possível obter a vazão pluvial do local.

### 3.1.9 Sarjetas.

Para a verificação da capacidade das sarjetas utilizou-se as equações 01, 02 e 03, os dados complementares foram retirados da tabela 1 e figura 5. Verificou-se também a velocidade nas sarjetas utilizando a equação 04. Todos os dados referentes a declividades e comprimentos foram retirados do apêndice D. Os resultados foram sintetizados no apêndice E e F.

### 3.1.10 Boca de lobo existente.

As bocas-de-lobo foram numeradas, medidas, fotografadas e analisadas quanto a sua condição de funcionamento e posteriormente quantificada sua capacidade de engolimento através das equações 5, 6, 7, 8, 9 e 10 de acordo com sua classificação e de acordo com as tabelas 2 e 3, junto com as figuras 10 e 8. O apêndice B, mostra de forma reduzida estes dados.

### 3.1.11 Verificação da vazão da nascente.

Para realizar a estimativa da vazão da nascente, utilizou-se o método direto (volumétrico), método consiste na determinação do tempo que se leva para encher um determinado recipiente de volume conhecido. Pegou-se um recipiente com capacidade de um litro e durante 5 dias seguidos, foi feita a determinação do tempo que leva para encher este recipiente, repetindo sete vezes o procedimento para cada saída de água, posteriormente fez-se a média de cada medição. Com todos os dados reunidos utilizou-se a equação 17 (equação da continuidade), chegar na vazão final da nascente.

### 3.1.12 Verificação da galeria

Para verificação utilizou-se a equação do raio hidráulico para seções retangulares, retirada da figura 11. Posteriormente aplicou-se a fórmula 15, 16 e 17 para encontrar a vazão que a galeria suporta. Para a verificação do número de Froude utilizou-se a equação 19. Para o cálculo da altura crítica utilizou-se a equação 21, 22 e 23. Para o cálculo da velocidade crítica utilizou-se a equação 24. Para o cálculo da declividade crítica utilizou-se a equação 25. Para o cálculo do número de Vedernikov utilizou-se a equação 26. Para o cálculo do tempo de retorno que a galeria foi dimensionada utilizou-se a equação 27, 28, 29 e 30. Todos estes cálculos foram sintetizados em uma planilha para melhor compreensão.

### 3.2 Materiais

Se compreende como material, o local de estudo, suas limitações, seus dados físicos, ambientais, áreas e estimativas relacionados a cidade ou bacia em análise, além dos problemas existentes no local e análise dos dispositivos hidráulicos presentes no trecho.

#### 3.2.1 A cidade de Três Corações -MG

Localizada as margens da BR 381 (Fernão Dias) e no Sul de Minas Gerais; a cidade de Três Corações fica entre as capitais mineira e paulista, e tem como principais atividades econômicas o cultivo de café, milho e soja, além de atividades industriais, principalmente voltada para a área de componentes automotivos. Conforme os dados do IBGE (2015), apresenta uma população estimativa de aproximadamente 77.921 habitantes (ano de 2015), distribuídos numa área de 828,038 km<sup>2</sup>. Conforme mostra mapa na figura 17.

A cidade pode ser considerada hoje como uma cidade em desenvolvimento conforme informações apresentadas pelo IBGE. Esse desenvolvimento é refletido claramente na sua população conforme mostra a tabela 7.

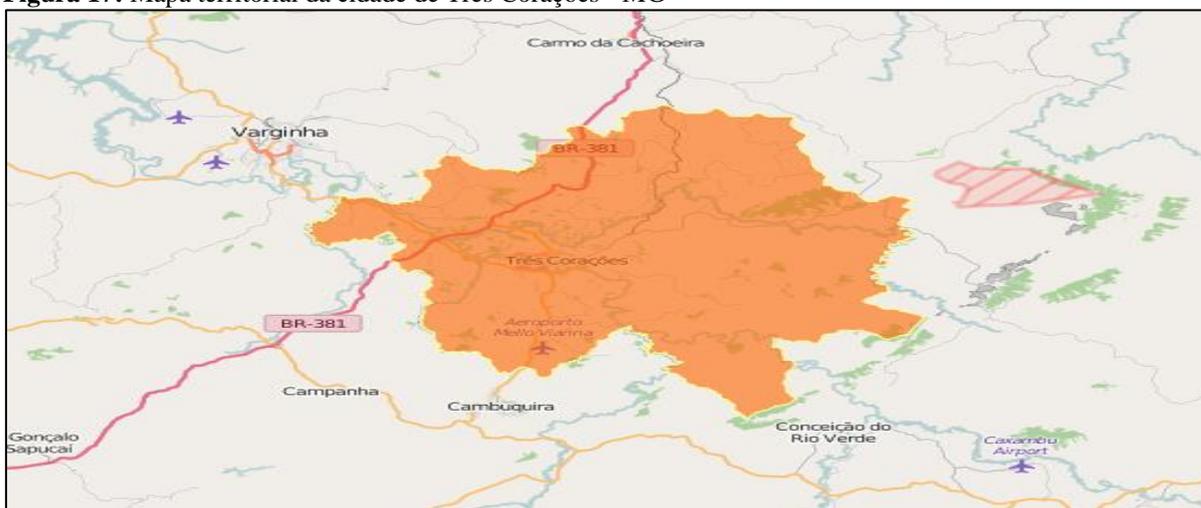
**Tabela 7:** Comparativo da evolução populacional da cidade de Três Corações.

Ano	Três Corações	Minas Gerais	Brasil
1991	57.045	15.743.152	146.825.475
1996	60.550	16.567.989	156.032.944
2000	65.291	17.891.494	169.799.170
2007	71.737	19.273.506	183.987.291
2010	72.765	19.597.330	190.755.799

Fonte: (IBGE, 2010)

A cidade faz fronteira com os municípios de Carmo da Cachoeira, Varginha, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, São Bento Abade, São Tomé das Letras, Campanha e Monsenhor Paulo. E possui suas limitações territoriais conforme figura 17.

**Figura 17:** Mapa territorial da cidade de Três Corações - MG



Fonte: (IBGE, 2017)

### 3.2.2 Análise do local de estudo

O local de estudo encontra-se na região central de Três Corações, local onde se concentra boa parte do comércio e tráfego de veículos da cidade, o que transforma o local em uma das principais áreas da cidade. A região possui um histórico de alagamentos durante as precipitações pluviais intensas e isso causa grandes problemas aos moradores e comerciantes da região, além de travar todo o sistema viário da cidade.

A área em estudo é uma área que possui uma grande ocupação, sendo poucas áreas permeáveis presentes, o que acaba sendo um fator que contribui para o aumento da vazão de escoamento. A figura 18 mostra a localização da área de estudo e a delimitação da bacia de contribuição. A bacia de contribuição que influencia na área de estudo, comporta uma área total de 990295,68 m<sup>2</sup>, algo em torno de 0,9903 Km<sup>2</sup>, e tem suas limitações conforme figura 18.

**Figura 18:** Localização da área de estudo, e a delimitação da bacia hidrográfica.



Fonte: Adaptado de (GoogleEarth, 2017).

### 3.2.3 Problemas em análise

Quando tem uma precipitação maior as galerias não suportam, gerando assim patologias na pavimentação, conforme mostra a figura 19.

**Figura 19:** Cratera aberta na rua Zilda Signorelli Bonesio, no centro de Três Corações.



Fonte: Silva, Tarciso (2017).

O grande problema da área de estudo são os alagamentos frequentes na temporada de chuvas pelo fato da não manutenção das bocas-de-lobo, conforme mostra a figura 20.

**Figura 20:** Alagamento da Avenida. Pref. Orlando Rezende Andrade (A). Boca de lobo entupida (B).



A

B

Fonte: Autor (2017).

### 3.2.4 Bacia de contribuição

Outro fator que influencia na bacia de contribuição é a presença de uma nascente que tem sua vazão captada pelo sistema de drenagem do local. A figura 21 apresenta a nascente que teve sua vazão estimada através do método direto (volumétrico).

**Figura 21:** Local da nascente (A). Recipiente usado para verificar a vazão da nascente (B).



A

B

Fonte: Autor (2017).

Outro aspecto observado in loco foi a presença de algumas sarjetas com vegetação conforme a figura 22, erosões nas sarjetas conforme mostra a figura 23 e algumas boca de lobo entupidas conforme a figura 23.

**Figura 22:** Sarjeta com vegetação.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 23:** Erosão no asfalto por falta de execução da sarjeta(A). Boca de lobo entupida(B).



A

B

Fonte: Autor (2017).

Os dados da bacia estão expressos na tabela 8.

**Tabela 8:** Áreas e suas respectivas porcentagens da bacia de contribuição.

Ocupação	Área (m <sup>2</sup> )	%
Área total da Bacia	990295,6825	100%
Área institucional	0,00	0,00%
Área residencial	723781,3020	73,087%
Área pavimentada	188127,7980	18,997%
Área Passeio	78386,5800	7,916%
Área de Reserva	0,00	0,00%

Fonte: Autor (2017).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Verificação da Vazão da nascente

**Quadro 5:** Verificação da vazão da nascente pelo método direto, primeiro dia.

TEMPO EM SEGUNDOS PARA ENCHER 1 LITRO					
DIA	SAÍDA 01	SAÍDA 02	SAÍDA 03	SAÍDA 04	SAÍDA 05
1	751,35	12,55	103,47	4,96	72,10
	753,56	12,60	108,37	4,68	73,01
	752,46	13,70	105,49	4,97	72,55
	751,88	12,50	105,77	4,60	72,95
	751,72	12,91	106,28	4,86	72,72
	752,50	12,88	106,28	4,86	73,15
	153,05	12,94	107,07	4,70	73,35
MÉDIA	666,65	12,87	106,10	4,80	72,83
VAZÃO (L/S)	0,0015	0,0777087	0,0094247	0,2081475	0,0137301
VAZÃO (L/S) TOTAL					0,310511

Fonte: Autor (2017).

**Quadro 6:** Verificação da vazão da nascente pelo método direto, segundo dia.

TEMPO EM SEGUNDOS PARA ENCHER 1 LITRO					
DIA	SAÍDA 01	SAÍDA 02	SAÍDA 03	SAÍDA 04	SAÍDA 05
2	754,12	13,61	104,53	4,56	72,44
	753,44	12,96	104,81	4,44	72,62
	752,67	13,25	104,98	4,90	73,45
	752,66	13,03	105,05	4,66	72,54
	753,45	13,71	105,21	4,75	72,69
	753,85	13,30	104,90	4,57	73,21
	752,96	13,11	105,15	4,64	72,77
MÉDIA	753,31	13,28	104,75	4,83	72,82
VAZÃO (L/S)	0,0013275	0,0752931	0,0095465	0,2070393	0,013733
VAZÃO (L/S) TOTAL					0,3069395

Fonte: Autor (2017).

**Quadro 7:** Verificação da vazão da nascente pelo método direto, terceiro dia.

TEMPO EM SEGUNDOS PARA ENCHER 1 LITRO					
DIA	SAÍDA 01	SAÍDA 02	SAÍDA 03	SAÍDA 04	SAÍDA 05
3	752,56	13,74	105,45	4,53	71,98
	752,98	13,80	106,20	4,80	72,51
	752,40	13,50	104,82	4,77	72,44
	751,98	12,86	104,75	4,68	72,38
	752,05	13,01	105,08	5,01	72,40
	753,02	12,77	104,56	4,92	72,64
	752,31	12,93	105,61	4,72	72,71
MÉDIA	752,47	13,23	104,66	4,86	70,83
VAZÃO (L/S)	0,001329	0,0755858	0,0095547	0,2057613	0,0141183
VAZÃO (L/S) TOTAL					0,3063491

Fonte: Autor (2017).

**Quadro 8:** Verificação da vazão da nascente pelo método direto, quarto dia.

TEMPO EM SEGUNDOS PARA ENCHER 1 LITRO					
DIA	SAÍDA 01	SAÍDA 02	SAÍDA 03	SAÍDA 04	SAÍDA 05
4	752,01	12,40	104,55	4,88	73,01
	751,96	12,55	105,22	4,79	72,22
	751,45	12,88	104,99	4,91	72,44
	751,33	12,85	104,83	4,59	71,98
	751,77	12,80	105,05	4,65	72,12
	751,60	12,77	105,33	4,78	72,52
	751,55	12,64	104,97	4,61	72,66
MÉDIA	751,67	12,70	104,99	4,74	72,42
VAZÃO (L/S)	0,0013304	0,078749	0,0095246	0,2107799	0,0138081
VAZÃO (L/S) TOTAL					0,3141919

Fonte: Autor (2017).

**Quadro 9:** Verificação da vazão da nascente pelo método direto, quarto dia.

TEMPO EM SEGUNDOS PARA ENCHER 1 LITRO					
DIA	SAÍDA 01	SAÍDA 02	SAÍDA 03	SAÍDA 04	SAÍDA 05
5	752,05	13,10	105,44	4,57	73,02
	752,50	13,02	105,75	4,67	72,97
	752,45	12,98	105,48	4,61	72,90
	752,33	12,95	105,33	4,65	72,89
	752,28	12,88	105,55	4,77	73,01
	752,44	13,15	105,77	4,82	73,10
	752,18	13,03	108,84	4,66	72,85
MÉDIA	752,32	13,02	106,02	4,68	72,96
VAZÃO (L/S)	0,0013292	0,0768302	0,0094319	0,2137405	0,0137056
VAZÃO (L/S) TOTAL					0,3150374

Fonte: Autor (2017).

$$\begin{aligned} \text{Vazão}_{\text{média}} &= \frac{\sum v}{n} = \frac{0,310511 + 0,306939 + 0,306349 + 0,3141919 + 0,3150374}{5} \\ &= 0,31061 \frac{\text{l}}{\text{s}} \end{aligned}$$

## 4.2 Caracterização do escoamento superficial (Coeficiente de Runoff)

Uma vez obtido as áreas existentes na bacia, encontra-se os coeficientes de Runoff definidas no material teórico; conforme a tabela 9 a seguir:

**Tabela 9:** Levantamento final das áreas da bacia e seus coeficientes de Runoff.

Ocupação	Área (m <sup>2</sup> )	%	C
Área total da Bacia	990295,6825	100%	
Área institucional	0,00	0,00%	$\frac{0,60 + 0,70}{2} = 0,65$
Área residencial	723781,3020	73,087%	$\frac{0,70 + 0,95}{2} = 0,825$
Área pavimentada	188127,7980	18,997%	$\frac{0,70 + 0,95}{2} = 0,825$
Área Passeio	78386,5800	7,916%	$\frac{0,70 + 0,95}{2} = 0,825$
Área de Reserva	0,00	0,00%	$\frac{0,05 + 0,20}{2} = 0,125$

Fonte: Autor (2017).

Pode-se aplicar a fórmula de C médio conforme a equação 38.

$$C_{\text{médio}} = \frac{723781,3020 \times 0,825 + 188127,7980 \times 0,825 + 78386,5800 \times 0,825}{723781,3020 + 188127,7980 + 78386,5800}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,825$$

(Equação 32)

## 4.3 Cálculo da intensidade de Chuva

### 4.3.1 Período de Retorno

Para definição do período de retorno ou tempo de retorno, foi feito um estudo com o mesmo variando de **7 a 10 anos**, e também calculando para o tempo de retorno mínimo, ou seja, **2 anos**, conforme explicado na metodologia.

#### 4.3.2 Tempo de Concentração

Já tempo de concentração da bacia foi determinado pela equação 30 de George Ribeiro, que necessitou dos dados referentes ao:

- a) Comprimento do talvegue principal= **1,47066 km**
- b) Porcentagem em decimal de cobertura vegetal = **0**
- c) Declividade média do talvegue principal (m/m).

**Quadro 10:** Declividade Média do Talvegue principal.

Trecho	Cota 01	Cota 02	L (m)	i (m/m)
1	905,00	887,87	147,00	0,1165
2	887,87	885,57	44,44	0,0518
3	885,57	876,58	59,80	0,1503
4	876,58	875,48	58,11	0,0189
5	875,48	869,42	46,24	0,1311
6	869,42	869,21	31,37	0,0067
7	869,21	862,95	47,77	0,1310
8	862,95	859,54	47,99	0,0711
9	859,54	857,78	67,36	0,0261
10	857,78	857,45	34,70	0,0095
11	857,45	855,76	38,18	0,0443
12	855,76	855,05	53,37	0,0133
13	855,05	850,04	185,65	0,0270
14	850,04	849,57	48,99	0,0096
15	849,57	849,22	30,78	0,0114
16	849,22	843,96	79,38	0,0663
17	843,96	842,60	78,53	0,0173
18	841,545	838,31	101,37	0,0319
19	838,31	836,87	71,06	0,0203
20	836,87	836,10	112,48	0,0068

21	836,10	835,84	51,20	0,0051
22	835,84	835,10	34,89	0,0212
$x = \frac{\sum x}{n}$				0,0449

Fonte: Autor (2017).

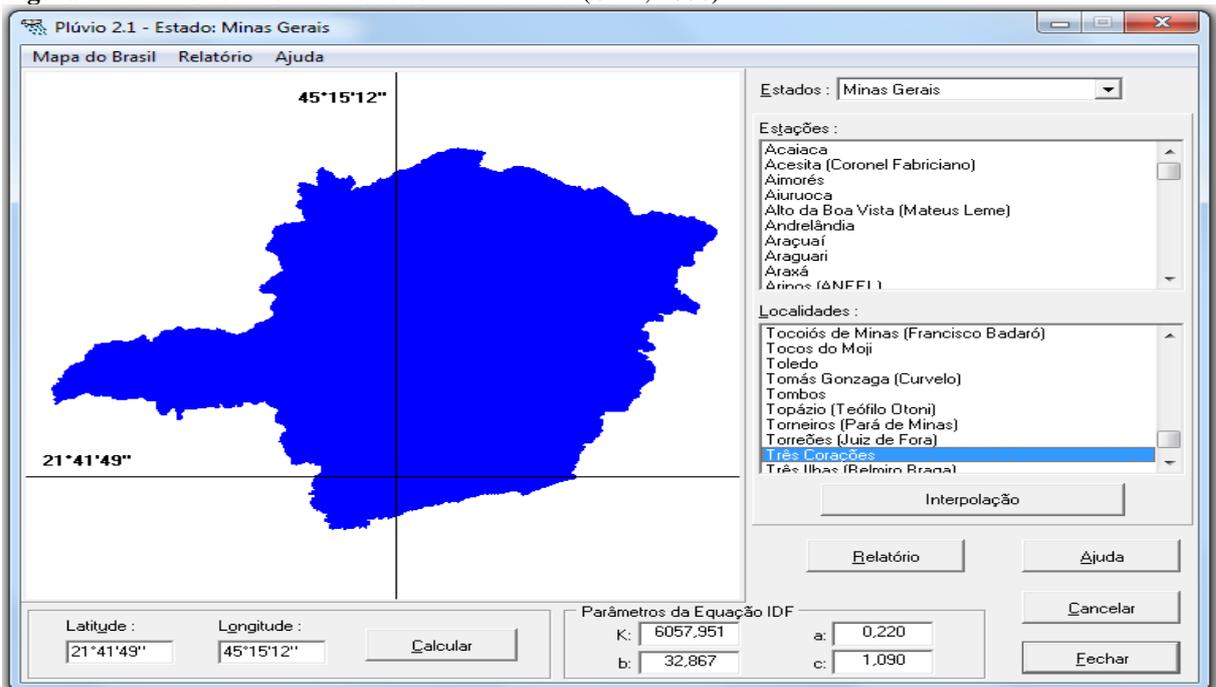
$$t_c = \left[ \frac{16 * 1,47066}{(1,05 - 0,2 * 0,0). (100 * 0,0449)^{0,04}} \right] + 10$$

$$t_c = 31,1037 \text{ min}$$

(Equação 30)

Por fim, foi necessária consulta ao software Plúvio (2006), conforme mencionado anteriormente. Que disponibilizou os coeficientes necessários para cálculo da equação 30, como mostra a figura 25.

**Figura 24:** Dados obtidos através do software Plúvio (UFV, 2006)



Fonte: Plúvio (2006).

**Para  $T_r = 2$  anos:**

$$I_m = \frac{6057,95 \times 2^{0,220}}{(31,1037 + 32,867)^{1,09}}$$

$$I_m = 75,863 \text{ mm/h}$$

(Equação 29)

Aplicou-se a mesma fórmula para 10 anos, para verificar a variação da intensidade da chuva, variando o tempo de retorno:

Para Tr de **10 anos**,  $I_m = 108,10$  mm/h.

Para a verificação da galeria utilizou-se um período de retorno variando de 2 anos e 10 anos e também foi calculada para o tempo de retorno mínimo, para fazer uma análise de como a vazão se comporta com determinados tempos de retorno. Mas, como a galeria é uma obra importante, com alto custo pela sua extensão e nível de interferência nesta região, optou-se pelo período de retorno de 10 anos.

#### 4.4 Vazão de projeto

Por fim, após definido a área de contribuição, o coeficiente escoamento (Runoff) médio da bacia e a Intensidade de chuva do local. Foi possível utilizar o método racional descrito na equação 26.

Para Tr de **2 anos**:

$$Q = (0,825 \times 75,863 \times A) / (1000 * 3600)$$

$$Q = 1,7385 \times 10^{-5} * A$$

(Equação 27)

Exemplo de cálculo para o trecho 184-CT,  $i = 0,0942$ , margem a esquerda:

$$Q = 1,7385 \times 10^{-5} * 990295,68 = 17,2167 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 27)

Aplicou-se a mesma fórmula para 10 anos, para verificar a variação da vazão, variando o tempo de retorno:

Para Tr de 10 anos,  $Q = 2,4772 \times 10^{-5} * 990295,68 = 24,5314 \text{ m}^3/\text{s}$

Os trechos restantes estão no apêndice E.

Analisando dos resultados obtidos com base no referencial teórico, a galeria apresenta uma área de contribuição consideravelmente grande, mas, dentro dos limites do método racional. A vazão final da bacia é alta, pelo fato de a grande maioria da bacia ser pavimentada, não tendo áreas com escoamento natural que aumentariam o tempo de concentração. O tempo de concentração pelo método cinemático apresentou um pouco menos da metade pela equação proposta por George Ribeiro, sendo que, a equação do método cinemático detalha de forma próximo do real como o escoamento superficial é feito na bacia. Como a bacia de contribuição da galeria é quase totalmente canalizada, o tempo de concentração diminui muito. Mas, mesmo assim, faz-se necessário um estudo melhor das perdas de cargas nos pontos de vistoria e caixa de passagem, pois, este tempo pode aumentar sabendo o quanto de velocidade eles retém. Estudos em laboratórios sobre a real capacidade de absorção dos pavimentos também poderia influenciar na vazão final. Pode-se perceber também, que ao fazer o cálculo de incerteza do método racional proposta por Tomaz (2011), a vazão pode diminuir muito ou aumentar substancialmente, decorrente dos possíveis erros que se pode cometer ao caracterizar de forma errônea a bacia de contribuição.

A escolha do tempo de retorna interfere na vazão de projeto, pois, as variáveis como a área de contribuição, as características da bacia de contribuição (impermeabilidade e escoamento), permite pouca alteração do projetista, como por exemplo, prever a pavimentação de um determinado trecho ou a troca de pavimentos. A intensidade da chuva, por sua vez, está relacionada com o tempo de retorno, podendo ser alterada pelo projetista com mais facilidade, mas, observando os limites mínimos de tempo de retorno para as obras. A avaliação incorreta do período de retorno pode trazer impactos financeiros ou de segurança para os moradores da região onde os sistemas de drenagem são implantados.

#### **4.5 Verificação da capacidade da sarjeta**

Quando a vazão calculada é maior que a de transporte das sarjetas, se faz necessário a colocação de bocas de lobo para que diminua o fluxo superficial. Para este estudo foi encontrado uma altura de meio fio de 15 cm, largura da sarjeta de 40 cm. O material da sarjeta é de concreto rugoso com pavimento de asfalto ( $\eta = 0,015$ ). A declividade transversal das ruas de 1,5%, avenidas 1,5% e sarjeta de 2,5%.

Exemplo de cálculo para o trecho 9 -37,  $i = 0,0919$ , margem a esquerda:

$$y_1 = (15 * 0,80) - (0,025 * 40,00) = 11,00\text{cm}$$

(Equação 02)

$$Z_1 = \frac{1}{0,025} = 40$$

$$Z_1 = \frac{1}{0,015} = 66,67$$

$$Q_{st} = 0,375 \times \left( \frac{40}{0,015} \times 0,12^{\frac{8}{3}} - \frac{40}{0,015} \times 0,11^{\frac{8}{3}} + \frac{66,67}{0,015} \times 0,11^{\frac{8}{3}} \right) \times i^{0,5}$$

$$Q_{st} = 5,3553 \times i^{0,5}$$

(Equação 01)

$$q_{sreal} = 5,3553 \times 0,0919^{0,5} \times 0,80 = 1,2989 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

(Equação 03)

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

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

Verificação da velocidade na sarjeta conforme a equação de Izard:

$$V = 0,958 * \frac{1}{\left(\frac{1}{0,025}\right)^{\frac{1}{4}}} * \left(\frac{0,0919^{\frac{1}{2}}}{0,015}\right)^{\frac{3}{4}} * 1,2989^{\frac{1}{4}} = 3,8765\text{m/s}$$

(Equação 04)

Os trechos restantes estão no apêndice E e F.

Observou-se que mesmo variando o período de retorno, as sarjetas têm capacidade de conduzir, a água na maior parte da bacia, pelo motivo das ruas e avenidas terem boa declividade. Mas, esta capacidade pode ser enganosa, pois, as declividades da rua e sarjetas estão muito próximas, fazendo com que a faixa de alagamento da rua seja maior, ocasionando a invasão da água na via. Verificou-se também que as velocidades nas sarjetas em alguns

pontos se encontram altas, ocasionando pequenas erosões nas juntas pavimentação/sarjeta e sarjeta/meio fio, mas a maioria encontra-se abaixo da faixa máxima sugerida por Diogo e Sciammarella. Nos 364 trechos com sarjeta, 337 trechos se encontram com a velocidade abaixo de 5 m/s, ou seja, representa 90,11% do total de trechos, mas, 37 trechos apresentam velocidade acima da máxima permitida, representando 9,89%. No trecho mostrado na figura 23, a velocidade é de 5,8799 m/s, acima da velocidade máxima permitida para sarjetas feitas de concreto, ocasionando pequenas erosões.

#### 4.6 Capacidade Boca de lobo

Na área de contribuição existem no total 374 bocas de lobo. Sendo 299 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 79,95% do total, 2 múltipla de ponto baixo representando 0,53% do total, e uma de guia de ponto baixo representando 0,27% do total. A altura do meio fio acima delas é de 0,15 cm. Portanto com estas informações; é possível utilizar a equação 05 e conhecer sua capacidade de engolimento.

a)  $h = 15$  (Sem depressão);

b)  $y$ : altura de água próxima à abertura na guia, em m;  $15 - 5 = 10 \text{ cm} + (40 * 0,025) = 11,00 \text{ cm}$

c) Fator de reducao de 50%, boca de lobo de grelha em ponto baixo.

Boca de Lobo 60x40:

$$Q = 1,7.2,00. 0,11^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,124 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,124 * 0,50 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 05)

Boca de Lobo 80x40:

$$Q = 1,7.2,40. 0,11^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,1488 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,1488 * 0,50 = 0,0744 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 05)

Boca de Lobo 90x40:

$$Q = 1,7.2,60.0,11^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,1612 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,1612 * 0,50 = 0,0806 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 05)

Boca de Lobo 120x40:

$$Q = 1,7.3,20.0,11^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,1985 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,1985 * 0,50 = 0,0992 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 05)

Boca de Lobo 1,66x40:

$$Q = 1,7.4,12.0,11^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,2555 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,2555 * 0,50 = 0,1278 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 05)

Boca de lobo, de grelha em pontos intermediários.

Nesta área tem 72 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja 19,25% do total. A altura do meio fio acima delas é de 0,15 cm. Portanto, com estas informações é possível utilizar a equação 08 e 09 para conhecer sua capacidade de engolimento. O coeficiente K foi retirado do quadro 3.

Boca de Lobo 0,60x40:

$$\frac{Q}{2,00} = (0,20 + 0) * 0,11 * \sqrt{9,81 * 0,11}$$

$$\frac{Q}{2,00} = 0,0263$$

$$Q = 0,0457 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0457 * 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 09)

Boca de Lobo 0,90x40:

$$\frac{Q}{2,60} = (0,20 + 0) * 0,11 * \sqrt{9,81 * 0,11}$$

$$\frac{Q}{2,60} = 0,0228$$

$$Q = 0,0594 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0594 * 0,60 = 0,0356 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 09)

Boca de Lobo 1,20x40:

$$\frac{Q}{3,20} = (0,20 + 0) * 0,11 * \sqrt{9,81 * 0,11}$$

$$\frac{Q}{3,20} = 0,0228$$

$$Q = 0,0730 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0730 * 0,60 = 0,0438 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 09)

Boca de Lobo 1,20x80:

$$\frac{Q}{4,00} = (0,20 + 0) * 0,11 * \sqrt{9,81 * 0,11}$$

$$\frac{Q}{4,00} = 0,0228$$

$$Q = 0,0912 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0912 * 0,60 = 0,0547 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 09)

Portanto, a vazão de capacidade de engolimento de cada boca de lobo existente no local é para sua localização em ponto baixo em m<sup>3</sup>/s, em ponto intermediário e ponto baixo foi calculada, tendo 50% de sua vazão reduzida para boca de lobo em pontos baixos, 40% para pontos intermediários levando em consideração a depreciação da eficiência por falta de manutenção e limpeza.

Boca de lobo, de guia em pontos baixos.

Na área de contribuição; existem 1 bocas de lobo tipo guia de ponto baixo (redução de 20%); com as dimensões de 0,80 x0,10 metros.

$$\frac{Q}{L} = (K + C) * Y * \sqrt{g * Y}$$

(Equação 09)

$$\frac{Q}{0,80} = (0,20 + 0) * 0,11 * \sqrt{9,81 * 0,11}$$

$$\frac{Q}{0,80} = 0,0228$$

$$Q = 0,0183 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0183 * 0,80 = 0,0146 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 09)

Verificou-se que 20,32% das bocas de lobo da bacia estavam entupidas, representando 76 bocas-de-lobo, grande parte em pontos altos da bacia. Como a maioria das bocas-de-lobo tinha a dimensão 60x40, a capacidade de engolimento é de 0,0620 em pontos baixos e de 0,0263 em pontos intermediários, elas se sobrecarregam com o mal funcionamento das bocas-de-lobo que ficam acima. Por este motivo há incidência enxurrada em pontos baixos, onde a quantidade de dispositivos de captação da vazão se verifica menor.

#### 4.7 Verificação da galeria de seção retangular

Verificação da galeria no trecho 13 -14;

Área de contribuição = 869718,86 m<sup>2</sup>

Vazão = 21,5490 m<sup>3</sup>/s

S = 0,0202 m/m

n = 0,015

Galeria de 2,00x1,40 m

a) Cálculo da velocidade na galeria.

Considerando 80% da altura:

$$Rh = \frac{2,00 * 1,12}{2,00 + 2 * 1,12} = 0,5283\text{m}$$

$$V = 0,015^{-1} \cdot 0,5283^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0202^{\frac{1}{2}} = 6,1893 \text{ m/s}$$

(Equação 16)

b) Cálculo da vazão que a galeria suporta.

$$V = \frac{Q}{2,24}$$

(Equação 17)

$$\frac{Q}{2,24} = \frac{0,5283^{\frac{2}{3}} * 0,0202^{\frac{1}{2}}}{0,015} = 13,8639 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 16)

c) Cálculo da altura crítica.

Para o cálculo da altura crítica utilizou-se a equação 21 e 22.

$$y = \frac{21,5490^2}{9,81} = 47,33$$

(Equação 21)

$$y_c = \left( \frac{47,33}{2,0^2} \right)^{0,33} = 2,26\text{m}$$

(Equação 22)

d) Cálculo da velocidade crítica:

Para o cálculo da velocidade crítica utilizou-se a equação 24.

$$V_c = \left( 9,81 * \frac{4,56}{2,00} \right)^{0,5} = 4,7293\text{m/s}$$

(Equação 24)

e) Cálculo da declividade crítica.

Para o cálculo da declividade crítica utilizou-se a equação 25.

$$S_c = \frac{4,7293}{\left( \frac{1}{0,015} * 0,6951^{\frac{2}{3}} \right)} = 0,0904\text{m/m}$$

(Equação 25)

f) Cálculo do número de Froude.

Para o cálculo do número de Froude utilizou-se a equação 19.

$$F_r = \frac{6,1893}{\left( 9,81 * \frac{2,24}{2,00} \right)^{0,5}} = 1,8672$$

(Equação 19)

Como  $F_r > 1$  , ou seja,  $1,8672 > 1$ , a galeria está trabalhando no regime torrencial ou rápido.

g) Cálculo do número de Vedernikov:

Para o cálculo do número de Vedernikov utilizou-se a equação 26.

$$V_e = \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{2,00}{2,00 + 2 * 1,12} * 1,8672 = 0,5872$$

(Equação 26)

Como  $V_e < 1$  , ou seja,  $0,58 < 1$ , a galeria é estável sem formação de ondas.

h) Verificação do tempo de retorno que a galeria foi dimensionada:

Para o desenvolvimento do cálculo utilizou-se os coeficientes de escoamento do quadro 5, utilizando como pavimento o paralelepípedo, ou seja, a situação da bacia anteriormente.

$$13,8639 = \frac{0,7644 \times i \times 830298,6690}{(1000 * 3600)} = 78,6383 \text{ mm/h}$$

(Equação 27)

Encontrando Tempo de retorno em anos que a galeria foi dimensionada:

$$78,6383 = \frac{6057,95 \times T_r^{0,220}}{(31,1037 + 32,867)^{1,09}}$$

$$\mathbf{T_r = 2,3548 \text{ anos}}$$

(Equação 30)

Para melhor compreensão foi elaborado o quadro a seguir com todas as verificações juntas para todos os trechos da galeria, pela equação do tempo de concentração de George Ribeiro.

**Quadro 11:** Análises da galeria principal pela fórmula de concentração de George Ribeiro.

TRECHO	COTA A MONTANTE (m)	COTA A JUSANTE (m)	L (m)	i (m/m)	BASE (m)	ALTURA (m)	80% ALTURA (m)	Rh (m)	ÁREA MOLHADA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDADE (m/s)
1-2	858,0540	857,3400	30,0000	0,0238	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	6,7213
2-3	857,3400	855,5800	67,3600	0,0261	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	7,0424
3-4	855,5800	855,2500	34,7000	0,0095	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	4,2487
4-5	855,2500	853,5600	38,1800	0,0443	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	9,1662
5-6	853,5600	852,8500	53,3700	0,0133	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	5,0251
6-7	852,8500	847,8400	185,6500	0,0270	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	7,1571
7-8	847,8400	847,3700	48,9900	0,0096	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	4,2674
8-9	847,3700	847,0200	30,7800	0,0114	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	4,6458
9-10	847,0200	840,9100	79,3800	0,0770	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	12,0873
10-11	840,9100	839,5500	78,5300	0,0173	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	5,7334
11-12	839,5500	835,2600	101,3700	0,0423	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	8,9627
12-13	835,2600	832,8700	71,0600	0,0336	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	7,9901
13-14	832,8700	830,6000	112,4800	0,0202	2,0000	1,4000	1,1200	0,5283	2,2400	6,1893
14-15	830,6000	830,3400	51,2000	0,0051	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,4371
15-16	830,3400	829,6000	34,8900	0,0212	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	7,0243
TRECHO	ÁREA DE CONTRIBUICAO (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s) - ATUAL	Q (m <sup>3</sup> /s) - DE PROJETO	Yc (m)	Vc (m/s)	Sc (m/m)	Fr	Ve	INTENSIDADE DE CHUVA (mm/h)	Tr (anos)
1-2	4905,0500	0,1215	15,0557	0,0741	0,8527	0,0760	2,0277	0,6376	14455,6757	4,62E+10
2-3	236858,6650	5,8686	15,7749	0,9579	3,0654	0,0741	2,1246	0,6681	313,6602	1267,5593
3-4	249337,6120	6,1778	9,5171	0,9909	3,1178	0,0745	1,2818	0,4031	179,7620	100,9374
4-5	257055,6612	6,3691	20,5323	1,0110	3,1493	0,0747	2,7653	0,8696	376,1764	2895,6829
5-6	426280,0600	10,5619	11,2562	1,4117	3,7214	0,0798	1,5160	0,4767	124,3595	18,9101
6-7	426280,0600	10,5619	16,0318	1,4117	3,7214	0,0798	2,1592	0,6790	177,1209	94,3699
7-8	426280,0600	10,5619	9,5589	1,4117	3,7214	0,0798	1,2874	0,4048	105,6072	8,9957
8-9	426280,0600	10,5619	10,4067	1,4117	3,7214	0,0798	1,4016	0,4408	114,9736	13,2367
9-10	494792,7975	12,2595	27,0755	1,5576	3,9090	0,0816	3,6466	1,1467	257,7122	518,9559
10-11	494792,7975	12,2595	12,8429	1,5576	3,9090	0,0816	1,7297	0,5439	122,2423	17,4903
11-12	757610,0242	18,7713	20,0764	2,0634	4,4991	0,0878	2,7039	0,8503	124,8020	19,2179
12-13	757610,0242	18,7713	17,8977	2,0634	4,4991	0,0878	2,4105	0,7580	111,2587	11,4010
13-14	830298,6690	20,5723	13,8639	2,1920	4,6372	0,0894	1,8672	0,5872	78,6383	2,3548
14-15	847323,1990	20,9941	10,9987	2,2215	4,6683	0,0897	0,8676	0,2225	61,1328	0,7496
15-16	990295,6800	24,5366	22,4779	2,4623	4,9148	0,0925	1,7730	0,4546	106,8986	9,5066

Fonte: Autor (2017).

Ao verificar as velocidades da galeria, 11 dos quinze trechos a velocidade está acima do limite recomendado. Devido as grandes declividades, 10 dos 15 trechos, apresentou capacidade de conduzir a vazão, porém, em alguns trechos a diferença das vazões foram muito grandes.

Observou-se também que a galeria existente apresenta regime torrencial ou rápido ao observar o número de Froude, sendo que, somente no trecho 14-15 o regime de escoamento está lento, devido ao freio hidráulico existente neste ponto, onde há uma mudança drástica da declividade. Ao analisar o número de Vedernikov, a galeria apresentou-se estável, apresentando escoamento instável somente no trecho 9-10, onde se verifica uma diferença muito grande da vazão de projeto com a vazão que a galeria realmente suporta. Observou-se também que ao diminuir ou aumentar a altura útil de lâmina d'água os cálculos sofrem modificações consideráveis, dificultando o cálculo do tempo de retorno em que a galeria foi calculada. Outro fator de grande influência é a real situação da área de contribuição da galeria para o ano em que ela foi projetada.

Analisando as informações coletados sobre o local de estudo e fazendo as verificações necessárias é possível identificar vários problemas presentes na região. Por se tratar de uma das primeiras áreas a serem urbanizadas na cidade, o projeto de microdrenagem possivelmente foi desenvolvido sem considerar o crescimento da densidade populacional, o que reduziu consideravelmente as áreas de infiltração e potencializou a demanda de escoamento superficial.

Apesar de conter um sistema de microdrenagem completo no local, disposto por sarjetas, boca de lobo e galeria, nota-se que o funcionamento do dispositivo se condiciona as condições de conservação dos mecanismos e a capacidade de transporte da tubulação. Em situações em que as sarjetas e bocas de lobo se encontram sem obstruções, em chuvas de menor intensidade, o sistema consegue cumprir sua função. Porém, em situação contrária, em que os mecanismos se ligam a trechos da galeria que não possuem capacidade de transporte suficiente, o sistema falha e potencializa os problemas da precipitação pluvial.

Tendo e vista que a galeria possui falha no dimensionamento em praticamente toda sua extensão e que seu traçado passa por baixo de diversas edificações, entende-se que qualquer obra no local seria de grande impacto e poderia oferecer riscos a população e suas propriedades.

Portanto, a intervenção adequada para o local em estudo é a criação de um novo traçado desta galeria, o qual deverá desviar das edificações e oferecer condições de implantação de poços de visita para inspeção e manutenção da rede. Contudo, além da

mudança do traçado, será necessário um novo dimensionamento afim de garantir que a galeria seja capaz de conduzir esse fluído por toda a sua extensão, além da criação de um plano de limpeza e inspeção dos dispositivos para garantir a eficiência do sistema durante toda a sua vida útil.

## **5 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS QUE SE INTERLIGAM NA GALERIA EM ESTUDO**

### **5.1 Dimensionamento das bocas de lobo**

Na área de contribuição existem no total 374 bocas de lobos distribuídas, mas, ao somar a capacidade de engolimento de cada uma tem-se um total de 21,6136 m<sup>3</sup>/s, porém a vazão de chuva na bacia é de 24,53 m<sup>3</sup>/s, portanto, verifica-se um déficit de 2,9164 m<sup>3</sup>/s, na captação da água precipitada sobre a área de contribuição da galeria em análise. Faz-se necessário encontrar os pontos onde a vazão excedente não é levada para a tubulação, ocasionando assim acúmulo de água e enxurradas nas ruas. Para a localização destes pontos críticos, onde a quantidade de bocas de lobos é insuficiente, utilizou-se o mapa do **Apêndice H**, dividindo em áreas onde um determinado conjunto de bocas de lobo são responsáveis pelo esgotamento da água da área em que elas estão localizadas. Foram encontradas 13 (treze) áreas e posteriormente a quantidade de bocas de lobo responsáveis pela captação da água que leva para tubulação até a galeria principal. Todas as bocas de lobo a serem acrescentadas serão localizadas em pontos baixos, onde se encontram próximas da galeria em análise, também será padronizada as dimensões das bocas de lobo, tendo sua dimensão de 0,50 x 1,00, 0,50 x 1,20 e 0,50 x 1,50. Houve-se a necessidade de trocar todas as bocas de lobos que hoje se encontra interligada a galeria, modificando sua posição e a troca das suas dimensões para a dimensão padrão adotada.

Todo o detalhamento de cálculos está no a

### **5.2 Dimensionamento das bocas de lobos em sua área de captação**

Para melhor entendimento, foi-se elaborado o quadro 12 com as bocas de lobos encarregadas de captar a vazão da chuva em sua localização. Com a criação deste quadro facilitará encontrar os pontos onde há um déficit de engolimento. Ao analisar este quadro

observa-se uma certa padronização de bocas de lobos ali existente, sendo em sua grande maioria a dimensão 0,40x0,60.

**Quadro 12:** Descritivo das bocas existentes e sua área de captação.

DIMENSÃO	BOCA DE LOBO EXISTENTE								
	PONTO BAIXO				PONTO INTERMEDIÁRIO				
	0,40X1,20	0,40X0,60	0,40X1,65	0,40X0,90	0,40X1,20	0,40X0,60	0,80X1,20	0,40X0,90	0,40X1,00
A1	1	45	5		3	11	1		
A2		3				1			
A3		2				2			
A4		16				7			
A5		7							
A6		7							
A7		38		1		16		1	
A8		17							
A9		14				5			
A10		39			1	16			1
A11		40				2			
A12		34				25			
A13					2				
A14	2								

Fonte: Autor (2017).

O quadro 13 demonstra a quantidade de bocas de lobo que deverão ser trocadas suas dimensões e realocadas em função dos cálculos e mudança do traçado da galeria.

**Quadro 13:** Relação de bocas de lobos modificadas com a readequação da galeria.

DIMENSÃO	BOCA DE LOBO COM DIMENSÃO MODIFICADA							
	PONTO BAIXO						PONTO INTERMEDIÁRIO	
	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	DUPLA		SIMPLES	
	0,50X1,00	0,50X1,20	0,50X1,50	0,50X1,00	0,50X1,00	0,50X1,50	0,50X1,00	0,50X1,50
A1			16					
A2								
A3								
A4								
A5								
A6								
A7								
A8								
A9								
A10								
A11								
A12	6		4					
A13								
A14								
JUNTO A GALERIA	14						6	

Fonte: Autor (2017)

O quadro 14 demonstra a relação de bocas de lobos que devem ser adicionadas para alcançar o objetivo inicial que consiste na captação total da água da chuva na bacia de contribuição da galeria.

**Quadro 14:** Relação de bocas de lobos adicionais para a captação total da vazão da área de estudo.

DIMENSÃO	BOCA DE LOBO ADICIONAL							
	PONTO BAIXO							
	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	SIMPLES	DUPLA		TRIPLA	
	0,50X1,00	0,50X1,20	0,50X1,50	0,50X1,00	0,50X1,00 (2x)	0,50X1,50 (2x)	0,50X1,00 (3x)	0,50X1,50 (3x)
A1						1		
A2								
A3								
A4	1					1		
A5								
A6								
A7								
A8	1				1			
A9	1				1			
A10	1					1		
A11								
A12	4							5
A13			1					
A14								

Fonte: Autor (2017).

O quadro 14 demonstra a relação de bocas de lobos que devem ser adicionadas para alcançar o objetivo inicial que consiste na captação total da água da chuva na bacia de contribuição da galeria. Este quadro evidencia novamente a causa dos alagamentos a na Av. Desembargador Alberto Luz, pela falta de bocas de lobos na avenida e a deficiência da captação nos pontos mais altos da bacia que necessitavam de mais bocas de lobos e a troca de suas dimensões. Todos os detalhes técnicos referentes as novas bocas de lobos estão no **Apêndice I**, já o memorial descritivo encontra-se no **Apêndice F** e o memorial de cálculo no **Apêndice G**, que também estão os cálculos das galerias de seção circular.

O quadro 15 representa o dimensionamento da galeria de seção retangular, em que a velocidade foi regularizada, mantendo abaixo do limite de 5m/s. Vale ressaltar que para o dimensionamento foi considerado somente 80% da altura da aduela, estabelecendo assim como conduto livre. Outro aspecto importante empregado nos cálculos foi manter o regime de escoamento fluvial ou lento, analisando o número de Froude. A declividade foi um fator muito importante no dimensionamento, pois, esta influência bastante na capacidade da galeria bem como no regime de escoamento. Portanto, por fim, se estabeleceu uma declividade

padrão para garantir que todos estes fatores estivessem de acordo com os seus limites estabelecidos na literatura.

Nos trechos iniciais observa-se que a vazão que a nova seção suporta é o dobro da vazão de projeto, mas, não foi um superdimensionamento, a seção foi adotada pelo fato dos fabricantes nas localidades mais próximas trabalham com esta seção como mínima no caso da aplicação de pré-moldados na execução da obra. Por fim, outro aspecto importante foi que, na maioria dos trechos a galeria ficou dimensionada com um tempo de retorno próximo ao dobro estabelecido inicialmente, pois, ao manter a velocidade dentro dos limites e o regime de escoamento elevou-se o tempo de recorrência da galeria durante os cálculos. Todos os detalhes técnicos referentes a nova galeria estão no **Apêndice I**, já o memorial descritivo encontra-se no **Apêndice F**.

Quadro 15: Readequação da galeria principal.

TRECHO	COTA A MONTANTE (m)	COTA A JUSANTE (m)	L (m)	i (m/m)	BASE (m)	ALTURA (m)	80% ALTURA (m)	Rh (m)	ÁREA MOLHADA (m <sup>2</sup> )	VELOCIDADE (m/s)
1-2	858,0540	857,3400	30,0000	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
2-3	857,3400	855,5800	67,3600	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
3-4	855,5800	855,2500	34,7000	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
4-5	855,2500	853,5600	38,1800	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
5-6	853,5600	852,8500	53,3700	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
6-7	852,8500	847,8400	185,6500	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
7-8	847,8400	847,3700	48,9900	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
8-9	847,3700	847,0200	30,7800	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
9-10	847,0200	840,9100	79,3800	0,0063	2,0000	2,0000	1,6000	0,6154	3,2000	3,8283
10-11	840,9100	839,5500	78,5300	0,0063	2,5000	2,5000	2,0000	0,7692	5,0000	4,4424
11-12	839,5500	835,2600	101,3700	0,0063	2,5000	2,5000	2,0000	0,7692	5,0000	4,4424
12-13	835,2600	832,8700	71,0600	0,0063	2,5000	2,5000	2,0000	0,7692	5,0000	4,4424
13-14	832,8700	830,6000	112,4800	0,0063	2,5000	2,5000	2,0000	0,7692	5,0000	4,4424
14-15	830,6000	830,3400	51,2000	0,0063	2,5000	3,0000	2,4000	0,8219	6,0000	4,6430
15-16	830,3400	829,6000	34,8900	0,0063	2,5000	3,0000	2,4000	0,8219	6,0000	4,6430
TRECHO	ÁREA DE CONTRIBUICA O (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s) - ATUAL	Q (m <sup>3</sup> /s) - DE PROJETO	Yc (m)	Vc (m/s)	Sc (m/m)	Fr	Ve	INTENSIDADE DE CHUVA (mm/h)	Tr (anos)
1-2	4905,0500	0,1215	12,2507	0,0741	0,8527	0,0760	0,97	0,2478	10898,4616	1,28E+10
2-3	236858,6650	5,8686	12,2507	0,9579	3,0654	0,0741	0,97	0,2478	225,6937	283,9494
3-4	249337,6120	6,1778	12,2507	0,9909	3,1178	0,0745	0,97	0,2478	214,3981	224,8454
4-5	257055,6612	6,3691	12,2507	1,0110	3,1493	0,0747	0,97	0,2478	207,9608	195,7515
5-6	426280,0600	10,5619	12,2507	1,4117	3,7214	0,0798	0,97	0,2478	125,4046	19,6433
6-7	426280,0600	10,5619	12,2507	1,4117	3,7214	0,0798	0,97	0,2478	125,4046	19,6433
7-8	426280,0600	10,5619	12,2507	1,4117	3,7214	0,0798	0,97	0,2478	125,4046	19,6433
8-9	426280,0600	10,5619	12,2507	1,4117	3,7214	0,0798	0,97	0,2478	125,4046	19,6433
9-10	423469,9000	10,4923	12,2507	1,4055	3,7133	0,0797	0,97	0,2478	126,2368	20,2428
10-11	757610,0242	18,7713	22,2120	1,7808	4,1797	0,0770	1,00	0,2572	127,9351	21,5105
11-12	757610,0242	18,7713	22,2120	1,7808	4,1797	0,0770	1,00	0,2572	127,9351	21,5105
12-13	757610,0242	18,7713	22,2120	1,7808	4,1797	0,0770	1,00	0,2572	127,9351	21,5105
13-14	830298,6690	20,5723	22,2120	1,8918	4,3080	0,0781	1,00	0,2572	116,7350	14,1838
14-15	990880,6300	24,5510	27,8580	2,1260	4,5668	0,0804	0,96	0,2185	122,6807	17,7772
15-16	990880,6300	24,5510	27,8580	2,1260	4,5668	0,0804	0,96	0,2185	122,6807	17,7772

Fonte: Autor (2017).

## 6 ESTIMATIVA DE CUSTO

Para a estimativa de custo adotou-se como BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) o valor de 22,50% e uma verba de R\$ 100.000,00 para mobilização e desmobilização. As tabelas referenciais de custo foram a do SINAPI e do DEER/MG. O valor total da obra de drenagem conforme o quadro 16 foi de **R\$ 5846322,43**, excluindo-se os serviços de pavimentação, já que, o projeto de pavimentação não é objeto deste trabalho.

Quadro 16: Quantitativo geral e estimativa de custo.

Item		Discriminação	Unid.	Quantidade Prevista Total	Preço Unitário s/BDI	Preço Unitário c/BDI	Valor (R\$) Previsto Total
		Conforme Planilha Orçamentária		( A )		( B )	( AxB )
1.0	CÓDIGO SINAPI	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO / SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1		MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE OBRA - PARA OBRAS EXECUTADAS EM CENTROS URBANOS OU PRÓXIMO DE CENTROS URBANOS	VB	1,00	100.000,00	122.500,00	R\$ 122.500,00
1.2	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO	VB	6,00	317,95	389,49	R\$ 2.336,93
		<b>TOTAL DO GRUPO</b>					<b>R\$ 124.836,93</b>
<b>2.0</b>		<b>DRENAGEM</b>					
2.1	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	3632,85	8,35	10,23	R\$ 37.159,51
2.2	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	6479,90	2,17	2,66	R\$ 17.225,19
2.3	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	1295,98	108,36	132,74	R\$ 172.029,68
2.4		EMPRÉSTIMO PARA REATERRO, ESCAVAÇÃO E CARGA COM TRATOR DE ESTEIRA E CARREGADEIRA (MATERIAL DE 1ª CATEGORIA) CORRESPONDENTE A 30 % DA ESCAVAÇÃO	M³	2615,65	2,41	2,95	R\$ 7.722,06
2.5	74154/001	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	2615,65	4,65	5,70	R\$ 14.899,41
2.6	93366	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDID ADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS C	M³	2615,65	6,23	7,63	R\$ 19.962,00
2.7	92221	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCI AS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	81,00	154,56	189,34	R\$ 15.336,22
2.8	92220	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCI AS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	32,00	125,59	153,85	R\$ 4.923,13
2.9	92219	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCI AS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	428,00	95,84	117,40	R\$ 50.248,91
2.10	92223	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCI AS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	153,00	222,69	272,80	R\$ 41.737,67
2.11	92226	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	213,00	299,12	366,42	R\$ 78.047,89
2.12	92816	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1200 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	335,00	399,25	489,08	R\$ 163.842,22
2.15	83715	CHAMINE P/ POÇO DE VISITA EM ALVENARIA, EXCLUSOS TAMPAO E ANEL	UNID	41,00	551,87	676,04	R\$ 27.717,67
2.16	40361 - DER	BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO PADRÃO DER/MG, PARA ALTURA DE ATERRO DE 0 A 5,00 M. BSCC (2,00 X 2,00)M - CORPO (EXECUÇÃO, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO)	M	626,00	2603,11	3188,81	R\$ 1.996.194,90
2.17	40362 - DER	BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO PADRÃO DER/MG, PARA ALTURA DE ATERRO DE 0 A 5,00 M. BSCC (2,00 X 2,50)M - CORPO (EXECUÇÃO, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO)	M	171,00	3070,51	3761,37	R\$ 643.195,08
2.18	40367 - DER	BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO PADRÃO DER/MG, PARA ALTURA DE ATERRO DE 0 A 5,00 M. BSCC (2,50 X 2,50)M - CORPO (EXECUÇÃO, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO)	M	25,00	3629,41	4446,03	R\$ 111.150,68
2.19	40368 - DER	BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO PADRÃO DER/MG, PARA ALTURA DE ATERRO DE 0 A 5,00 M. BSCC (2,50 X 3,00)M - CORPO (EXECUÇÃO, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO)	M	370,00	4149,96	5083,70	R\$ 1.880.969,37
2.20	40369 - DER	BUEIRO SIMPLES CELULAR DE CONCRETO PADRÃO DER/MG, PARA ALTURA DE ATERRO DE 0 A 5,00 M. BSCC (2,50 X 3,00)M - BOCA (EXECUÇÃO, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO E COMPACTAÇÃO)	UNID	1	9786,98	11989,05	R\$ 11.989,05
2.21	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	1473,67	1805,25	R\$ 1.805,25
2.22	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 800, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	2	1856,07	2273,69	R\$ 4.547,37
2.23	DRE-POÇ-135	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO C DN 1000, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	6	3152,70	3862,06	R\$ 23.172,35
2.24	DRE-POÇ-145	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO C DN 1200, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	3	3680,54	4508,66	R\$ 13.525,98
2.25	DRE-POÇ-025	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 800, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	2054,91	2517,26	R\$ 2.517,26
2.26	DRE-POÇ-125	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO C DN 800, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	2639,17	3232,98	R\$ 3.232,98
2.27	DRE-POÇ-035	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 1000, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	2248,83	2754,82	R\$ 2.754,82
2.28	DRE-POÇ-010	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 600, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	5	1567,23	1919,86	R\$ 9.599,28
2.31	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO C SEÇÃO 2,00X2,00, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	6	5520,81	6762,99	R\$ 40.577,95
2.32	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO A SEÇÃO 2,00X2,00, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	3	4826,53	5912,50	R\$ 17.737,50
2.33	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO C SEÇÃO 2,00X2,50, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	5796,85	7101,14	R\$ 7.101,14
2.34	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO B SEÇÃO 2,00X2,50, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	5101,23	6249,00	R\$ 6.249,00
2.35	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO A SEÇÃO 2,50X2,50, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	6086,69	7456,20	R\$ 7.456,20
2.36	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO C SEÇÃO 2,50X3,00, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	6391,03	7829,01	R\$ 7.829,01
2.37	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO B SEÇÃO 2,50X3,00, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	5496,29	6732,95	R\$ 6.732,95
2.38	DER-MG	POÇO DE VISITA PARA REDE RETANGULAR TIPO A SEÇÃO 2,50X3,00, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	4	5221,47	6396,30	R\$ 25.585,20
2.39	DER-MG	CAIXA DE TRANSIÇÃO E DRENAGEM TIPO C SEÇÃO 2,00X2,00, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	4571,23	5599,76	R\$ 5.599,76
2.40	DER-MG	CAIXA DE TRANSIÇÃO E DRENAGEM TIPO C SEÇÃO 2,50X2,50, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	5256,92	6439,73	R\$ 6.439,73
2.41	DRE-CXS-017	CAIXA DE TRANSIÇÃO E DRENAGEM TIPO C (120 X 120 X 150 CM), D = 500 MM A 1500MM, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	1	1832,16	2244,40	R\$ 2.244,40
2.42	DER-MG	BOCA DE LOBO SIMPLES (CONCRETO), QUADRO, GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	48	895,26	1096,69	R\$ 52.641,29
2.43	DER-MG	BOCA DE LOBO TRIPLA (CONCRETO), QUADRO E GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	6	2351,64	2880,76	R\$ 17.284,55
2.44	DER-MG	BOCA DE LOBO DUPLA (CONCRETO), QUADRO E GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	16	644,28	789,24	R\$ 12.627,89
2.45	DER-MG	SARJETA TIPO 1 - 50 X 5 CM, I = 3 %, PADRÃO DEOP-MG	M	1193,00	18,33	22,45	R\$ 26.787,92
2.46	4062	MEIO-FIO OU GUIA DE CONCRETO, PRE-MOLDADO, COMP 1 M, *30 X 15* CM (H X L)	UNID	1193,00	15,11	18,51	R\$ 22.082,13
2.47	94273	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO). AF_06/2 016	M	1193,00	32,25	39,51	R\$ 47.130,96
2.48	DRE-DES-050	DESCIDA D'ÁGUA TIPO DEGRAU EXCLUSIVE BOTA FORA	M	5	2822,50	3457,56	R\$ 17.287,81
2.49	83690	DISSIPADOR DE ENERGIA EM PEDRA ARGAMASSADA ESPESURA 6CM INCL MATERIAIS E COLOCACAO MEDIDO P/ VOLUME DE PEDRA ARGAMASSADA	M²	41,07	426,86	522,90	R\$ 21.475,65
		<b>TOTAL DO GRUPO</b>					<b>R\$ 5.680.791,78</b>
<b>4.0</b>		<b>SERVIÇOS COMPLEMENTARES</b>					
4.1	9537	LIMPEZA FINAL DA OBRA	M²	16048,00	2,07	2,54	R\$ 40.693,72
		<b>TOTAL DO GRUPO</b>					<b>R\$ 40.693,72</b>
						<b>TOTAL DA OBRA</b>	<b>R\$ 5.846.322,43</b>

Fonte: Autor (2017).

## 7 CONCLUSÃO

Mediante as informações abordadas ao longo deste trabalho, conclui-se que os problemas presentes na região são frutos de uma série de fatores, tais como, presença de edificações sobre a galeria, galeria mal dimensionada, bocas de lobo e sarjetas em mal estado de conservação. A região de estudo é dotada de um sistema de microdrenagem completo, constituído de guias, sarjetas, bocas de lobo, galerias e poços de visita, entretanto não aparenta receber manutenção e seus dispositivos encontram-se com sua eficiência reduzida devido ao mal estado de conservação destes.

Evidenciou-se ainda que os problemas de alagamentos e erosões são derivados do mal dimensionamento da galeria que não comporta a vazão de demanda e a falta de bocas de lobos em determinados pontos bem como sua má distribuição, ocasionando o acúmulo de água na região mais baixa da área de estudo devido à baixa declividade.

Todavia, o fator agravante deste estudo é justamente a localização do objeto de estudo, sendo que este se encontra em uma região onde se encontra a maior parte do comércio local, o que transforma o projeto de intervenção em um grande desafio, pois as obras devem impactar o mínimo possível na vida dessas pessoas. Entretanto, a presença de edificações sobre o trajeto da galeria faz com que a elaboração de um novo traçado seja a solução mais viável para o problema em questão. Porém, tal medida será de custo elevado, sendo uma obra de grande impacto econômico.

## 8 REFERÊNCIAS

ABDALA, Vitor. **Dados da PNSB 2008**: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008. 2010. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2010/08/23/dados-da-pnsb-2008-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico-de-2008/>. Acessado em: 04 de abril de 2017.

ALBANO, João Forttini. **Meio-fio**: ideal é 15 cm. Correio do Povo, Porto Alegre, 19 Jan. 2012. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Impresso/?Ano=117&Numero=111&Caderno=0&Noticia=382933>. Acessado em: 06 de abril de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle e recebimento - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15396: Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-fabricadas - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto**. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Ensaio de Compressão de Corpo de Prova Cilíndricos ou Prismáticos: Método de Ensaio**. Rio de Janeiro. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6153: Produtos Metálicos: Ensaios de dobramento semi-guiado**. Rio de Janeiro. 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6460: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6598: Peças brutas de ferro fundido cinzento: Afastamentos dimensionais**. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto: Amostragem**. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7477: Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado**. Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7478: Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado**. Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado**. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários: Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6892-1: Agregados: Determinação do material fino que passa através da peneira 75  $\mu\text{m}$ , por lavagem.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26:2009: Agregados: Especificação.** Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46: Materiais metálicos - Ensaio de Tração - Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51: Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles".** Rio de Janeiro. 1983.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica.** 8ª edição, Editora Edgard Blücher, 1998, São Paulo- SP.

BIDONE, Francisco R. A.; TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana.** 1.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de Chuva Engenharia das águas pluviais nas cidades.** 3ª edição, Editora Edgard Blücher, 1998, São Paulo- SP.

CAMPOS, Raquel et al. **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil.** 2003. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=185>. Acessado em: 03 de abril de 2017.

CARVALHO, Grover Moisés de. **Drenagem Urbana.** Manual SUDECAP. Belo Horizonte - MG. 1995.

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

DIOGO, Francisco José d'Almeida; SCIAMMARELLA, José Carlos. **Manual de pavimentação urbana. Drenagem: manual de projetos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

BUTLER, David; W.DAVIES, John. **Urban Drainage.** 2nd Edition. London and New York. 2004.

DEER/MG. **Normas técnicas do DEER/MG:** Caderno de bueiros celulares - Projetos Padrão. Belo Horizonte - MG. 2012.

DEER/MG. **Normas técnicas do DEER/MG:** Caderno de drenagem - Projetos Padrão. 4ª Edição. Belo Horizonte - MG. 2013.

DEER/MG. **Tabela referencial de preços:** Tabelas Referenciais de Obras de Edificações e Rodoviárias. Disponível em [http://www.der.mg.gov.br/images/2017/Assessoria-de-custos/tabela\\_referencial\\_%2007\\_2017.pdf](http://www.der.mg.gov.br/images/2017/Assessoria-de-custos/tabela_referencial_%2007_2017.pdf). Acessado em: 25 de outubro de 2017

DNIT. **Drenagem:** Meios-fios e Guias – Especificação de Serviços 020/2006 - ES. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020\\_2006\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020_2006_es.pdf). Acessado em: 06 de abril de 2017

EVANGELISTA, Adão Wagner Pêgo. **Condução de água.** 2002. Universidade Federal de Goiás Disponível em < [http://www.agro.ufg/np/68/o/3.1\\_Conducao\\_livres.pdf](http://www.agro.ufg/np/68/o/3.1_Conducao_livres.pdf)> Acesso em 15/05/2017 as 20h 30min.

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

FERNANDES, Carlos. **Microdrenagem** - Um Estudo Inicial, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren06.html>. >. Acesso em 15/04/2017 às 19h00min.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea das Equações de Chuva do Brasil.** 2007. Disponível em: <<http://www.vanderleifesti.com./artigos-0908/Prof-Vanderlei-Festi/coletanea-das-equacoes-de-chuva-do-brasil.pdf> >. Acesso em 16/04/2017 às 19h00min.

FLORES, Andreia Tavares. Disponível em <<http://slideplayer.com.br/slide/5640554/> > **GLOBAL MAPPER. Blue Marble Geographics.** Disponível para download em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>> Acesso em 15/04/017 as 21h 40min.

GOOGLE EARTH. Google. Disponível para download em : < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>> Acesso em 15/04/2017 às 10h 25min.

G1 SUL DE MINAS. **Chuva destelha casas e causa alagamentos em cidades da região.** Disponível em:<<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2017/01/chuva-destelha-casas-e-causa-alagamentos-em-cidades-da-regiao.html>>. Acessado em: 04/04/2017.

HANSMANN, Henrique Zanotta. **Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e Alagamentos de Pelotas – RS.** 2013. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2013.

IBGE, Cidades. Dados do município de Três Corações-MG - Censo 2010. Disponível em: Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=316930>>.Acesso em: 25/04/2017 às 22:30min.

MACHADO, Elizabeth. **Os rios e seus afluentes - Uma rede organizada**. 2000. Geografia. Disponível em <<http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo8/rio1.htm>> Acesso em 28/03/2017 as 09h 15min.

MACHADO, Marco Aurélio de Mello; SILVA, Eder David Borges da. **Estimativa de chuvas intensas para o oeste de minas gerais e o entorno do reservatório da usina hidrelétrica de furnas**. Conexão Ciência. v. 6, n. 2. 2011.

MARICATO, Ermínia. Habitação e cidade. Série Espaço & Debate. 3ªed., São Paulo: Atual Editora, 1997.

MARTINS, José Rodolfo S. **Drenagem Urbana**. 1.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. Notas de aula de Saneamento básico e Engenharia Sanitária. Universidade Federal de Campina Grande. 2009. Campina Grande - PB. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Drenagem.html?submit=%CDndice+Drenagem>>. Acesso em 10/04/2017, às 21h05min.

MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins de, and. Alfredo Ribeiro da Costa. **Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: uma Abordagem Alternativa**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil 4.1. 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/article/view/18162/11292> >. Acesso em 20/04/2017 às 09h03min.

MOREIRA, Mariana. **Microdrenagem Urbana**. 2.ed. São Paulo: Cepam, 2006.

NETO, Antônio Cardoso, **Sistemas Urbanos de Drenagem**, 2000. Disponível em < UFSC, Universidade Federal de São Carlos, 2015. Disponível em <<http://www.sanderlei.com.br/img/Ensino-fundamental/Santa-Catarina-Historia-Geografia-35-01.jpg>>. Acesso em 05/04/2017 às 13h15min.

NOGUEIRA, ALTAIR. **Estádio Elias Arbex fica alagado após temporal em Três Corações, MG**. MG.g1.globo.com. Disponível em: < <http://globoesporte.globo.com/mg/sul-de-minas/futebol/times/tricordiano/noticia/2017/01/estadio-elias-arbex-fica-alagado-apos-temporal-em-tres-coracoes-mg.html> >. Acessado em: 04/04/2017.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de et al. **Intensidade – duração – frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal**. 2005. Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

PAULA, Eduardo Vedor; MENDONÇA, Francisco, **O Conceito de Bacia Hidrográfica**, 2000. Disponível em <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/pncpr/Conceito\\_Bacia\\_Hidrografica.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/pncpr/Conceito_Bacia_Hidrografica.pdf) > Acesso em 14/04/2017 às 17:01min.

PESQUISA Nacional de Saneamento Básico. **IBGE**. 2008. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=245351>. Acessado em: 03 de abril de 2017.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. Belo Horizonte: Feam, 2006.

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>>. Acessado em: 21 de abril de 2017.

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 16/05/2017 às 09h 30min.

REZENDE, Osvaldo Moura. **Desenvolvendo com baixo impacto**. 2012. Aquafluxus. Disponível em < <http://aquafluxus.com.br/?p=2032>>. Acesso em 15/05/2017 as 20h 20min.

SILVA, TARCISO. **Após temporal, cratera se forma em rua do Centro de Três Corações**. Disponível em: <[http:// http://g1.globo.com/mg/sul-deminas/noticia/2017/01/apos-temporal-cratera-se-abre-em-rua-do-centro-de-tres-coracoes-mg.html](http://g1.globo.com/mg/sul-deminas/noticia/2017/01/apos-temporal-cratera-se-abre-em-rua-do-centro-de-tres-coracoes-mg.html) >.Acessado em: 04/04/2017.

SINAPI. **Índices da construção civil**. Disponível em:< [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648)>. Acessado em 26/10/2017.

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

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

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de Drenagem Urbana: Estudo de Caso para a Macrodrenagem do Município de Arcos-MG**. 2014. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Formiga, Minas Gerais, 2014.

TOMAZ, Plínio. **A Conservação da Água**. Editora Parma. São Paulo, 1999.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos Para Obras Municipais**. Editora Navegar. 2ª edição São Paulo. 2002.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos Para Obras Municipais**. Editora Navegar. 2ª edição São Paulo. 2011.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais, Capítulo 2 – Método Racional**, 2013. Disponível em: < [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_metodo\\_calculos\\_vazao/capitulo02.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf) >. Acesso em 28/04/2017 às 13h00min.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais, Capítulo 5 – Microdrenagem**, 2012. Disponível em: < [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_calculos\\_hidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculos_hidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf) >. Acesso em 28/04/2017 às 13h00min.

TRÊS CORAÇÕES. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Três Corações, 2017.

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

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. Associação Mundial da Água. 2004.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ª edição. Porto Alegre - RS. Editora da UFRGS/ABRH. 2004.

UFSC, Universidade Federal de São Carlos, 2015. Disponível em <<http://www.sanderlei.com.br/img/Ensino-fundamental/Santa-Catarina-Historia-Geografia-35-01.jpg>> Acesso em 28/04/2017 às 13h15min.

VERÓL, Aline. **Na sarjeta**. 2013. Aquafluxus. Disponível em <<http://aquafluxus.com.br/?p=3627>> Acesso em 15/05/2017 as 22h 54min.



## 10 APÊNDICE A – FOTOS DA LOCALIZAÇÃO DA GALERIA

**Figura 25:** Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José H da Costa.



A

B

Fonte: Autor (2017).

**Figura 26:** Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José H da Costa



A

B

Fonte: Autor (2017).

**Figura 27:** Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua. José vinagre.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 28:** Edificações em que a galeria passa por debaixo na Rua Domingos P. Campos.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 29:** Edificação em que a galeria passa por debaixo na Rua João XXIII.



A

B

Fonte: Autor (2017).

**Figura 30:** Edificação em que a galeria passa por debaixo na Rua Samuel Brasil.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 31:** Boca de lobo que joga a água direto para a galeria.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 32:** Manutenção e troca da seção da galeria após temporal.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 33:** Galeria sofrendo intempéries químicas e físicas.



Fonte: Autor (2017).

**Figura 34:** Troca da seção da galeria, passando de 2,00x1,40 para 2,00x2,00.



Fonte: Autor (2017).

Figura 35: Criação de poço de visita, mantendo o mesmo traçado da galeria, abaixo de um comercio.



Fonte: Autor (2017).

Figura 36: Execução de 50 m, com aduelas de 2,0x2,0m.



Fonte: Autor (2017).





# APÊNDICE D - DIVISÃO DAS SUB-BACIAS



PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES		ESCALA: 1/2500
ASSINTO: DIVISÃO DAS SUB-BACIAS		DATA: MAIO 2017
ENDEREÇO: TRÊS CORAÇÕES - MG		PROJETO: 01/01
MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR PROJETADEIRO		FOLHA: 1/1
ASSINATURA		
PROPRIETÁRIO: NOME: PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES CPF: 17.955.535/0001 - 19		ASSINATURA



## **15 APÊNDICE F - MEMORIAL DESCRITIVO**

### **15.1 Dados e parâmetros de dimensionamento**

Para a concepção do projeto, foram considerados os seguintes parâmetros.

#### **15.1.1 Período de Retorno ou recorrência**

Para o cálculo da vazão de projeto foi considerado um Período de Recorrência 10 anos, por se tratar de uma obra importante com poucas chances de vir a falhar, devido a localização da intervenção.

#### **15.1.2 Tempo de Concentração**

Já tempo de concentração da bacia foi determinado pela equação de George Ribeiro.

#### **15.1.3 Dados Pluviométricos da Região**

Para obtenção dos dados referentes a intensidade de chuva e precipitação da bacia, foi utilizado o software Plúvio (2006), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

#### **15.1.4 Determinação da Precipitação**

Para o presente projeto adotou-se a curva de “intensidade, duração e frequência”, proposta por Chen (1983).

#### **15.1.5 Caracterização do escoamento superficial (Coeficiente de Runoff)**

Para a caracterização do escoamento superficial utilizou-se a tabela que relaciona a ocupação do solo com o coeficiente de Runoff.

A área da bacia foi dividida da seguinte forma:

- d) Edificação residencial simples;
- e) Indústria e;

f) Vias pavimentadas.

Para cada item foi adotado a média dos valores 0,70 e 0,95 (Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas).

#### 15.1.6 Verificação da capacidade da sarjeta

A equação utilizada para dimensionamento das sarjetas, segundo Cetesb (1980), é a de Manning, modificada por Izard.

A declividade transversal adotada para as sarjetas foi de 3% com fator de redução de 20%.

#### 15.1.7 Capacidade Boca de lobo

O tipo de boca de lobo utilizada foi de grelha múltipla de ponto baixo, com redução de 50%, sendo bocas de lobo simples, dupla e tripla. A equação utilizada para o dimensionamento foi segundo Tucci (1995), com funcionamento como vertedor.

#### 15.1.8 Cálculo da vazão

O método utilizado para o cálculo da vazão foi o Método Racional (Mulaney 1851).

#### 15.1.9 Dimensionamento hidráulico

Após ser determinada a vazão de projeto, o cálculo do diâmetro dos coletores de concreto armado empregados na rede de drenagem de água pluvial foi feito por meio da equação de Manning, com a relação  $y/d$  igual a 0,80. A equação utilizada no dimensionamento da galeria de seção retangular foi também a equação de Manning considerando 80% da altura das aduelas como altura útil. Foram feitas outras verificações como a verificação do número de Froude para manter o escoamento da galeria em regime fluvial ou lento. As velocidades de todas as tubulações foram verificadas, deixando dentro do limite máximo de 5m/s. O coeficiente de rugosidade considerado para os cálculos foi de 0,015 a favor da segurança.

## 15.2 Especificações, controles tecnológicos e medição dos dispositivos.

Estas determinações foram estabelecidas conforme o caderno de desenho do DER-MG (Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais).

### 15.2.1 Bocas de Lobo

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 21,0$  Mpa. As armaduras devem ser de aço CA 60. O recobrimento mínimo da armadura deverá ser de 2,50 cm. A alvenaria será constituída de tijolo maciço (5cm x 10cm x 40cm) ou bloco de concreto (20cm x 20cm x 40cm) rejuntados e revestidos com argamassa 1:3.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Tijolos maciços: NBR – 6460/01;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Nenhuma peça deverá trincar ou romper com carga inferior a estabelecida seguinte:

Quadro: Carga de trinca (t) 6,0 e Carga de ruptura (t) 9,0;

Grelha: Carga de trinca (t) 6,0 e Carga de ruptura (t) 9,0.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

### 15.2.2 Grelha

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 21,0$  Mpa. O cimento deverá ser de alta resistência inicial e satisfazer a NBR 7211/05. Os agregados deverão ter diâmetros menores que um terço da espessura das paredes e deverá satisfazer a NBR 7211/05. Os aditivos para a modificação das condições de pega, endurecimento e permeabilidade poderão ser utilizados, desde que

inalterados as condições de resistência. As armaduras devem ser de aço CA 50<sup>a</sup>, satisfazendo a NBR 7480/96. O recobrimento mínimo da armadura deverá ser de 2,00 cm. As peças serão fabricadas e curadas por processos que assegurem a obtenção de concreto homogêneo e compacto de bom acabamento, não sendo permitida qualquer pintura ou retoque.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Nenhuma peça deverá trincar ou romper com carga inferior a estabelecida seguinte:

Grelha: Carga de trinca (t) 6,0 e Carga de ruptura (t) 9,0.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

### 15.2.3 Poços de visita do tipo (A, B e C)

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. As armaduras são da tampa da caixa e devem ser de aço CA-50 ou CA-60. As formas deverão ser constituídas de chapa de compensado resinado travados de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O espaçamento entre os PVs deverá ser consultado no desenho técnico.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.4 Caixa de passagem do tipo (A, B e C)

O concreto a ser utilizado (tampa, caixa e calha) deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. As armaduras devem ser de aço CA-50 ou CA-60. As formas deverão ser constituídas de chapa de compensado resinado travados de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O recobrimento da armadura da tampa é de 2,5 cm.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.5 Chaminé de poço de visita

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. As armaduras são da tampa da caixa e devem ser de aço CA-60. O aço utilizado na escada de marinho é o CA-25. A alvenaria será de tijolos requeimados, 1º categoria espessura 0,20m. A argamassa para composição da alvenaria do revestimento interno e para assentamento dos tubos de concreto será constituída de cimento e areia no traço volumétrico 1:3. A laje de redução será fabricada e curada por processos que assegurem a obtenção de concreto homogêneo, compacto e de bom acabamento, não sendo permitida qualquer pintura ou retoque. Os tubos serão pré-moldados de concreto armado, tipo macho e fêmea, classe PA-1, DN 800mm.

As formas deverão ser constituídas de chapa de compensado resinado travados de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O espaçamento entre os PVs deverá ser consultado no desenho técnico.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.6 Tampão de ferro fundido cinzento

O tampão será de ferro fundido cinzento, devendo apresentar textura compacta e granulação homogênea. A tampa deverá ter 4 (quatro) furos. O tampão deverá ser articulado. Nenhum defeito ou imperfeição poderá ser retocado ou corrigido por qualquer processo. Na tampa deverá ser escrita ``Águas Pluviais - Ano`` com, no mínimo, 25 (vinte e cinco) milímetros de altura. As tampas deverão ser providas de alças que permitam seu levantamento de forma fácil e segura. As peças deverão ser dimensionadas para resistirem a ação do tem tipo brasileiro rodoviário TB-36.

As peças de ferro fundido cinzento deverão satisfazer as condições estabelecidas na norma 84 NBR – 6598/84. Os tampões de ferro fundido deverão ser submetidos ao ensaio de resistência a compressão descrito a seguir:

A aparelhagem deverá ser provida de dispositivo que permita a elevação da carga de modo contínuo, sem golpes com velocidade constante de 6000Kg/min;

O tampão deverá ser assentado, horizontalmente, sobre uma mesa plana e rígida, nivelada e indeformável;

A carga será aplicada no centro do tampão por intermédio de um disco de aço de 200mm de diâmetro e 50mm de espessura à velocidade de 6000Kg/min;

Nenhuma peça deverá trincar ou romper com carga inferior a 9000Kgf.

Deverá ser colhida amostras ao acaso para analisar a qualidade dos lotes de peças conforme tabela no desenho técnico. Peças aprovadas, mas, que apresentaram defeitos nos 6 (seis) primeiros meses de uso, deverão ser repostas.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82;

Tijolos maciços: NBR – 6460/01;

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.7 Meio Fio (Guia)

O terreno da cava de assentamento do meio-fio deverá ser apiloado. O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. O meio fio deverá ser pré-moldado, sendo que as peças deverão ter as dimensões e formas estabelecidas nos desenhos, deverão ser produzidas com uso de formas metálicas, de modo a apresentarem bom acabamento. A argamassa de rejuntamento deverá ser no traço 1:3, e deverá ser empregada areia quartzosa e granulometria fina. Os meios-fios deverão ser escorados por solo coesivo apiloado numa largura mínima de 20cm.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.8 Sarjetas

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 11,0$  Mpa. O concreto para a constituição da sarjeta

moldada in-loco deverá ter Slump baixo, compatível com o uso do equipamento extrusor. Após a passagem da máquina deverão ser induzidas juntas de retenção pelo enfraquecimento da seção com espaçamento de 3,0 m (sulco de 0,50cm). As guias de madeira serão implantadas segundo a seção transversal e espaçadas de, no máximo, 2,0m. As juntas de dilatação do meio-fio e sarjetas serão preenchidas com argamassa 1:3 (cimento e areia) e concreto asfáltico, respectivamente, na espessura de 2,5 cm.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras. A medição do meio-fio será feita em separado.

#### 15.2.9 Tubo de concreto

O concreto a ser utilizado no berço deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 9,0$  Mpa, traço 1:3:6 (cimento, areia e brita).

Os tubos serão rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço volumétrico de 1:3.

O reaterro de envolvimento dos tubos será manual até a altura de 20 cm acima da geratriz superior conforme mostrado no desenho técnico.

Os tubos serão pré-moldados de concreto armado tipo ponta e bolsa, classes CA-1 conforme indicação de projeto.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Tubos de concreto: NBR-8890/07.

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras exceto escavação e reaterro.

#### 15.2.10 Aduelas de concreto

O concreto a ser utilizado no berço deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 10,0$  Mpa, traço 1:3:6 (cimento, areia e brita). O concreto estrutural a ser utilizado nas aduelas deve ser de  $F_{CK} = 25$  Mpa. Revestimento em argamassa de cimento e areia, traço 1:3. Deve-se executar uma junta de retração a cada 5,00m. Do lado interno das aduelas as juntas deverão ser seladas com masticque asfáltico.

O reaterro de envolvimento dos tubos será manual até a altura de 20 cm acima da geratriz superior conforme mostrado no desenho técnico. Os tubos poderão ser pré-moldados de concreto armado tipo ponta e bolsa, classes CA-1 desde seguidas as dimensões, materiais e quantidades constante no projeto. As aduelas devem ser testadas conforme a especificação da NBR-15396/06.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Aduelas de concreto: NBR-15396/06 e NBR-15645.

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras exceto escavação e reaterro.

#### 15.2.11 Descida d'água em degraus

O terreno de fundação deverá ser regularizado e apiloado manualmente. O concreto a ser utilizado no berço deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. As formas deverão ser constituídas de chapas de compensado resinado travadas de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O recobrimento mínimo deverá ser de 2,5 cm. As juntas de dilatação serão preenchidas com cimento asfáltico em serão implantadas a intervalos de 10 m. As decidas d'água com numeração ímpar são em concreto simples e as de numeração par são em concreto armado. O aço deverá ser CA-60.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras exceto.

#### 15.2.12 Dispersor

O terreno de fundação deverá ser regularizado e apiloado manualmente. O concreto a ser utilizado no berço deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 11,0$  Mpa. O recobrimento mínimo deverá ser de 2,5 cm. As formas deverão ser constituídas de chapas de compensado resinado travadas de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. Os dispersores com numeração ímpar são em concreto simples e as de numeração par são em concreto armado.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

#### 15.2.13 Dissipador de energia

O terreno de fundação deverá ser regularizado e apiloado manualmente. O concreto a ser utilizado no berço deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência  $F_{ck} = 15,0$  Mpa. A pedra terá diâmetro maior ou igual a 25 cm, encravada no concreto de forma a ter, no mínimo 15 cm de saliência. O material poderá ser proveniente de rocha sã do tipo granito, gnaisse, basalto e outras com as mesmas características de resistência a abrasão.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Agregados graúdos: NBR - 51.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

## 16 APÊNDICE G - MEMORIAL DE CÁLCULO

### 16.1 Dimensionamento das bocas de lobo

#### 16.1.1 Dimensionamento das bocas de lobo da área A1

Nesta área existem no total 66 bocas de lobo. Sendo 50 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 75,76% do total, 16 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 24,24% do total. Dividem-se em 1 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x1,20, 1 de ponto intermediário de 0,80x1,20, 5 de ponto baixo de 0,40x1,65, 3 de ponto intermediário de 0,40x1,20, 11 de ponto intermediário de 0,40x0,60 e 45 de ponto baixo de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 1,20 = 0,0992 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,40 \times 1,65 = 0,1278 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 1,20 = 0,0438 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,80 \times 1,20 = 0,0547 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 4,0157 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 5,6221 m<sup>3</sup>/s, faltando 1,6064 m<sup>3</sup>/s a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega 1,0459 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,2988 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$0,2988 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$A = 4,3362 \text{ m}^2$$

$$P \cdot 1,50 = 2 \cdot b + 2 \cdot l \therefore 4,3362 \cdot 1,5 = 2 \cdot 0,50 + 2 \cdot l \therefore l = 2,7521 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias mais 2 bocas de lobos de ponto baixo de 0,50x1,50 neste lado da rua.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega 4,5762 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 1,3076 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$1,3076 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 18,9759\text{m}$$

$$P * 1,50 = 2 * b + 2 * l \therefore 18,9759 * 1,5 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 13,73\text{m}$$

Neste lado existem 6 bocas de lobo de 0,60x0,40 de ponto baixo, totalizando engolimento de 0,372 m<sup>3</sup>/s, 6 bocas de lobo de 0,60x0,40 de intermediárias totalizando engolimento de 0,1644 m<sup>3</sup>/s, 1 bocas de lobo de 1,65x0,40 de ponto baixo totalizando engolimento de 0,1278 m<sup>3</sup>/s, 3 bocas de lobo de 1,20x0,40 de intermediárias totalizando engolimento de 0,1314 m<sup>3</sup>/s, para diminuir a quantidade de boca de lobo ira trocar estas bocas de lobo por dimensões maiores, sendo 0,50x2,00, tendo em vista que terá que mexer nas tubulações na rua. A soma das vazões acima é 0,7956 m<sup>3</sup>/s que subtraída de 2,2048, m<sup>3</sup>/s que é o valor de captação da nova dimensão, tem-se 1,4092, que será subtraído de 1,3076 m<sup>3</sup>/s, não sobrando mais vazão, garantindo assim o esgotamento total.

Portanto serão necessárias 16 trocas de bocas de lobos de ponto baixo de 0,50x1,50 neste lado da avenida.

#### 16.1.2 Dimensionamento das bocas de lobo da área A2

Nesta área existem no total 4 bocas de lobo. Sendo 3 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 75,00% do total, 1 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 25,00% do total. Dividem-se em 3 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x0,60, 1 de ponto intermediário de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $0,2134 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $0,1831 \text{ m}^3/\text{s}$ , sobrando  $0,0303 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 16.1.3 Dimensionamento das bocas de lobo da área A3

Nesta área existem no total 4 bocas de lobo. Sendo 2 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 50,00% do total, 2 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 50,00% do total. Dividem-se em 2 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de  $0,40 \times 0,60$ , 2 de ponto intermediário de  $0,40 \times 0,60$ . A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $0,17888 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ , sobrando  $0,0887 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 16.1.4 Dimensionamento das bocas de lobo da área A4

Nesta área existem no total 23 bocas de lobo. Sendo 16 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 69,56% do total, 7 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 30,44% do total. Dividem-se em 16 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de  $0,40 \times 0,60$ , 7 de ponto intermediário de  $0,40 \times 0,60$ . A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $1,2386 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $1,684 \text{ m}^3/\text{s}$ , faltando  $0,4454 \text{ m}^3/\text{s}$  a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega  $1,5919 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão excedente:  $0,4180 \text{ m}^3/\text{s}$

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$0,2988 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$A = 4,3362 \text{ m}$$

$$P * 1,50 = 2 * b + 2 * l \therefore 4,3362 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 2,7521 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias 2 de bocas de lobos de ponto baixo de  $0,50 \times 1,50$  neste lado da avenida.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega  $0,0921 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão excedente:  $0,0273 \text{ m}^3/\text{s}$

Boca de Lobo 100 x50 múltipla:

$$0,0273 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 0,7923 \text{ m}$$

$$P * 1,50 = 2 * b + 2 * l \therefore 0,7923 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = -0,1038 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias mais 1 boca de lobo de ponto baixo de  $0,50 \times 1,00$  neste lado da rua.

### 16.1.5 Dimensionamento das bocas de lobo da área A5

Nesta área existem no total 7 bocas de lobo. Sendo 7 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 100,00% do total. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $0,434 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $0,3091 \text{ m}^3/\text{s}$ , sobrando  $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 16.1.6 Dimensionamento das bocas de lobo da área A6

Nesta área existem no total 7 bocas de lobo. Sendo 7 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 100,00% do total. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $0,434 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $0,3429 \text{ m}^3/\text{s}$ , sobrando  $0,0911 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 16.1.7 Dimensionamento das bocas de lobo da área A7

Nesta área existem no total 56 bocas de lobo. Sendo 39 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 69,64% do total, 17 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 30,36% do total. Dividem-se em 38 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de  $0,40 \times 0,60$ , 16 de ponto intermediário de  $0,40 \times 0,60$ , 1 de ponto intermediário de  $0,40 \times 0,90$  e 1 de ponto baixo de  $0,40 \times 0,90$ . A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de

vazão, totalizando 2,8838 m<sup>3</sup>/s. Ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 2,4840 m<sup>3</sup>/s, sobrando 0,3998 m<sup>3</sup>/s.

#### 16.1.8 Dimensionamento das bocas de lobo da área A8

Nesta área existem no total 17 bocas de lobo de ponto baixo de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 1,0540 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 1,339 m<sup>3</sup>/s, faltando 0,2850 m<sup>3</sup>/s a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega 0,9007 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,0933 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 100 x50 múltipla:

$$0,0933 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 1,3540\text{m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 1,3540 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 0,5155\text{m}$$

Portanto serão necessárias mais 1 bocas de lobo de ponto baixo de 0,50x1,00 neste lado da rua.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega 0,4390 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,1916 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 100 x50 múltipla:

$$0,1916 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 2,7805 \text{ m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 2,7805 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 1,5853\text{m}$$

Portanto serão necessárias mais 2 bocas de lobo de ponto baixo de 0,50x1,00 neste lado da rua.

#### 16.1.9 Dimensionamento das bocas de lobo da área A9

Nesta área existem no total 19 bocas de lobo. Sendo 14 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 73,68% do total, 5 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 26,32% do total. Dividem-se em 14 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x0,60, 5 de ponto intermediário de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 1,005 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 1,2423 m<sup>3</sup>/s, faltando 0,2373 m<sup>3</sup>/s a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega 1,0869 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,2036 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 100 x50 múltipla:

$$0,2036 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 2,9546\text{m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 2,9546 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 1,7159\text{m}$$

Portanto serão necessárias mais 2 bocas de lobo de ponto baixo de 0,50x1,00 neste lado da rua.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega 0,1797 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,0337 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 100 x50 múltipla:

$$0,0337 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$A = 0,4890 \text{ m}$$

$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot l \therefore 0,4890 \cdot 1,50 = 2 \cdot 0,50 + 2 \cdot l \therefore l = -0,1332 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias mais 1 bocas de lobo de ponto baixo de 0,50x1,00 neste lado da rua.

#### 16.1.10 Dimensionamento das bocas de lobo da área A10

Nesta área existem no total 57 bocas de lobo. Sendo 39 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 68,42% do total, 18 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 31,58% do total. Dividem-se em 39 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x0,60, 1 de ponto intermediário de 0,40x1,20, 1 de ponto intermediário de 0,40x1,00, 16 de ponto intermediário de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,40 \times 1,20 = 0,0438 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,40 \times 1,00 = 0,0868 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 2,987 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 3,30 m<sup>3</sup>/s, faltando 0,313 m<sup>3</sup>/s a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega 0,2505 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,0237 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 100x50 múltipla:

$$0,0237 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 0,3440 \text{ m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 0,3440 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = -0,24\text{m}$$

Portanto serão necessárias mais 1 bocas de lobo de ponto baixo de 0,50x1,00 neste lado da rua.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega 3,0526 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,2893 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$0,2893 = 1,7 * P * 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 4,1988 \text{ m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 4,1988 * 1,50 = 2 * 0,50 + 2 * l \therefore l = 2,64\text{m}$$

Portanto serão necessárias 2 bocas de lobos, que será múltipla de ponto baixo de 0,50x1,50 neste lado da avenida.

#### 16.1.11 Dimensionamento das bocas de lobo da área A11

Nesta área existem no total 42 bocas de lobo. Sendo 40 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 95,24% do total, 2 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 4,76% do total. Dividem-se em 40 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x0,60, 2 de ponto intermediário de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 2,5348 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 1,3371 m<sup>3</sup>/s, sobrando 1,1977 m<sup>3</sup>/s.

### 16.1.12 Dimensionamento das bocas de lobo da área A12

Nesta área existem no total 59 bocas de lobo. Sendo 34 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 57,63% do total, 25 bocas-de-lobo do tipo grelha em pontos intermediários, ou seja, 42,37% do total. Dividem-se em 34 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x0,60, 25 de ponto intermediário de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0620 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ponto intermediário:

$$0,40 \times 0,60 = 0,0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em  $\text{m}^3/\text{s}$  que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando  $2,793 \text{ m}^3/\text{s}$ , ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de  $5,1231 \text{ m}^3/\text{s}$ , faltando  $2,3301 \text{ m}^3/\text{s}$  a ser drenada.

Dimensionamento geométrico das bocas de lobo

**Trecho a direita:** Vazão que chega  $3,7955 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão excedente:  $1,7263 \text{ m}^3/\text{s}$

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$1,7263 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 25,055\text{m}$$

$$P = 2 * b + 2 * l \therefore 25,055 * 1,5 = 2 * 0,50 * 2 * l \therefore l = 18,29\text{m}$$

Portanto serão necessárias mais 13 bocas de lobos de ponto baixo de 0,50x1,50 neste lado da avenida.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega  $1,3275 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão excedente:  $0,6038 \text{ m}^3/\text{s}$

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$0,6038 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 8,76 \text{ m}$$

$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot l \therefore 8,76 \cdot 1,50 = 2 \cdot 0,50 + 2 \cdot l \therefore l = 6,07 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias 4 bocas de lobos de ponto baixo de 0,50x1,50 neste lado da avenida.

#### 16.1.13 Dimensionamento das bocas de lobo da área A13

Nesta área existem no total 3 bocas de lobo. Sendo 2 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 66,67% do total, 1 bocas-de-lobo de guia em ponto baixo, ou seja, 33,33% do total. Dividem-se em 2 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x1,20, 1 de guia de ponto baixo de 0,40x0,60. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 1,20 = 0,0992 \text{ m}^3/\text{s}$$

- De guia:

$$0,40 \times 0,80 = 0,0146 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 0,213 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 0,3868 m<sup>3</sup>/s, faltando 0,1738 m<sup>3</sup>/s a ser drenada.

**Trecho a direita:** Vazão que chega 0,1933 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,0869 m<sup>3</sup>/s

Boca de Lobo 150 x50 múltipla:

$$0,1738 = 1,7 \cdot P \cdot 0,118^{\frac{3}{2}}$$

$$P = 2,5225 \text{ m}$$

$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot l \therefore 2,5225 \cdot 1,50 = 2 \cdot 0,50 + 2 \cdot l \therefore l = 1,40 \text{ m}$$

Portanto serão necessárias 1 boca de lobo de dimensão 0,50x1,50 neste lado da rua.

**Trecho a esquerda:** Vazão que chega 0,1933 m<sup>3</sup>/s

Vazão excedente: 0,00 m<sup>3</sup>/s

#### 16.1.14 Dimensionamento das bocas de lobo da área A14

Nesta área existem no total 3 bocas de lobo. Sendo 2 bocas de lobo do tipo grelha de ponto baixo, ou seja, 66,67% do total, 1 bocas-de-lobo de guia em ponto baixo, ou seja, 33,33% do total. Dividem-se em 2 boca de lobo do tipo grelha de ponto baixo de 0,40x1,20, 1 de guia de ponto baixo de 0,40x0,80. A capacidade de engolimento de cada boca de lobo é a seguinte:

- Ponto baixo:

$$0,40 \times 1,20 = 0,0992 \text{ m}^3/\text{s}$$

- De guia:

$$0,40 \times 0,80 = 0,0146 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Bueiro:

$$\emptyset 0,60 = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fez-se então a multiplicação da capacidade de engolimento de cada tipo de boca de lobo e depois somou-se o total em m<sup>3</sup>/s que este conjunto de bocas de lobo que recolhem de vazão, totalizando 0,6886 m<sup>3</sup>/s, ao verificar a vazão que no ponto mais baixo desta área a vazão que chega é de 0,2959 m<sup>3</sup>/s, sobrando 0,4671 m<sup>3</sup>/s.

## 16.2 Dimensionamento das tubulações secundárias

### 16.2.1 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A1.

Boca de lobo simples:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3631 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082\text{m}$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,16\text{m/m}$$

Boca de lobo dupla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378 * 2}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3483 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,16m/m$$

### 16.2.2 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A4

Boca de lobo simples:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{m\acute{í}nimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3631 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,16m/m$$

## 16.2.3 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A8

Boca de lobo dupla:

$$TB - 02 - \frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,0930 * 2}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3005 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082\text{m}$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,16\text{m/m}$$

Boca de lobo tripla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,0930 * 3}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3499 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082\text{m}$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,16\text{m/m}$$

#### 16.2.4 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A9

Boca de lobo dupla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,0930 * 2}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3005 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{máximo} = 0,16m/m$$

### 16.2.5 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A10

Boca de lobo simples:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{mínimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3133 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,16m/m$$

Boca de lobo dupla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{m\acute{í}nimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378 * 2}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3483 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,16m/m$$

### 16.2.6 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A12

Boca de lobo simples:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3631 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{\text{plena}} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082\text{m}$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,16\text{m/m}$$

Boca de lobo tripla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378 * 3}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,05^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3483 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{máximo} = 0,16m/m$$

### 16.2.7 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A13

Boca de lobo dupla:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{mínimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378 * 2}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,052^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3483 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082m$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{máximo} = 0,16m/m$$

### 16.3 Dimensionamento das tubulações primárias

#### 16.3.1 Dimensionamento das tubulações primárias da área A1.

Galeria 01:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{mínimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{1,6219}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,025^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,7709 \text{ m} \therefore D = 800\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,80}{4} = 0,20$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,20}{1,217} = 0,1643m$$

$$V = \frac{0,1643^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,0625m/m$$

Galeria 02 e 03:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{m\acute{í}nimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{2,5137}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,025^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,8068 \text{ m} \therefore D = 800\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,80}{4} = 0,20$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,20}{1,217} = 0,1643m$$

$$V = \frac{0,1643^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,0625m/m$$

Galeria 04:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{5,6220}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,03^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 1,1874 \text{ m} \therefore D = 1200\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{\text{plena}} = \frac{1,20}{4} = 0,3$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,30}{1,217} = 0,2465\text{m}$$

$$V = \frac{0,2465^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,0364\text{m/m}$$

### 16.3.2 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A4

Galeria 07:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{0,1378}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,3631 \text{ m} \therefore D = 400\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,40}{4} = 0,10$$

$$Rh_{0,7} = \frac{0,1}{1,217} = 0,082\text{m}$$

$$V = \frac{0,082^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,16\text{m/m}$$

### 16.3.3 Dimensionamento das tubulações primárias da área A8

Galeria 07:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{1,3397}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,0625^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,6043 \text{ m} \therefore D = 600\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,60}{4} = 0,15$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,15}{1,217} = 0,1233m$$

$$V = \frac{0,1233^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,0916m/m$$

#### 16.3.4 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A9

Galeria 08:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{m\acute{í}nimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{1,2666}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,0625^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,5917 \text{ m} \therefore D = 600\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{0,60}{4} = 0,15$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,15}{1,217} = 0,1233m$$

$$V = \frac{0,1233^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,0916m/m$$

### 16.3.5 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A10

Galeria 19:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{m\acute{in}imo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{3,3031}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,045^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,9015 \text{ m} \therefore D = 1000\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{1,00}{4} = 0,25$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,25}{1,217} = 0,2054m$$

$$V = \frac{0,2054^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{m\acute{a}ximo} = 0,046m/m$$

Galeria 20 – 21 – 22:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{3,3031}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 1,1952 \text{ m} \therefore D = 1200\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{\text{plena}} = \frac{1,20}{4} = 0,30$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,30}{1,217} = 0,2465\text{m}$$

$$V = \frac{0,2465^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,0364\text{m/m}$$

### 16.3.6 Dimensionamento das tubulações secundárias da área A12

Galeria 18:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{2,9689}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,045^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,8662 \text{ m} \therefore D = 1000\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{1,00}{4} = 0,25$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,25}{1,217} = 0,2054\text{m}$$

$$V = \frac{0,2054^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}} \therefore i_{\text{máximo}} = 0,046\text{m/m}$$

Galeria 17:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * S_{\text{mínimo}}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{3,4370}{0,988} = \frac{\pi * D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} * 0,045^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 0,8662 \text{ m} \therefore D = 1000\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{1,00}{4} = 0,25$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,25}{1,217} = 0,2054m$$

$$V = \frac{0,2054^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{máximo} = 0,046m/m$$

Galeria 16 – 15 – 14 – 10 – 09 – 08:

$$\frac{y}{d} = 0,80$$

$$Q = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * S_{mínimo}^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * n}$$

$$\frac{5,00}{0,988} = \frac{\pi * D^2 * D^{\frac{2}{3}} * 0,035^{\frac{1}{2}}}{4 * 4^{\frac{2}{3}} * 0,015}$$

$$D = 1,1040 \text{ m} \therefore D = 1200\text{mm}$$

$$V = \frac{Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

$$Rh_{plena} = \frac{1,20}{4} = 0,3$$

$$Rh_{0,8} = \frac{0,30}{1,217} = 0,2465m$$

$$V = \frac{0,2465^{2/3} \times i^{0,5}}{0,015} = 5,00 \frac{m}{s} \therefore i_{máximo} = 0,0364m/m$$

# APÊNDICE H - DIVISÃO DA BACIA EM SUB-ÁREAS DE CAPTAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO

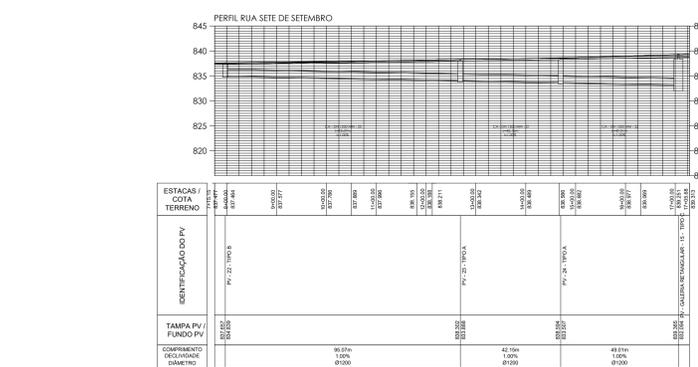
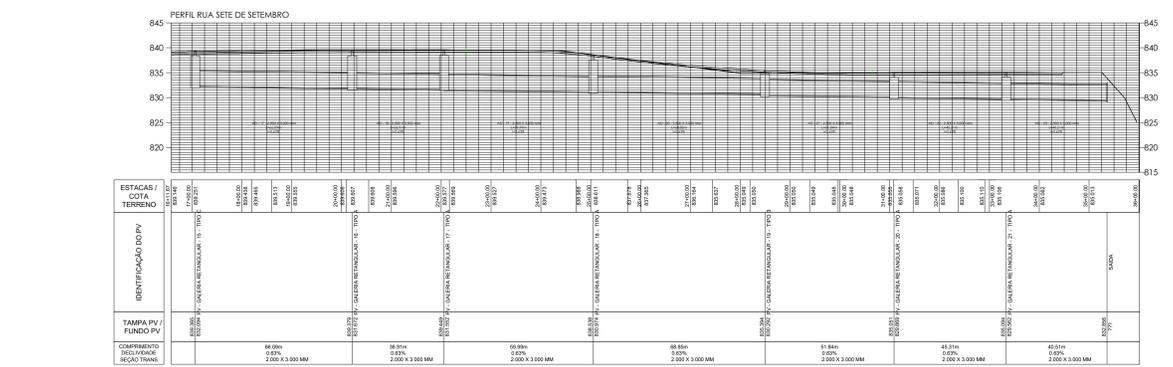
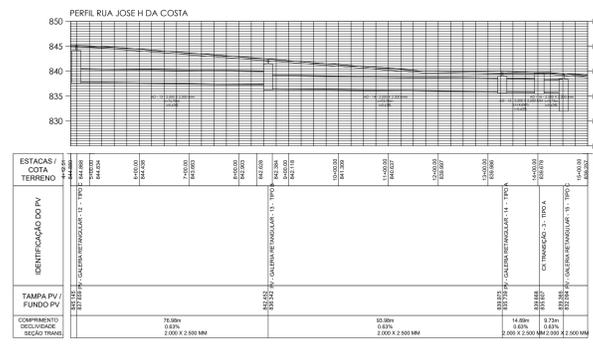
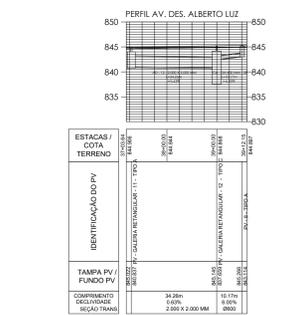
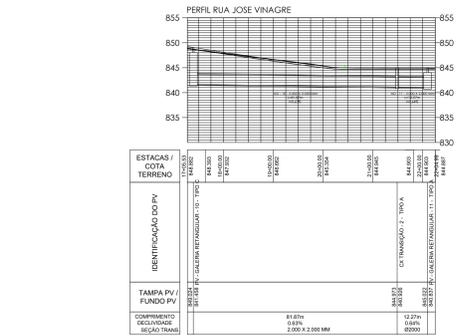
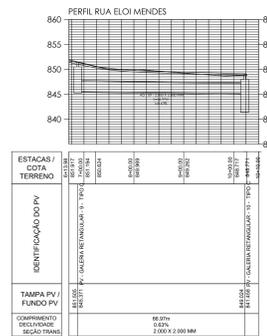
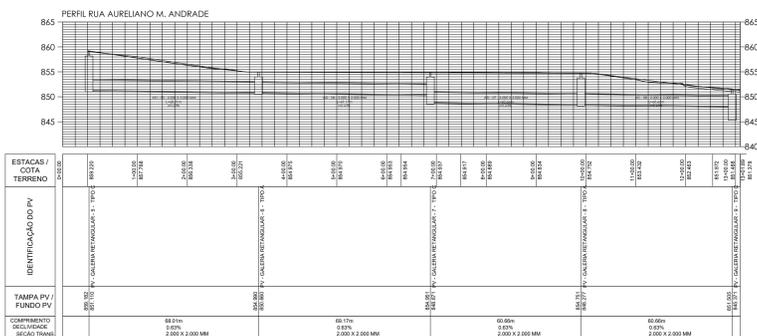
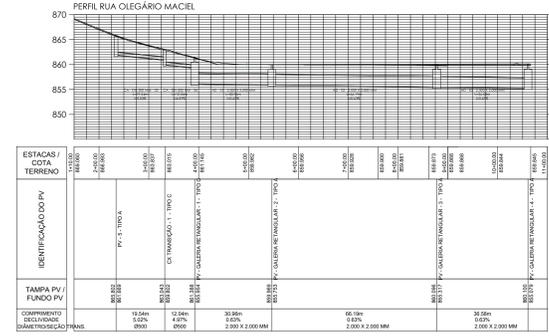
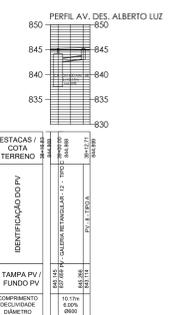
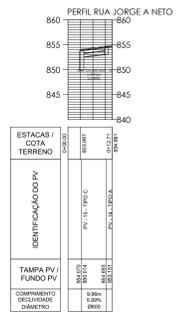
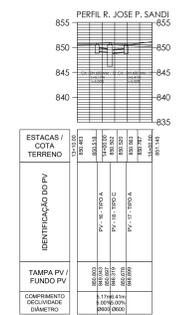
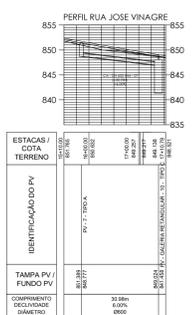
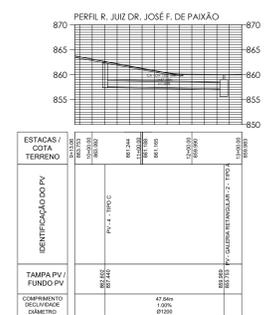
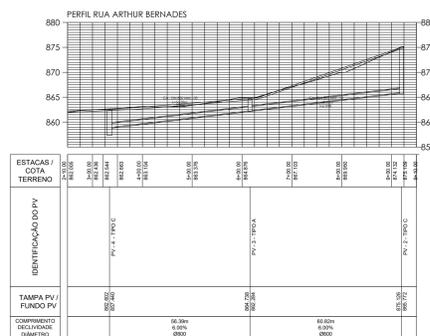
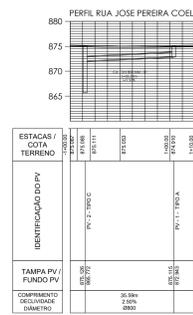
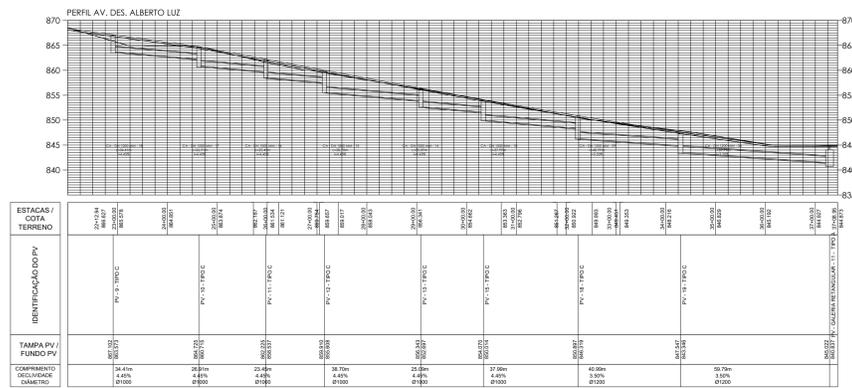


	A1		A8
	A2		A9
	A3		A10
	A4		A11
	A5		A12
	A6		A13
	A7		A14

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES	
ASSINADO: APÊNDICE F - DIVISÃO DA BACIA EM SUB-ÁREAS DE CAPTAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO	
ENDEREÇO: TRÊS CORAÇÕES - MG	ESCALA: 1/3000
	DATA: OUTUBRO 2017
MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR <small>PROFESSOR DE DESENHO CIVIL</small>	PROJETO: 01/01
ASSINATURA	FOLHA: 1/1
PROPRIETÁRIO: NOME: PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS CORAÇÕES CNPJ: 17.955.535/0001-19	ASSINATURA

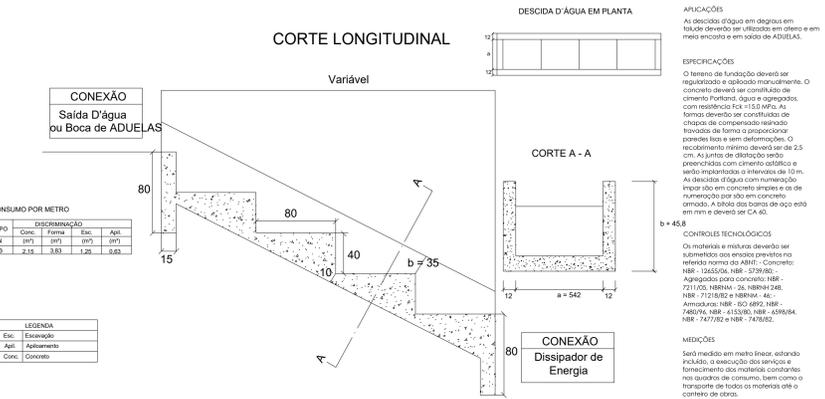


# APÊNDICE I - PROJETO DE DRENAGEM - CENTRO DE TRÊS CORAÇÕES



PROJETO DE DRENAGEM		DETALHAMENTO DAS TUBULACOES, PVs e BLs	
DENOMINACAO		TIPO	
CLIENTE	MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES	DATA	VISTO
OBRA	PROJETO DE DRENAGEM		
LOCAL	CENTRO DE TRÊS CORAÇÕES - MG	ESCALA	INDICADA
ASSUNTO:	PERFIS DAS TUBULAÇÕES	Responsável Técnico	MATEUS JOSÉ DE BARROS JÚNIOR
		DATA	25/10/2017
		DESENHO Nº	01/03

DDD - DESCIDA D'ÁGUA EM DEGRAUS EM TALUDE DE ATERRO



OBS: - As dimensões nos projetos tipo, quando não especificadas são em cm.

ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/25

BOCA DE SAÍDA

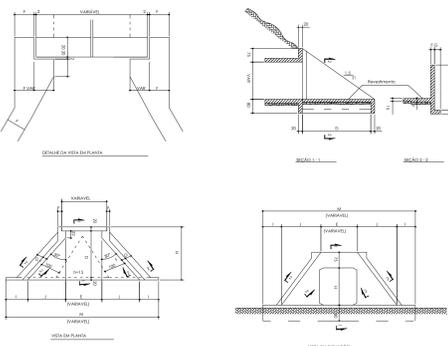


Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

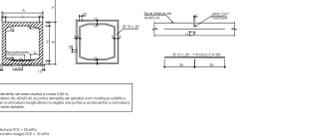
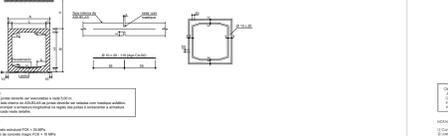


Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

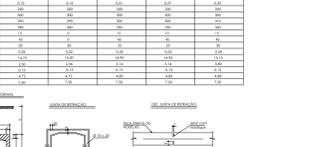
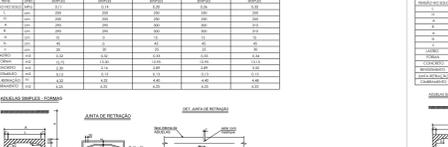


Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

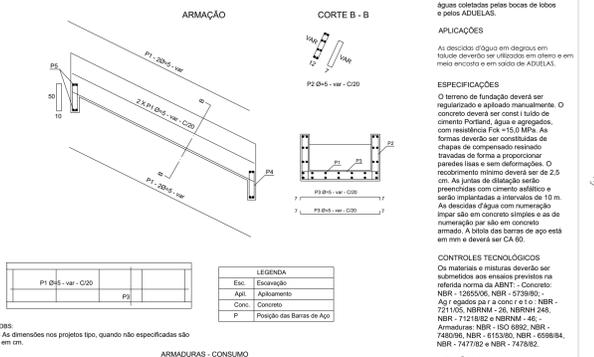
Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

Table with dimensions and specifications for bocas de saída, including columns for diameter, length, and material.

FORMATO A0 (DEPM) - INTERIOR: 1019 x 821 mm. EXTERIOR: 1054 x 841 mm. MARGEM: F=40 - 100.DWG / MATRIZ: 40 - 100.DWG

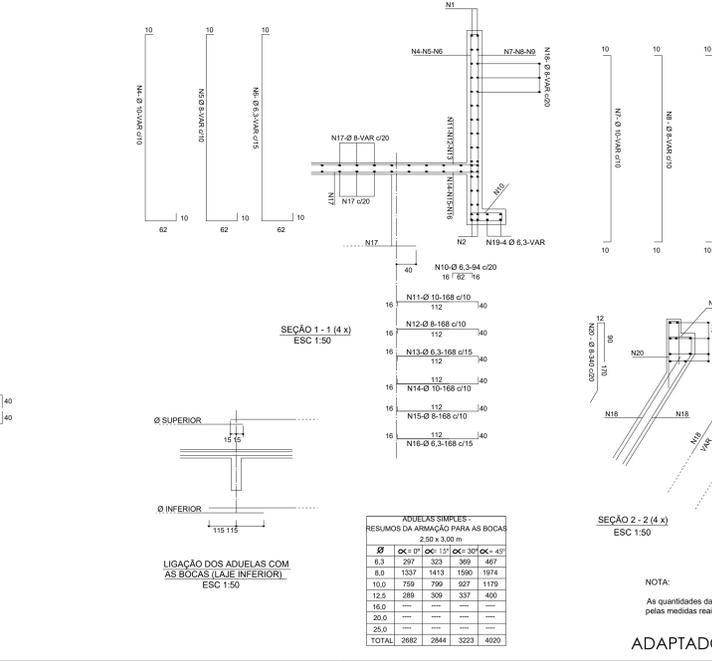
DDD - DESCIDA D'ÁGUA EM DEGRAUS EM TALUDE DE ATERRO



OBS: - As dimensões nos projetos tipo, quando não especificadas são em cm.

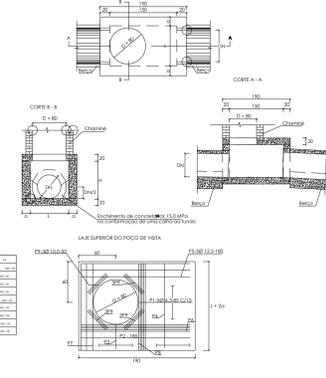
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

ARMAÇÃO DAS BOCAS PARA ADUELAS ALTURA = 300 cm - ALFA (α) = 0°, 15°, 30° e 45°



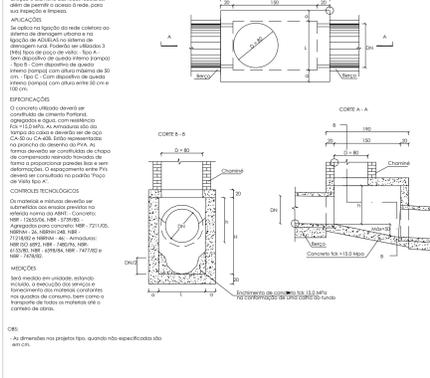
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

PVA - POÇO DE VISITA TIPO "A"



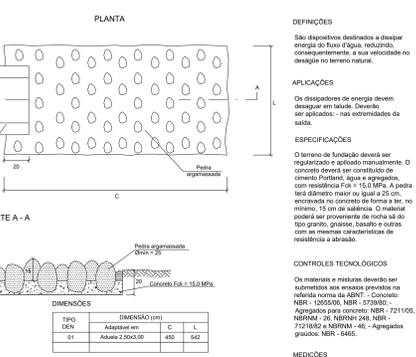
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/100

PVB - POÇOS DE VISITA TIPO "B"



ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

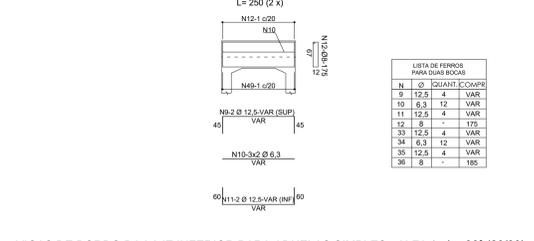
DEN - DISSIPADOR DE ENERGIA



OBS: - As dimensões nos projetos tipo, quando não especificadas são em cm.

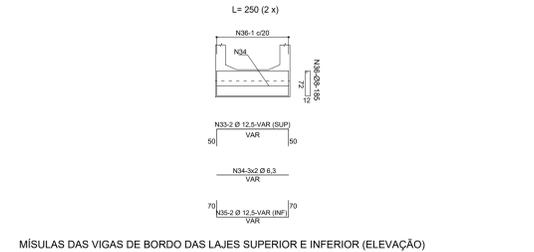
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

VIGAS DE BORDO DA LAJE SUPERIOR PARA ADUELAS SIMPLES - ALFA (α) = 30° (20/75)



ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

VIGAS DE BORDO DA LAJE INFERIOR PARA ADUELAS SIMPLES - ALFA (α) = 30° (20/80)



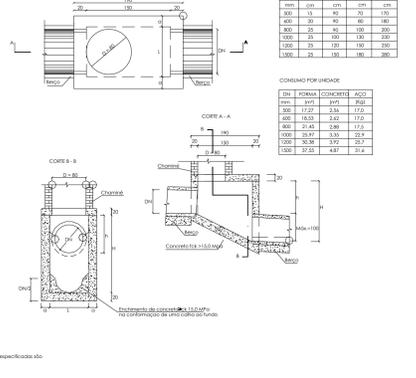
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

MISURAS DAS VIGAS DE BORDO DAS LAJES SUPERIOR E INFERIOR (ELEVACÃO)



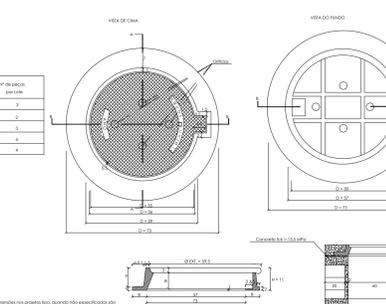
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

PVC - POÇOS DE VISITA TIPO "C"



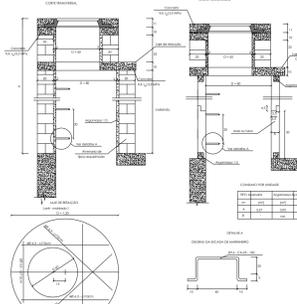
ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/50

TFC - TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO CINZENTO



ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/25

CPV - CHAMINÉ DE POÇO DE VISITA



ADAPTADO - DER - MG - ESC: 1/25

Table with project information including client name (Município de Três Corações), project name (Projeto de Drenagem), local (Centro de Três Corações - MG), and responsible engineer (Mateus José de Barros Júnior).

