

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**TIAGO DE SOUZA MEIRELES**

**PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA  
SÃO JOÃO DEL REY EM TRÊS CORAÇÕES – MG**

**Varginha  
2017**

**TIAGO DE SOUZA MEIRELES**

**PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA  
SÃO JOÃO DEL REY EM TRÊS CORAÇÕES – MG**

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

**Varginha  
2017**

**TIAGO DE SOUZA MEIRELES**

**PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA RUA  
SÃO JOÃO DEL REY EM TRÊS CORAÇÕES – MG**

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

Aprovado em    /    /

---

Esp. Luana Ferreira Mendes

---

Prof. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Eng. Luana Nogueira Matias

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de uma maneira especial:

A Deus, por ter me concedido saúde e disposição para enfrentar os desafios de cada dia.

A minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis desta caminhada, em especial a minha esposa Michele pela compreensão e paciência e aos meus pais.

A minha orientadora Esp. Luana Ferreira Mendes pelo papel fundamental neste trabalho, empenho e dedicação.

A todos os professores do UNIS-MG que contribuíram para a minha formação acadêmica.

## RESUMO

O grande problema de drenagem urbana, apesar de ser um item básico e fundamental no planejamento urbano, é a sua análise de forma parcial e superficial, haja visto os projetos mal dimensionados e mal executados. O sistema de microdrenagem tem finalidade de conduzir a água que precipita nesta bacia de contribuição evitando alagamentos e transtornos à população. O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado na Rua São João Del Rey no município de Três Corações – MG sobre sistema de microdrenagem, com o intuito de buscar soluções inerentes ao sistema. Para o desenvolvimento do presente trabalho, se fez necessário realizar uma revisão bibliográfica, levantamento de dados hidrológicos e componentes hidráulicos do local com o intuito de diagnosticar o trecho em estudo, a fim de identificar os problemas existentes no sistema de microdrenagem. Comparando os dados das verificações conclui-se que o sistema de microdrenagem está mal dimensionado, havendo a necessidade de um novo sistema de microdrenagem com utilização de bocas de lobo, galerias e poços de visita, além de um refazer as sarjetas e um novo recapeamento asfáltico. Por fim foi apresentado o projeto do novo sistema de microdrenagem para a solução os problemas encontrados, com uma estimativa de custo e memorial de serviços a serem executados.

**Palavras chaves:** Drenagem urbana. Microdrenagem. Três Corações.

## **ABSTRACT**

*The great problem of urban drainage, despite being a basic and fundamental item in urban planning, is analyzed in a partial and superficial way, since the projects are poorly designed and poorly executed. The drainage system has the purpose of driving the water that precipitates in this basin of contribution avoiding floods and upheavals the population. The present work presents a case study carried out at Rua São João Del Rey in the city of TrêsCorações - MG on a microdrainage system, with the aim of seeking solutions inherent to the system. The street under study was executed less than two years ago and presents problems related to microdrainage. A bibliographical review was carried out, a survey of hydrological and hydraulic data of the place with the purpose of characterizing the same, after the characterization and hydraulic and hydrologic verification, the calculations and technical studies were carried out to identify the problems existing in the microdrainage system. Comparing the verification data, it is concluded that the microdrainage system is poorly dimensioned and there is a need for a new microdrainage system with the use of lobes, galleries and visit wells, as well as a redoing of the gutters and a new asphalt recapture. Finally the project of the new microdrainage system was presented to solve the problems encountered.*

**Keywords:** *Urban Drainage. Micro drainage system. Três Corações.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema de uma sarjeta.....	18
Figura 02 - Principais bocas de lobo.....	20
Figura 03 - Elementos hidráulicos característicos das seções circulares.....	25
Figura 04 - Detalhamento de um poço de visita.....	27
Figura 05 - Bacia Hidrográfica.....	28
Figura 06 - Tipos de Divisores de água.....	29
Figura 07 - Deterioração da sarjeta.....	42
Figura 08 - Erosão e assoreamento.....	42
Figura 09 - Afundamento da via .....	43
Figura 10 - Crescimento de vegetação.....	43
Figura 11 - GPS utilizado.....	44
Figura 12 - Localização da Rua São João Del Rey na área urbana de Três Corações-MG.....	45
Figura 13 - Curvas de Nível e Altitudes.....	46
Figura 14 - Bacia de Contribuição.....	47
Figura 15 - Bacia de Contribuição par projeto.....	48
Figura 16 - Parâmetros da Equação IDF (k, a b, c) .....	51
Figura 17 - Sarjetas 01.....	54
Figura 18 - Sarjetas 02.....	55
Figura 19 - Sarjetas 03.....	55
Figura 20 - Vista da Rua.....	57
Figura 21 - Relatório do software Plúvio.....	58
Figura 22 - Sarjeta.....	62
Figura 23 - Boca de lobo – abertura.....	63
Figura 24 - Boca de lobo – detalhe transversal.....	63
Figura 25 - Corte transversal da galeria.....	64
Figura 26 - Detalhe transversal – Rua São João Del Rey.....	66
Figura 27 - Seção transversal – Rua São João Del Rey.....	68

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Parâmetros utilizados em canais/e/ou seção circular das galerias de águas pluviais.....	24
Quadro 02 - Valores de Período de Retorno.....	25
Quadro 03 - Valores de Período de Retorno.....	33
Quadro 04 - Coeficiente de Escoamento Superficial “C” .....	35
Quadro 05 - Coeficiente de Rugosidade de Manning “n” .....	37
Quadro 06 - Fatores de Redução de Escoamentos das Sarjetas.....	37
Quadro 07 - Valores de Período de Retorno.....	49
Quadro 08 - Comparativo Tempo de Retorno X Intensidade da Chuva.....	59
Quadro 09 - Quantitativo das Áreas.....	59
Quadro 10 - Comparativo Tempo de Retorno X Vazão.....	60
Quadro 11 - Orçamento.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Fator de redução do escoamento para bocas de lobo.....	21
Tabela 02 - Tabela da dimensão A em função do diâmetro maior.....	26
Tabela 03 - Espaçamentos dos poços de visitas em metros.....	27
Tabela 04 - Dimensão das sarjetas.....	62
Tabela 05 - Dimensões das bocas de lobo.....	64
Tabela 06 - Dimensão dos tubos de ligações .....	65
Tabela 07 - Dimensão das galerias.....	65
Tabela 08 - Dimensão dos poços de visita.....	65

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 Saneamento e Urbanização.....	16
3.2 Sistema e Drenagem .....	16
3.3 Microdrenagem.....	17
3.4 Dispositivos.....	18
3.4.1 Sarjetas .....	18
3.4.2 Boca de Lobo.....	19
3.4.3 Galerias.....	22
3.4.4 Poços de Visita .....	26
3.5 Hidrologia Fundamental.....	27
3.5.1 Bacia de Contribuição ou Bacia Hidrológica. ....	28
3.5.2 Intensidade de Chuva .....	29
3.5.3 Tempo de Escoamento Superficial.....	31
3.5.4 Tempo de Concentração .....	31
3.5.5 Tempo de Retorno .....	33
3.5.6 Coeficiente de Deflúvio.....	34
3.6 Determinação da Vazão Máxima: Método Racional .....	35
3.7 Determinação do Sistema de Microdrenagem Existente .....	36
3.7.1 Sarjeta.....	36
3.8 Recapeamento asfáltico.....	38
3.8.1 Fatores intervenientes no projeto.....	48
<b>4 MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>41</b>
4.1 Material. ....	41
4.2 Estudo de Caso.....	41
4.3 Determinação do Período de Retorno.....	49
4.4 Determinação do Tempo de Escoamento Superficial.....	49
4.5 Determinação do Tempo de Concentração .....	50
4.6 Determinação da Intensidade Máxima da Precipitação .....	50
4.7 Determinação do Coeficiente de Deflúvio .....	52
4.8 Determinação da Vazão Máxima da Bacia Contribuinte .....	52
4.9 Determinação de Escoamento dos Dispositivos de Drenagem .....	53
4.10 Velocidade da Sarjeta.....	54

<b>4.11 Procedimentos Para o Diagnóstico.....</b>	<b>55</b>
<b>4.12 Dimensionamento das bocas de lobo.....</b>	<b>56</b>
<b>4.13 Dimensionamento dos tubos de ligação.....</b>	<b>56</b>
<b>4.14 Recapeamento asfáltico.....</b>	<b>56</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1 Verificação Hidrológica .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2 Verificação Hidráulica .....</b>	<b>60</b>
<b>5.3 Recapeamento Asfáltico .....</b>	<b>67</b>
5.3.1 Dimensionamento técnico do recapeamento asfáltico .....	67
<b>5.4 Orçamento.....</b>	<b>68</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento das áreas urbanas de uma forma caótica e desordenada, o desmatamento, a substituição da cobertura vegetal natural, a impermeabilização das superfícies que implicam a diminuição da capacidade de infiltração, a falta de estudos e projetos adequados para a drenagem urbana tem sido cada vez mais responsáveis pelos impactos sociais, econômicos e sanitários de nossas cidades, colocando em risco toda a população que sofre com inundações e a precariedade em suas vias de acesso.

O dimensionamento de uma rede de águas pluviais deve considerar todas as peculiaridades da área em questão, assim como a projeção populacional para que os sistemas apresentem eficiência, funcionalidade e durabilidade.

Segundo Tucci (1995), o sistema de microdrenagem é responsável por captar, conduzir e dar um destino final às águas pluviais. Pode-se fazer uso em um projeto de microdrenagem vários componentes hidráulicos como: sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, caixas de passagem, poços de visita, calha viária nas ruas, meio fio, galerias, tubulação secundária, estações de bombeamento, entre outros.

Pode se dizer que a ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial causa grandes impactos no meio ambiente e na qualidade de vida da população que muitas vezes se sente ameaçada. Estes fatores, ou seja, falta de planejamento, ineficiência dos sistemas, taxa de ocupação, leva-se à conclusão que há necessidade de se caracterizar as causas, os efeitos e as possíveis soluções.

Para que um sistema de drenagem seja eficaz é preciso que se faça um estudo das particularidades da região considerando todos os parâmetros hidráulicos e hidrológicos e também a manutenção do mesmo como por exemplo, a limpeza assídua das sarjetas, ruas, bocas de lobo e todo o sistema de microdrenagem.

A finalidade deste trabalho é caracterizar, diagnosticar e apresentar a solução para um sistema de microdrenagem da Rua São Joao Del Rey, no município de Três Corações, onde a rua, objeto deste estudo, tem apresentado problemas em seus sistemas de microdrenagem causando transtornos à população. A rua apresenta grandes avarias apesar de seu curto tempo de execução.

O impacto social e econômico de um sistema de microdrenagem mal dimensionado não se justifica quando procura se adequar o mesmo dentro de um projeto de análise abrangente onde se observa todos os parâmetros adequados e relevantes para a sua correta execução, onde haja planejamento e estudo prévio das áreas que compõe o sistema de drenagem.

Justifica-se, portanto o estudo em questão e o projeto para a solução do sistema de microdrenagem para que possa minimizar os impactos oriundos de um sistema precário e ineficiente.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo propor um projeto de readequação do trecho para solucionar os problemas encontrados do sistema de drenagem na Rua São João Del Rey, no bairro Vila Rica no município de Três Corações.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a topografia da Rua São João Del Rey através do software Google Earth/Global Mapper.
- Caracterizar as propriedades hidrológicas da bacia com intuito de estabelecer as vazões.
- Determinar a vazão máxima para o trecho analisado.
- Determinar subdivisão de área e traçado da bacia de contribuição.
- Apresentar características físicas das estruturas existentes.
- Realizar dimensionamento de dispositivos hidráulicos para funcionamento pleno do sistema de microdrenagem.
- Determinar as medidas estruturais corretivas para a pavimentação.
- Elaborar projeto do sistema de microdrenagem da Rua São João Del Rey
- Estimar o custo final de implantação do sistema.
- Especificar materiais e serviços.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Saneamento e Urbanização**

Segundo a Lei Federal 11.445 de 5 de janeiro de 2007, saneamento básico consiste no conjunto de serviços de infraestrutura e instalações operacionais dos serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo dos resíduos sólidos, manejo e drenagem de águas pluviais. Esta lei estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

De acordo com Philippi Jr. (2005), saneamento básico consiste em ações como abastecimento de água, esgotamento sanitário, a limpeza pública e a drenagem pluvial.

De acordo com Tucci (1995), houve um grande crescimento da população urbana surgindo as regiões metropolitanas que ocorreram na década de 60. Essa urbanização gerou efeitos no abastecimento de água, tratamento de esgoto e drenagem pluvial, sendo esta última o foco deste trabalho.

Ainda de acordo com Tucci (1995), o processo de urbanização levou a impermeabilização do solo causado pelos telhados, ruas, calçadas e pátios das cidades. Conseqüentemente, a parcela de água que infiltrava no solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial, exigindo maior capacidade de escoamento das seções.

Em virtude desta urbanização é necessário que se façam estudos e projetos que visem a adequação dos sistemas de drenagem que não acarretem prejuízos para a população e o Estado.

#### **3.2 Sistema de Drenagem**

Segundo Botelho (2011), chama-se de drenagem o escoamento de água pluvial em uma bacia. Em áreas urbanas existe a terminologia para cada bacia específica:

- Macrodrenagem é a drenagem dos rios de uma bacia em estudo.

- Microdrenagem é definida como a drenagem de um bairro, de uma rua, de um trecho e é dividida ainda em drenagem superficial feita pelo escoamento das sarjetas e das ruas e drenagem profunda captada por bueiros e bocas de lobo.

Gribbin (2012) destaca que a drenagem urbana envolve o adequado escoamento das águas pluviais, com o objetivo de controlar as inundações, evitar o acúmulo de água parada e minimizar os prejuízos sociais, econômicos e sanitários causados pelas inundações.

Segundo o Instituto Militar de Engenharia, IME, 2003 os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem compõe o sistema geral de drenagem urbana.

### **3.3 Microdrenagem**

Segundo Tucci (1995), o intuito dos projetos de drenagem é o escoamento das águas pluviais que se referem as águas provenientes de precipitações atmosféricas estando em contato com a superfície urbana; as obras de microdrenagem tem como principal objetivo esgotar as vazões das chuvas que tem como consequência a ocorrência de alagamentos.

Segundo Cardoso Neto (2014), o dispositivo utilizado para o escoamento de águas pluviais em excesso, seja em rodovias, áreas rurais ou urbanas é definido como drenagem.

De acordo com Philippi Jr. (2005), o sistema de microdrenagem compõe-se de boca de lobo e bueiros para captação das águas superficiais que ocorrem pelas ruas e vias. Esses dispositivos são instalados nas sarjetas, em pontos apropriados para uma boa drenagem da rua. A coleta se faz por rede de galerias, transportando as águas superficiais até o ponto de lançamentos nos canais, córregos e/ou rios. As galerias possuem poços de visita para manutenção, caixas de ligação para interligá-las e sistemas de ventilação.

Segundo Righetto et al. (2009), o sistema de microdrenagem é projetado com o objetivo de atender a drenagem de precipitações de risco moderado. O escoamento das águas pluviais é feito pelas sarjetas, e conduzidas para as bocas de lobo e posteriormente transportadas para as galerias.

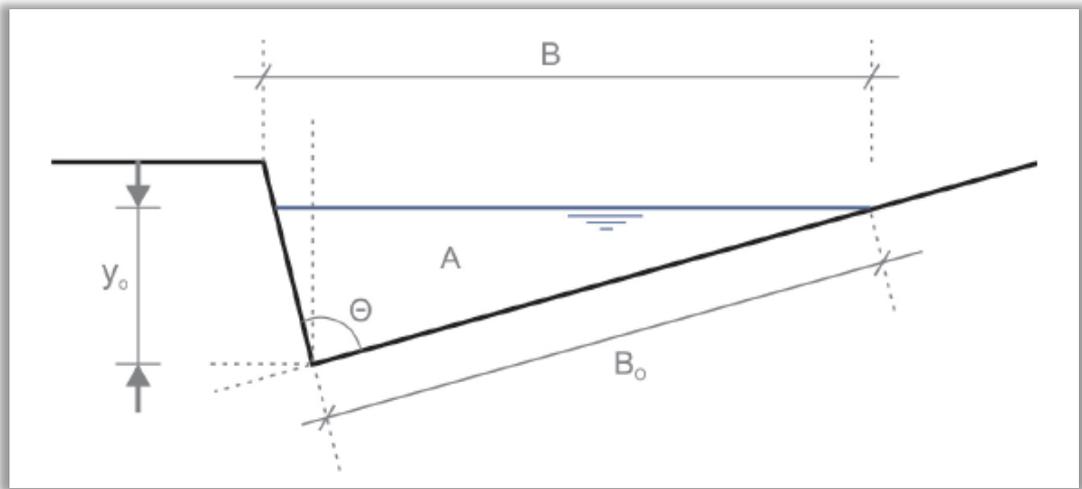
### 3.4 Dispositivos

#### 3.4.1 Sarjetas

Segundo Fugita et.al (1980) as sarjetas, por definição, são canais que tem por objetivo coletar e conduzir as águas pluviais da via pavimentada até as bocas de lobo e sarjetões.

De acordo com Botelho (2011) as sarjetas são usadas para fixar as guias e para formar o piso de escoamento de água. Normalmente as ruas possuem uma declividade transversal fazendo com que estas águas corram pelas sarjetas. Ainda segundo o mesmo autor, para as ruas asfaltadas, as sarjetas são essenciais, pois a máquina de asfaltamento teria dificuldade para chegar até a guia. E em ruas de paralelepípedos rejuntados com argamassa (areia e cimento), embora também se use, nesses casos, são sarjetas de concreto simples. A Figura 01 mostra o esquema de uma sarjeta.

Figura 01: Esquema de uma sarjeta



Fonte: CETESB (1980)

A CETESB (1980) explana que as capacidades teóricas da vazão das sarjetas simples podem ser dimensionadas utilizando a Fórmula de Manning modificada por Izzard, expressa na Equação 32.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{0,5} \times y^{8/3}$$

(Equação 01)

Onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ )

$Z$  = inverso da declividade transversal (m/m)

$i$  = declividade longitudinal (m/m)

$y$  = profundidade junto à linha de fundo (m)

$n$  = coeficiente de rugosidade

### 3.4.2 Boca de Lobo

De acordo com Tucci (1995), bocas de lobo são dispositivos posicionados em pontos importantes para a captação de água e está localizado nas sarjetas.

Segundo Cardoso Neto (2014) a localização das bocas de lobo deve respeitar o critério de eficiência na condução das vazões superficiais para as galerias. Para impedir os alagamentos e impedir águas paradas as bocas de lobo têm que ser colocadas em pontos baixos do sistema.

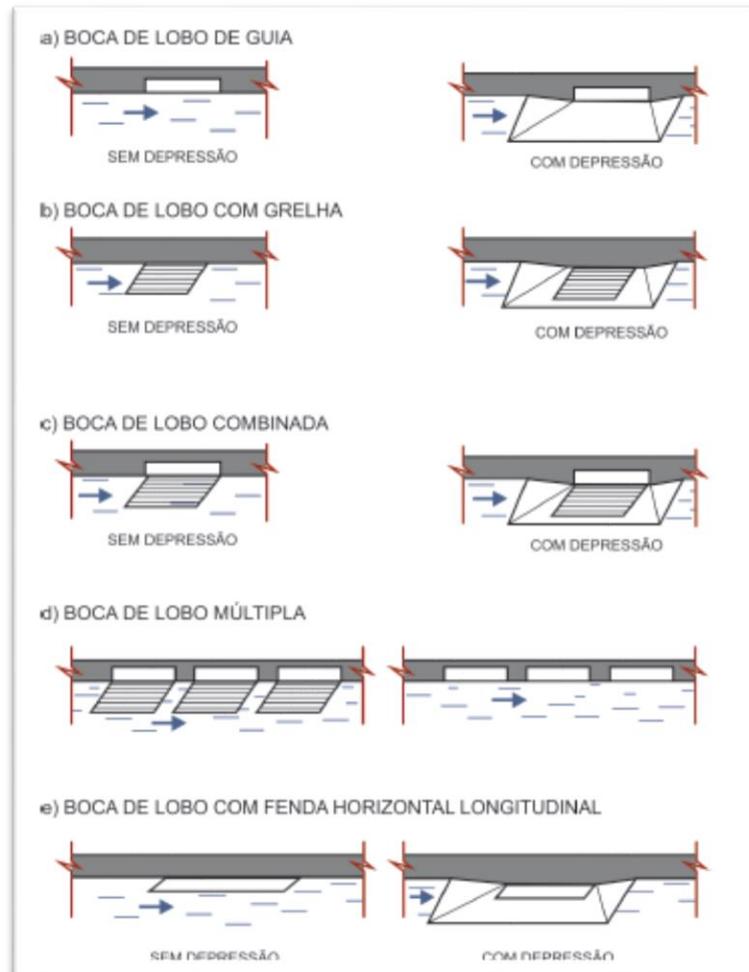
Para Botelho (2011), a boca de lobo é a mais comum das captações. Ela consiste de rebaixamento da sarjeta (para facilitar a captação), guia chapéu, caixa de captação, tampa de cobertura e conexões da caixa à galeria pluvial.

A CETESB (1980) classifica as bocas de lobo de acordo com as suas características em quatro tipos. São elas:

- Boca de lobo simples: largamente utilizada, é representada por uma abertura vertical na guia, conhecida como guia chapéu. Com o aumento da declividade a capacidade de esgotamento de boca de lobo pode ser afetado. Porém possui desvantagem por apresenta menor aplicabilidade em sarjetas com grandes declividades longitudinais;
- Boca de lobo com grelha: é um tipo que possui uma abertura com barras metálicas longitudinais ou transversais, constituindo uma ou mais grelhas. Possuem dois modelos, com e sem depressão. Sua desvantagem é a maior obstrução de detritos e a redução da capacidade de escoamento da mesma;

- Boca de lobo combinada: trata-se de uma combinação formado por bocas de lobo simples e bocas de lobo com grelhas. Podem ser construídos com e sem depressão. Sua melhor localização fica à jusante da guia.
  - Boca de lobo múltipla: consiste em um conjunto de bocas de lobo, instaladas em série.
- A Figura 02 apresenta os principais tipos de bocas de lobo, com e sem depressão.

Figura 02: Principais bocas de lobo



Fonte: CETESB (1980)

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) a capacidade de absorção de uma boca de lobo com abertura na guia apresenta os seguintes comportamentos:

- Quando a lâmina de água com altura menor do que a abertura na guia, a boca de lobo pode ser considerada um vertedouro e a capacidade de absorção pode ser calculada através da equação 02.

$$Q = 1,7 \times L \times y^{3/2}$$

(Equação 02)

Onde:

Q = vazão de absorção (m<sup>3</sup>/s)

L = comprimento da soleira (m)

y = altura de água próxima a abertura da guia (m)

De acordo com a CETESB (1980), é recomendável utilizar fatores de redução da capacidade de escoamento devido à obstrução parcial das bocas de lobo bem como problemas de irregularidade do pavimento. A Tabela 01 apresenta esses valores.

Tabela 01 - Fator de redução do escoamento para bocas 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	60
		110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: CETESB (1980)

De acordo com a CETESB (1980) a distância máxima entre uma boca de lobo e outra depende da quantidade de água reclusa pela sarjeta. A sarjeta é declinada para conter a água escoando sem transbordar. Caso a sarjeta suporte a vazão até a próxima boca de lobo a “x” metros, então não é necessário tecnicamente bocas de lobo intermediárias ao longo dessa distância.

### 3.4.3 Galerias

De acordo com Fugita et. al (1980), galeria é o conduto responsável por conduzir a água pluvial desde o ponto de captação até o ponto de descarte. As galerias podem ter várias formas como por exemplo: circular e retangular.

Conforme CETESB (2012) as galerias são canalizações utilizadas para a condução de águas pluviais oriundas das bocas de lobos e das ligações privadas. Ainda de acordo com o CETESB (2012), a fórmula que permite determinar as vazões em função do raio hidráulico é expressa através da equação 03.

$$Q = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i} \times Am$$

(Equação 03)

Onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

Rh = raio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (m/m)

Am = área molhada (m<sup>2</sup>)

De acordo com o CETESB (2012), utiliza-se a Equação de Manning para determinar a velocidade, expressa pela equação 04.

$$V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

(Equação 04)

Onde:

V = velocidade (m/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

i = declividade média (m/m)

Rh = raio hidráulico (m)

Tomaz (2011) explana que o raio hidráulico é a relação entre a área molhada e o perímetro molhado, obtido através da equação 05.

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

(Equação 05)

Onde:

Rh = raio hidráulico (m)

A = área molhada (m<sup>2</sup>)

P = perímetro molhado (m)

Menezes e Costa (2012) afirmam que na literatura técnica existem diversos parâmetros e critérios considerados no dimensionamento de galerias. O Quadro 01 apresenta esses valores, tais como: velocidade mínima (V. mínima), velocidade máxima (V. máxima), recobrimento mínimo (Rm), tempo de concentração inicial (tci), relação máxima da lâmina de água – diâmetro (y/d) e o tipo de escoamento sendo uniforme (Unif) ou gradualmente variado (Grad. Variado).

Quadro 01: Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

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

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

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

(c) Valor não fixado.

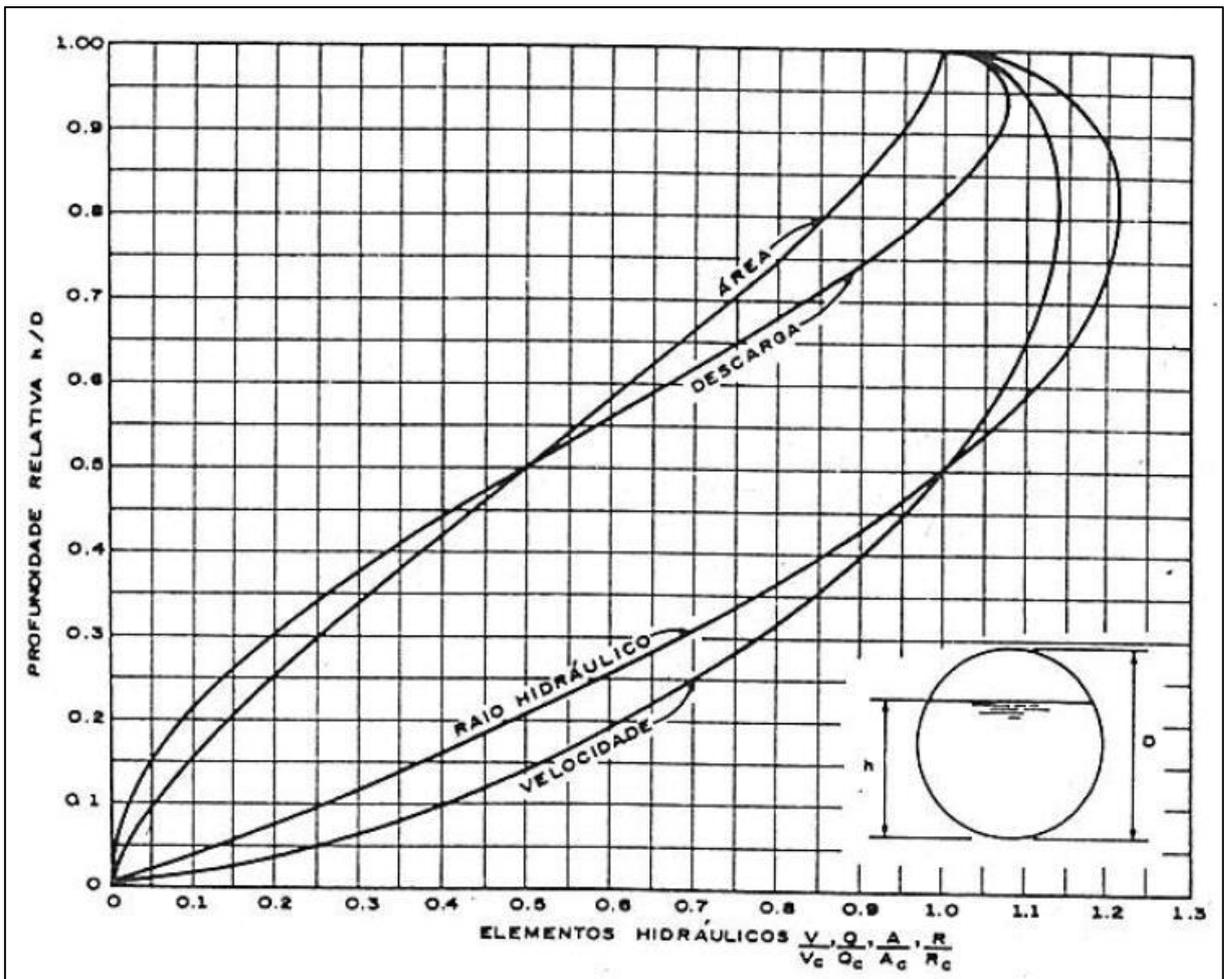
(d) Valores adotados pela ASCE (1992) – American Society of Civil Engineers.

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

Fonte: Menezes e Costa (2012)

De acordo com a CETESB (1980), quando a seção circular apresenta a relação  $y/D$  diferente de 0,5 (cinco décimos), 0,9 (nove décimos) e 1 (um) os parâmetros e critérios de dimensionamento devem ser reajustados conforme a figura 3.

Figura 3: Elementos hidráulicos característicos das seções circulares



Fonte: CETESB (1980)

O Quadro 02 apresenta a relação entre o diâmetro do conduto e o recobrimento mínimo.

Quadro 02: Recobrimento mínimo das galerias

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

Fonte: Universidade de São Paulo (2015)

### 3.4.4 Poços de Visita

De acordo com Cardoso (2014), os poços de visita devem ser colocados dependendo das necessidades, que são as seguintes: visita em mudanças de direção, declividade e diâmetro no entroncamento dos trechos e as bocas de lobo. Por critérios econômicos, o afastamento entre os poços de visita deve ser o máximo possível.

Segundo Botelho (2011), a função dos poços de visita é permitir a inspeção, limpeza de desobstrução de galerias enterradas. Os poços de visita estão localizados em cruzamentos de ruas, quando a galeria tem diâmetro de um de seus tubos aumentado, quando ocorre mudança de direção, a montante da rede e em trechos muito longos de galeria sem inspeção.

Botelho (2011) diz que a dimensão dos poços de visitas está ligado com o diâmetro das galerias. A tabela 02 apresenta esses valores.

A ilustração na figura 03 apresenta o detalhamento de um poço de visita e conclui a dimensão “A” mencionada na tabela 02.

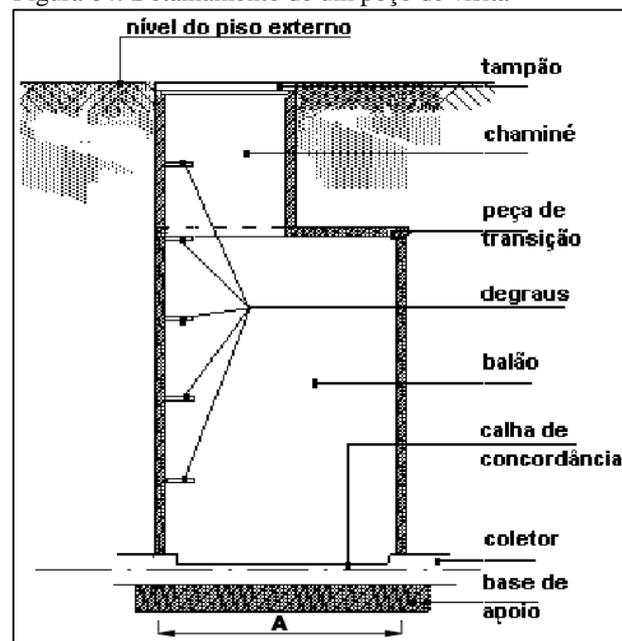
Tabela 02 - Tabela da dimensão A em função do diâmetro maior

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

Fonte: Botelho (2011)

De acordo com a CETESB (1980) o espaçamento dos poços de visitas está relacionado com o diâmetro ou a altura do conduto, conforme a tabela 03.

Figura 04: Detalhamento de um poço de visita



Fonte: Botelho (2011)

Tabela 03 - Espaçamentos dos poços de visitas em metros

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	120
0,50-0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: CETESB (1980)

### 3.5 Hidrologia Fundamental

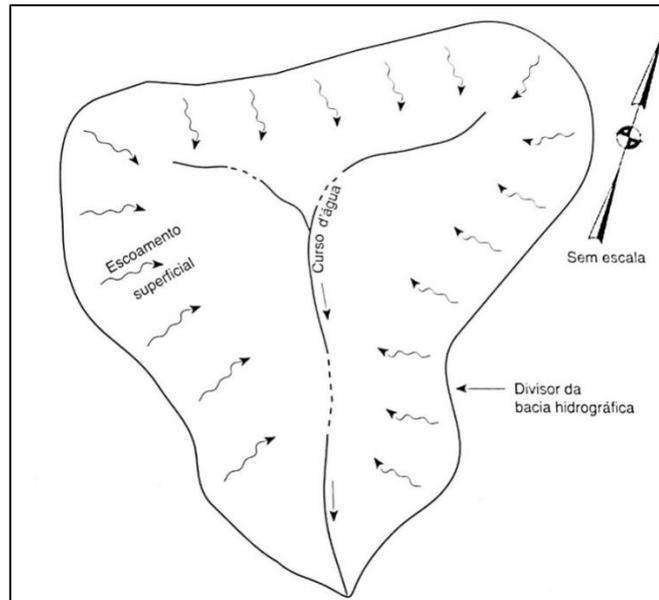
De acordo com Tucci et al. (1995), para a elaboração de um projeto de microdrenagem são necessários alguns elementos, tais como:

- Plantas;
- Levantamento topográfico;
- Cadastro de redes existentes ou que podem influenciar no projeto;
- Urbanização;
- Dados relativos ao curso de água receptor.

### 3.5.1 Bacia de Contribuição ou Bacia Hidrológica

Segundo Garcez (1976) bacia e contribuição é uma dada seção de um curso d'água delimitada topograficamente, onde as águas pluviais afluem a seção considerada.

Figura 05: Bacia hidrográfica

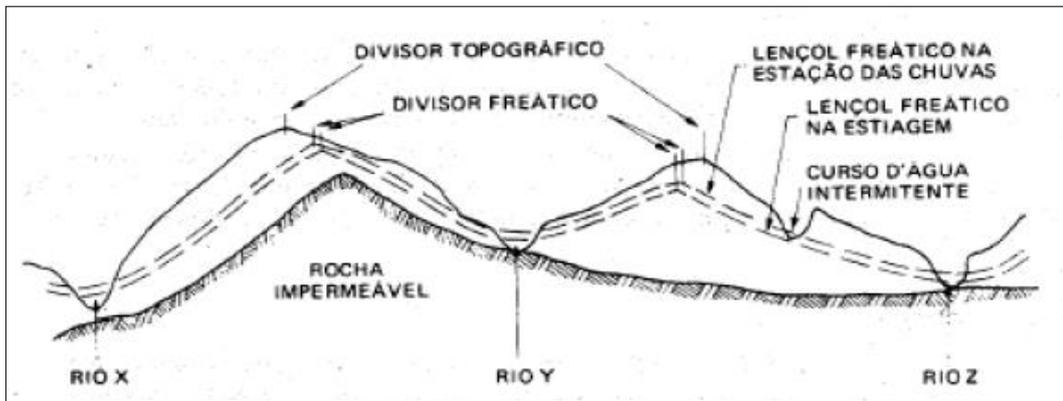


Fonte: Gribbin (2014)

De acordo com Gribbin (2014) a vazão resultante de um evento de chuva é determinada por uma área no qual incide essa chuva e essa área é chamada de bacia hidrográfica, como mostrado na figura acima.

De acordo com Tonello (2005), a bacia de contribuição é delimitada por dois divisores de água: freáticos e topográficos.

Figura 06: Tipos de Divisores de água



Fonte: Villela e Mattos (1975)

### 3.5.2 Intensidade de Chuva

Segundo Botelho (2011), a intensidade é a quantidade de chuva que cai numa área durante certo tempo. É uma medida volumétrica. O autor destaca que a chuva é medida por minutos de ocorrência e em dias de ocorrência ou até em anos.

De acordo com Villela e Mattos (1975) foram desenvolvidas diversas equações de chuvas para as regiões do Brasil que foram relacionadas com as variáveis da precipitação. Abaixo algumas equações empíricas, com  $i$  em mm/h,  $T$  em anos e  $t$  em minutos.

- Belo Horizonte: equação obtida por Adir José Freitas e Ana Amélia Carvalho de Sousa, em um período de 31 (trinta e um) anos (1938-1969), de acordo com a Equação 06.

$$i = \frac{(1447,87 \times T^{0,10})}{(t + 20)^{0,84}}$$

(Equação 06)

- Rio de Janeiro: equação obtida por Ulysses M. A. de Alcântara e Aguinaldo Rocha Lima, período de estudos de 33 (trinta e três) anos (1922-1945; 1949-1955; 1958; 1959), expressa pela Equação 07.

$$i = \frac{(99,1547 \times T^{0,217})}{(t + 26)^{1,15}}$$

(Equação 07)

• São Paulo: equação obtida por Paulo de Sampaio Wilken, analisando um período de retorno de 25 (vinte e cinco) anos (1935-1960), conforme a Equação 08.

$$i = \frac{(3462,7 \times T^{0,172})}{(t + 22)^{1,025}}$$

(Equação 08)

De acordo com a UFV (2008) pode-se obter a intensidade da chuva através da Fórmula de Chen, expressa pela Equação 09, pois o programa Plúvio fornece os quatro parâmetros (k, a, b e c) necessários o cálculo.

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

(Equação 09)

Onde:

I m= intensidade media da chuva (mm/h)

t = tempo de concentração (min)

TR = período de retorno (anos)

K, a, b, c = parâmetros relativos a localidade (extraídos do Software Plúvio 2.1)

### 3.5.3 Tempo de Escoamento Superficial

Para Botelho (2011), o tempo de escoamento superficial é o tempo que uma gota leva para percorrer toda a talvegue até a primeira boca de lobo do sistema.

De acordo com a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2010), o tempo de escoamento superficial ( $t_s$ ) pode ser obtido através da Equação de George Ribeiro, expressa pela Equação 10.

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

(Equação 10)

Onde:

$T_s$ = tempo de escoamento superficial (min)

$L$ = distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km)

$p$ = porcentagem de área permeável da bacia (valor absoluto)

$I_m$ = declividade média do terreno ao longo do trecho  $L$  considerado (m/m).

### 3.5.4 Tempo de Concentração

Segundo Gribbin (2014) tempo de concentração é uma medição do tempo para o escoamento ocorrer do ponto mais distante da bacia hidrográfica ao exutório da bacia.

Para Tomaz (2013), tempo de concentração é o tempo que gasta para que toda a área de contribuição considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada.

Segundo Mota e Kobiyama (2014) o tempo de concentração pode ser calculado pela Fórmula de Kirpich, de acordo com a Equação 11.

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

(Equação 11)

Onde:

$t_c$  = tempo de concentração (min)

$L$  = comprimento do talvegue (Km)

$\Delta h$  = diferença total de altitude ao longo do curso d'água principal (m)

De acordo com Ferreira (2010), a Fórmula de Ven Te Chow também pode ser utilizada para encontrar o tempo de concentração, expressa pela Equação 12.

$$t_c = 0,8773 \times \left( \frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,64}$$

(Equação 12)

Onde:

$t_c$  = tempo de concentração (h)

$L$  = comprimento do talvegue (Km)

$i$  = declividade em (m/Km)

Tucci (1995) afirma que o tempo de concentração depende basicamente de três fatores: cobertura vegetal, declividade e tempo de escoamento. O tempo de concentração pode ser calculado de acordo com a Equação 13:

$$T_c = T_a + T_s$$

(Equação 13)

Onde:

$T_c$  = tempo de concentração (min)

$T_s$  = tempo de escoamento superficial (min)

Ta = tempo que leva uma gota saindo em um ponto extremo da bacia de maior extensão (talvegue) até a primeira boca de lobo do sistema. Este valor será fixado em 10 minutos de acordo com Tucci (1995).

### 3.5.5 Tempo de Retorno

De acordo com Tomaz (2011), tempo de retorno corresponde ao período médio que um determinado evento hidrológico possa ser igual ou superado ao menos uma vez. Este dado é muito importante para a elaboração de projetos hídricos.

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

Segundo Gribbin (2014) tempo de retorno é o número médio de anos entre dois eventos de chuva que se igualam ou excedem um determinado número de polegadas durante uma determinada duração.

De acordo com Tucci et al (1995) utiliza-se o período de retorno de 2 a 10 anos, para obras de microdrenagem, conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Valores de Período de Retorno

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

Fonte: Manual CETESB-SP (1980)

### 3.5.6 Coeficiente de Deflúvio

Para Pinto et al. (1976) o coeficiente de deflúvio é a relação entre o total de água escoada pelo total de água precipitada na bacia. Esse escoamento é proveniente principalmente das precipitações.

De acordo com Gribben (2014) coeficiente de deflúvio ou coeficiente de *runoff* considera dois fatores a infiltração no solo e a evapotranspiração.

Tomaz (2002) elucida que o coeficiente de deflúvio ideal deve levar em consideração a maior quantidade de fenômenos que influencia no valor deste, como exemplo: porcentagem de área impermeável, características do solo, duração e intensidade da chuva, forma de área de drenagem, etc.

Segundo Tucci et al. (1995), o coeficiente de deflúvio varia de acordo com as características da bacia. No método racional, o valor do coeficiente de deflúvio da bacia será determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais, de acordo com a Equação 14.

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

(Equação 14)

Onde:

$C_m$  = coeficiente médio de escoamento superficial

$A$  = área total da bacia de contribuição

$C_i$  = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação “i”

$A_i$  = área da bacia correspondente à ocupação “i”

O Quadro 04 apresenta os valores do coeficiente de *runoff* pelo Método Racional aplicadas para um período de retorno variando entre 5 (cinco) a 10 (dez) anos.

Quadro 4: Coeficiente de escoamento superficial “C”

<b>Superfícies</b>	<b>Coeficiente C</b>	<b>Tempo de entrada (min)</b>
Telhados	0,70 a 0,95	5
Pavimentos	0,40 a 0,90	5
Via macadamizadas	0,25 a 0,60	5
Vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,30	5
Quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30	5 a 10
Parques, jardins, gramados dependendo da declividade	0,00 a 0,25	5 a 10

Fonte: Tomaz (2011)

### 3.6 Determinação da Vazão Máxima: Método Racional

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

Segundo Tucci et al. (1995) para a determinação da vazão máxima de bacias com área de até 2 km<sup>2</sup> é largamente utilizado o método racional. Ainda de acordo com o mesmo autor, para a utilização desta metodologia é necessário determinar o coeficiente de deflúvio, intensidade da chuva e a área da bacia de contribuição.

De acordo com Tomaz (2011), o Método Racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias, ou seja, com área de drenagem inferior a 3 Km<sup>2</sup> (três quilômetros quadrados). A fórmula racional é expressa pela Equação 15:

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

(Equação 15)

Onde:

Q = vazão de pico (m<sup>3</sup>/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

I = intensidade da chuva (mm/h)

A = área da bacia (m<sup>2</sup>)

### 3.7 Determinação do Sistema de Microdrenagem Existente

#### 3.7.1 Sarjeta

A CETESB (1980) diz que a capacidade teórica da vazão das sarjetas simples pode ser dimensionada utilizando a Fórmula de Manning modificada por Izzard, expressa na Equação 01.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{0,5} \times y^{8/3}$$

(Equação 01)

Onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

Z = inverso da declividade transversal (m/m)

i = declividade longitudinal (m/m)

y = profundidade junto à linha de fundo (m)

n = coeficiente de rugosidade

De acordo com Tomaz (2011) o coeficiente de rugosidade de Manning “n” é tabelado conforme a Quadro 05. A escolha desse coeficiente é difícil de realizar, dependendo muito da experiência e da vivência do projetista.

Quadro 05: Coeficiente de rugosidade de Manning “n”

<b>Características</b>	<b>n</b>
Canais retilíneos com grama até 15 cm de altura	0,30 – 0,40
Canais retilíneos com capins até 30 cm de altura	0,30 – 0,06
<b>Galerias de concreto</b>	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 – 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 – 0,014
Moldados no local com formas de madeira	0,015 – 0,020
<b>Sarjetas</b>	
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: CETESB (1980)

De acordo com a CETESB (1980) deve-se aplicar um fator de redução de escoamento das sarjetas, indicados no Quadro 06.

Quadro 06: Fatores de redução de escoamentos das sarjetas

<b>Declividade da sarjeta ( %)</b>	<b>Fator de redução</b>
0,40	0,50
1,00 a 3,00	0,80
5,00	0,50
6,00	0,40
8,00	0,27
10,00	0,20

Fonte: CETESB (1980)

Segundo Azevedo (1998), a velocidade das sarjetas deve ser menor que 5 m/s e a velocidade mínima deve ser maior que 0,75 m/s. A velocidade pode ser calculada utilizando a Equação 16 modificada por Izard.

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

(Equação 16)

Onde:

V = velocidade da sarjeta (m/s)

Z = declividade transversal da rua (m/m)

S = declividade longitudinal da rua (m/m)

n = coeficiente de rugosidade

Q = vazão ( $m^3/s$ )

### 3.8 Recapeamento asfáltico

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), recapeamento asfáltico é a modalidade de intervenção, definida em Projeto de Engenharia específico relativamente à restauração do pavimento e/ou à reabilitação do pavimento, que consiste na adequada sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camadas constituídas de misturas betuminosas e/ou concreto de cimento Portland. Tal sobreposição conferirá ao pavimento existente adequado aporte estrutural, mantendo-o assim apto a exercer, em continuidade, um novo ciclo de vida, de conformidade com as premissas técnico-econômicas.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), os melhoramentos que devem ser devidamente observados ao recapear uma via são:

- O atendimento a demandas operacionais que contemplam especificamente a geometria da via e/ou o sistema de sinalização e de segurança do tráfego.
- A adequação ou incorporação, face à ocorrência de eventos supervenientes, de elementos ou componentes integrantes de drenagem e de proteção da infraestrutura e/ou de obras complementares.

#### 3.8.1 Fatores intervenientes no projeto

A serventia é a habilidade do pavimento em proporcionar ao usuário conforto, segurança e economia. A recomposição da serventia de um pavimento pode ser necessária por uma ou mais das seguintes razões:

- a) qualidade de rolamento inadequada;
- b) excesso de defeitos de superfície;
- c) redução do coeficiente de atrito entre pneu e pavimento;
- d) necessidade excessiva de serviços de conservação;
- e) custos elevados para o usuário;
- f) capacidade estrutural inadequada para a solicitação de tráfego prevista.

A aplicação de uma camada asfáltica pode ser uma solução eficiente e relativamente durável para a correção da maioria das deficiências enumeradas anteriormente. As intervenções de resselagem da superfície e reciclagem podem promover melhorias funcionais e até mesmo estruturais, porém exigem cuidados especiais no projeto e construção.

Na seleção da alternativa de restauração mais apropriada, anterior ao dimensionamento propriamente dito, deverão ser considerados fatores como:

- a) condição atual do pavimento quanto à qualidade de rolamento e aos defeitos de superfície;
- b) características do tráfego no passado e no futuro, em termos de volume de tráfego, número de eixos e peso por eixo;
- c) avaliação estrutural do pavimento existente;
- d) condições ambientais, geralmente representadas pelo índice de precipitação pluviométrica e temperatura;
- e) condições de drenagem superficial e subterrânea;
- f) topografia do terreno (plana, montanhosa, ondulada ou suave);
- g) restrições impostas pelas estruturas contíguas (pontes, meio-fio, sarjetas ou mesmo acostamentos);
- h) vida útil requerida para a intervenção;

- i) materiais utilizados na construção original e aqueles disponíveis para a futura intervenção;
- j) idade do pavimento;
- k) histórico da conservação (os tipos e frequência das intervenções anteriores e seus respectivos custos);
- l) característica demográfica da região (urbana, suburbana ou rural).

Nem todos os fatores listados anteriormente são considerados nas rotinas para escolha da alternativa adequada. Os fatores de projeto mais comumente utilizados são:

- a) condição atual do pavimento com relação aos defeitos de superfície;
- b) solicitação de tráfego, em termos de número de repetições de carga por eixo padrão durante o período de projeto;
- c) capacidade estrutural do pavimento existente.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Material**

Município de Três Corações:

Três Corações é um município brasileiro localizado ao sul do estado de Minas Gerais, com uma população estimada em 2016 de 78.474 habitantes de acordo com dados do IBGE (2016), e possui uma área territorial correspondente a 828,038 Km<sup>2</sup>.

Segundo a Prefeitura Municipal de Três Corações, é servida pela Rede Ferroviária Federal S/A, que permite ligações com as principais cidades e polos da região Sudeste; possui um campo de pouso com 1.500 m de comprimento por 45 m de largura, distante 10 km da cidade, próximo à rodovia Três Corações/Cambuquira (MG-167). O município é cortado pela rodovia Fernão Dias - BR 381 - que passa a 7 km de seu centro urbano.

### **4.2 Estudo de caso**

Para o desenvolvimento do presente estudo foi necessário analisar a situação atual do sistema de drenagem da Rua São João Del Rey no Município de Três Corações-MG, onde há erosão, deterioração da via devido ao mal dimensionamento dos sistemas de drenagem. Para o estudo foi feita uma revisão bibliográfica sendo o assunto sobre drenagem urbana com enfoque em microdrenagem. A deterioração da sarjeta podem ser observadas na figura 07.

Figura 07: Deterioração da sarjeta



Fonte: O autor (2017)

Também pode ser observada erosão e assoreamento da pavimentação asfáltica. A figura 08 ilustra essa situação.

Figura 08: Erosão e assoreamento



Fonte: O autor (2017)

A via apresenta afundamento de sua pavimentação causando transtornos para seus usuários como podemos observar na figura 09.

Figura 09: Afundamento da via



Fonte: O autor (2017)

Na grande maioria das sarjetas observa-se que a falta de manutenção e conservação causam bloqueios nas sarjetas consequentemente desencadeiam o acúmulo de água e o crescimento de vegetação. A figura 10 ilustra essa situação.

Figura 10: Crescimento de vegetação



Fonte: O autor (2017)

Com base na situação apresentada, optou-se por realizar o seu estudo de caso possibilitando a análise fundamentada no sistema de microdrenagem existente, relacionado com

as diretrizes técnicas segundo especialistas em drenagem urbana, para obter dados necessários afim de propor soluções adequadas e eficazes.

Foi realizado um levantamento planialtimétrico da área em estudo utilizando softwares Google Earth Pro (2017) e Global Mapper (2016) respectivamente.

Para uma melhor determinação das linhas de contorno da bacia de contribuição foi utilizado um GPS de navegação da GARMIM (Map 60 Csx), onde foram tirados pontos no talvegue da bacia, como ilustra a figura 11.

Figura 11: GPS utilizado



Fonte: O autor(2017)

O Google Earth foi utilizado para a localização da área em estudo como mostra a figura 12, que está localizada na Rua São João Del Rei objeto de estudo deste projeto e onde apresenta os problemas de microdrenagem.

Figura 12:Localização da Rua São João Del Rey na área urbana de Três Corações-MG



Fonte: Adaptado. *Google Earth* (2017)

O Global Mapper foi utilizado para gerar as curvas de nível que possibilitou a identificação da altitude de cada curva. As curvas foram geradas de metro a metro da área estudada. A cota mais alta do trecho estudado é 903 e sendo o mais baixo cota 883. O comprimento total do trecho estudado é 240 metros. As curvas de nível e suas respectivas cotas podem ser observadas na figura 13.

Figura 13: Curvas de nível e altitudes



Fonte: Adaptado. *Google Earth* (2017)

A bacia de contribuição possui uma área de 24.314,00 m<sup>2</sup>, sendo o caminho mais longo que água percorre até o ponto mais baixo estudado é de 435,65 (quatrocentos e trinta e cinco metros e sessenta e cinco centímetros). O ponto mais alto da bacia de contribuição está na cota 927. A figura 13 mostra todos estes dados referentes à bacia.

Para o cálculo das áreas de contribuição da bacia, foi utilizado o software AUTO CAD (2015) e *Google Earth Pro* (2017) estabelecidas pela topografia do terreno, que possibilitou uma subdivisão da bacia de acordo com as características da bacia, ou seja, determinando as áreas pavimentadas, lotes vazios (maior parte), lotes habitacionais.



Figura 15: Bacia de contribuição para projeto



Fonte: Adaptado. *Google Earth* (2017)

### 4.3 Determinação do Período de Retorno

As bibliografias, no caso, o Manual CETESB-SP (1980), recomendam um tempo de retorno para as obras de microdrenagem variando de 2 a 10 anos.

Quadro 7: Valores de Período de Retorno

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

Fonte: Manual CETESB-SP (1980)

Para a determinação do Período de Retorno da bacia em estudo utilizaremos TR= 2 anos e TR = 10 anos, para uma melhor análise da vazão da rua.

### 4.4 Determinação do Tempo de escoamento Superficial

O tempo de escoamento superficial foi determinado mediante a utilização da equação 1 fórmula de George Ribeiro.

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

(Equação 10)

Onde:

$t_s$ = tempo de escoamento superficial (min)

$L$ = distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km)

$p$ = porcentagem de área permeável da bacia (valor absoluto)

$I_m$ = declividade média do terreno ao longo do trecho  $L$  considerado (m/m).

#### 4.5 Determinação do Tempo de Concentração

De posse do tempo de escoamento superficial ( $T_s$ ), o tempo de concentração foi determinado de acordo com a equação 8, fórmula de George Ribeiro, onde  $T_a$  corresponde a 10 minutos de acordo com a bibliografia.

$$T_c = T_a + T_s$$

(Equação 13)

Onde:

$T_c$  = tempo de concentração (min)

$T_s$  = tempo de escoamento superficial (min)

$T_a$  = tempo que leva uma gota saindo em um ponto extremo da bacia de maior extensão (talvegue) até a primeira boca de lobo do sistema. Este valor será fixado em 10 minutos de acordo com Tucci (1995).

#### 4.6 Determinação da Intensidade Máxima da Precipitação

Para a determinação da intensidade da chuva foi utilizado o software Plúvio 2.1, desenvolvido pela equipe de pesquisa de recursos hídricos da (Universidade federal de Viçosa), que trabalha com dados de chuvas intensas pelo método inverso e dentre as 28 combinações de interpolação, o método tem apresentado melhores resultados na estimativa de intensidade média de precipitação. Com os dados gerados pelo programa e também com os resultados preliminares obtidos anteriormente foi determinado através da equação 4 a intensidade da chuva.

De acordo com Tomaz (2013) quando não dispomos de uma equação de chuva específica para determinada cidade podemos fazer uma estimativa através do software Plúvio 2.1. Para determinação de intensidade máxima de precipitação foi utilizada a equação 9.

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

(Equação 09)

Onde:

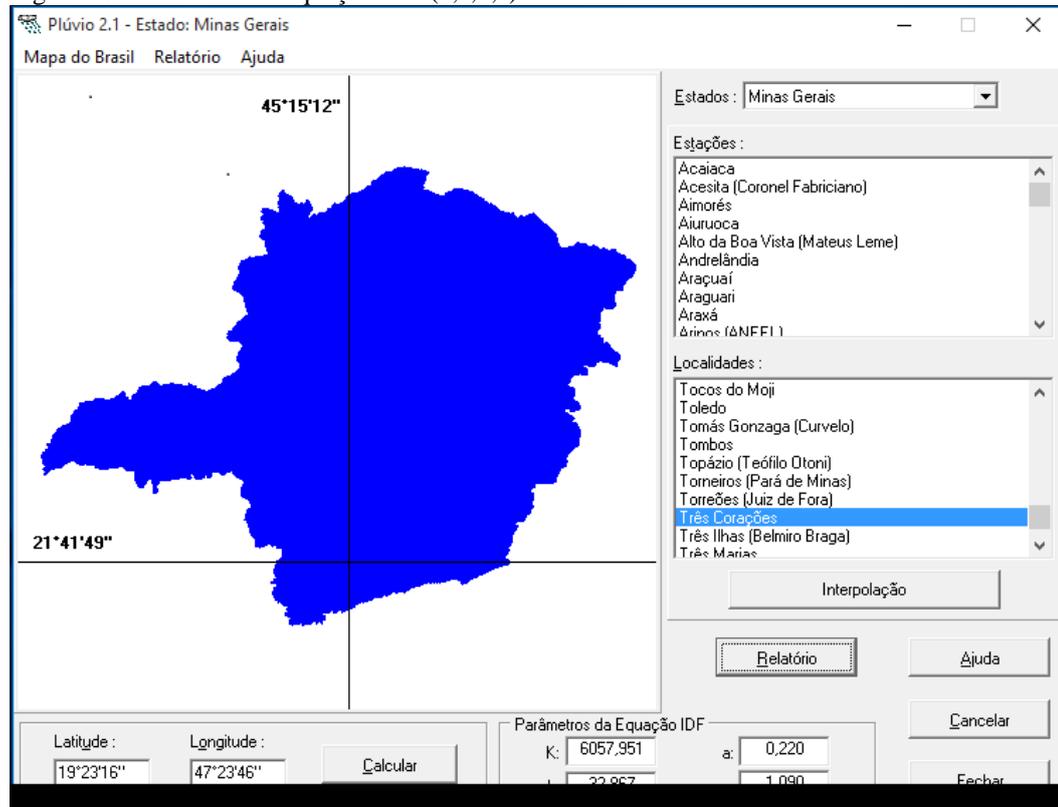
$I_m$  = intensidade media da chuva (mm/h)

$t$  = tempo de concentração (min)

$TR$  = período de retorno (anos)

$K, a, b, c$  = parâmetros relativos a localidade (extraídos do Software Plúvio 2.1)

Figura 16: Parâmetros da Equação IDF (k,a,b,c)



Fonte: Software Plúvio 2.1

#### 4.7 Determinação do Coeficiente de Deflúvio

O coeficiente de deflúvio foi calculado através da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais conforme a equação 14, sendo que para as áreas pavimentadas 0,65 e áreas residenciais 0,83 (embora não esteja ocupado em sua plenitude, mas para projeto deve ser considerado como tal). Os valores de coeficiente de deflúvio podem ser consultados na Quadro 4.

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

(Equação 14)

Onde:

$C_m$  = coeficiente médio de escoamento superficial

$A$  = área total da bacia de contribuição (m<sup>2</sup>)

$C_i$  = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação “i”

$A_i$  = área da bacia correspondente à ocupação “i” (m<sup>2</sup>)

#### 4.8 Determinação da Vazão Máxima da Bacia Contribuinte

De acordo com Tucci (1995), para a determinação da vazão máxima de bacias com área de até 2 km<sup>2</sup> é utilizado o método racional. A vazão máxima foi obtida pelo método racional através da equação 15.

$$Q = C.I.A$$

(Equação 15)

Onde:

Q = vazão máxima (m/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

I = intensidade de chuva (m/s)

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

De posse da vazão encontrada pela bacia de contribuição foi feito o cálculo da capacidade de escoamentos dos dispositivos de microdrenagem que no caso são apenas as sarjetas haja visto que no local não apresenta mais nenhum dispositivo de microdrenagem.

#### 4.9 Capacidade de Escoamento dos Dispositivos de Drenagem

A capacidade teórica das sarjetas simples será calculada de acordo com a Equação de Manning modificada por Izzard, expressa pela Equação 01. Será utilizada a Tabela 6 para determinar o fator de redução de escoamentos das sarjetas.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{0,5} \times y^{8/3}$$

(Equação 01)

Onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

Z = inverso da declividade transversal (m/m)

i = declividade longitudinal (m/m)

y = profundidade junto à linha de fundo (m)

n = coeficiente de rugosidade

#### 4.10 Velocidade da Sarjeta

Segundo Azevedo (1998), a velocidade das sarjetas deve ser menor que 5 m/s e a velocidade mínima deve ser maior que 0,75 m/s. A velocidade pode ser calculada utilizando a equação 16 modificada por Izard.

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

(Equação 16)

Onde:

V = velocidade da sarjeta (m/s)

Z = declividade transversal da rua (m/m)

S = declividade longitudinal da rua (m/m)

n = coeficiente de rugosidade

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

De posse da velocidade da sarjeta verificar se está dentro dos parâmetros exigidos pela literatura.

Os dispositivos de drenagem existentes na rua em estudo estão representados conforme as figuras 17, 18 e 19.

Figura 17: Sarjetas 01



Fonte: O autor

Figura 18: Sarjetas 02



Fonte: O autor (2017)

Figura 19: Sarjetas 03



Fonte: O autor(2017)

#### **4.11 Procedimentos para o Diagnóstico**

Serão apresentadas as características do local de estudo, tais como: localização, longitude, latitude, vias, tipo de via, tipo de pavimentação, dimensões e os tipos de ocupação urbana.

Essas características serão obtidas através de estudos técnicos e conhecimento do local, bem como levantamento de dados hidrológicos.

Serão analisadas as características da bacia de contribuição, tais como: área de cada superfície da bacia de contribuição, área total da bacia de contribuição, relevo e a distância entre o divisor mais extremo.

Serão apresentadas as características do sistema de microdrenagem existente, através de visitas *in loco*, onde será verificada a existência dos componentes do sistema de microdrenagem no local de estudo.

Será realizada a verificação hidrológica e hidráulica do sistema de microdrenagem para o local em estudo. Para alcançar esse propósito, serão utilizadas as equações citadas.

Deste modo, será possível realizar um diagnóstico do sistema de microdrenagem e apresentar o projeto para a solução definitiva do problema encontrado.

#### **4.12 Dimensionamento das bocas de lobo**

Será utilizada a Equação 02 para determinar a capacidade de absorção das bocas de lobo de guia com lâmina de água inferior à altura do meio fio.

#### **4.13 Dimensionamento dos tubos de ligações**

Para o dimensionamento desses tubos, são utilizados os mesmos procedimentos que se dimensionam um sistema de galerias. Via dados pré-estabelecidos como relação  $y/D=0,70$  seguindo a literatura de Azevedo Neto conforme Quadro 01, onde a seção considerada da área será limitada a 70%, e para resultado final de cálculo utilizando a Equação 03.

#### **4.14 Recapeamento asfáltico**

O recapeamento asfáltico será dimensionado conforme geometria necessária para escoamento transversal efetivo da Rua São João Del Rey, sendo considerada uma declividade de 2%. Ao determinar a altura do divisor da via, será então determinada a área transversal de projeto e logo depois calculado o volume de concreto betuminoso.

Os procedimentos para execução será o método apresentado pelo Departamento de Nacional de Estrada de Rodagem (DNER) que está descrito no Memorial Descritivo no Apêndice A.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Verificação Hidrológica

A área total da bacia de contribuição corresponde a 46.567,31 m<sup>2</sup> (0,046 km<sup>2</sup>) justificando o método racional e está localizada no Município de Três Corações – MG nas coordenadas latitude 21° 40'06" S e longitude 45°16'35"O. A rua pode ser visualizada na figura 19. Após realizar os levantamentos hidrológicos, em uma análise preliminar da bacia de contribuição, foram utilizados as equações e os métodos descritos anteriormente e obtiveram-se os seguintes dados:

Figura 20: Vista da Rua



Fonte: O autor(2017)

#### • Definição do tempo de retorno

Foram feitas visitas *in loco* e constatou-se que na bacia de contribuição o tipo de ocupação urbana é residencial, conseqüentemente TR = 2 anos, porém para uma melhor análise será realizado cálculos utilizando TR = 10 anos também. Portanto:

TR = 2 anos e 10 anos

(Equação 03)

- **Cálculo do tempo de concentração**

$$t_s = \frac{(16 \times 0,563)}{[(1,05 - 0,2 \times 0) \times (100 \times 0,10)^{0,04}]} \rightarrow t_s = 7,82 \text{ min}$$

(Equação 10)

- **Determinação da intensidade máxima de precipitação**

Através do *software* Plúvio foi possível identificar os parâmetros necessários para determinar a intensidade da chuva com os dados específicos para a cidade de Três Corações-MG. A figura 21 apresenta o relatório gerado nesse programa.

Figura 21: Relatório do software Plúvio

 <b>Plúvio 2.1</b>  <small>Copyright (2005) © GPRH</small>	
<b>RELATÓRIO</b>	
<b>Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação</b>	
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	
<b>Localidade:</b> Três Corações	<b>Estado:</b> Minas Gerais
<b>Latitude:</b> 21°41'49"	
<b>Longitude:</b> 45°15'12"	
<b>PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:</b>	
<b>K:</b> 6057,951	
<b>a:</b> 0,220	
<b>b:</b> 32,867	
<b>c:</b> 1,090	

Fonte: Universidade Federal de Viçosa (2006)

- **Cálculo da intensidade da precipitação**

Tempo de retorno 2 anos:

$$I_m = \frac{6057,951 \times 2^{0,220}}{(17,82 + 32,867)^{1,090}} \rightarrow I_m = 97,78 \text{ mm/h} = 0,000027 \text{ m/s}$$

(Equação 9)

Tempo de retorno 10 anos:

$$I_m = \frac{6057,951 \times 10^{0,220}}{(17,82 + 32,867)^{1,090}} \rightarrow I_m = 139,31 \text{ mm/h} = 0,000039 \text{ m/s}$$

(Equação 9)

Quadro 8: Comparativo Tempo de retorno x intensidade de chuva

Tempo de retorno (anos)	Intensidade de chuva (m/s)
2	0,000027
10	0,000039

Fonte: O autor (2017)

• **Coefficiente de *runnof***

A Quadro 9 apresenta o quantitativo das áreas na bacia de contribuição em estudo. Utilizou-se a Quadro 04 para verificar quais áreas encontravam-se na bacia e o *AutoCad* 2016 para realizar o levantamento das áreas.

Quadro 9: Quantitativo de áreas

Superfície	Área (m <sup>2</sup> )	C
Pavimentos	5.433,00	0,65
Área residencial	41134,31	0,83

Fonte: A autor (2017)

• **Cálculo do coeficiente de *runnof* médio**

$$C_m = \frac{1}{46567,31} * [(5.433,00 * 0,65) + (41134,31 * 0,83)] \rightarrow$$

$$C_m = 0,81$$

(Equação 14)

• **Cálculo da determinação da vazão**

Tempo de retorno 2 anos:

$$Q = 0,81 * 0,000034 * 46567,31 \hat{=} Q = 1,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 15)

Tempo de retorno 10 anos:

$$Q = 0,81 * 0,000048 * 46567,31 \hat{=} Q = 1,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 15)

Quadro 10: Comparativo Tempo de retorno x Vazão

<b>Tempo de retorno</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
2	<b>1,02</b>
10	<b>1,47</b>

Fonte: A autor (2017)

## 5.2 Verificação Hidráulica

Após realizar os levantamentos hidrológicos, em uma análise preliminar da bacia de contribuição, foram utilizados as equações e os métodos descritos anteriormente e obtiveram-se os seguintes dados:

• **Cálculo da vazão das sarjetas**

A capacidade das sarjetas existentes foi calculada seguindo ao dados que foram verificados e *in loco*, a declividade longitudinal igual a 8% (oito por cento), a altura da guia igual a 0,15 m (quinze centímetros), a altura molhada refere-se a 80% (oitenta por cento) da altura da guia, portanto, apresenta 12 cm (doze centímetros), o coeficiente de rugosidade adotado é de 0,016

(dezesseis décimos de milésimos) e o inverso da declividade transversal equivale a 33,33 m/m (trinta e três metro por metro).

$$Q = 0,375 \times \left( \frac{1/0,03}{0,016} \right) \times 0,08^{0,5} \times 0,12^{8/3} \rightarrow Q = 0,774 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 01)

Levando em consideração o fator de redução do escoamento das sarjetas indicados na quadro 6, a vazão máxima que as sarjetas podem suportar é:

$$Q = 0,774 \times 0,80 \rightarrow Q = 0,619 \text{ m}^3/\text{s}$$

(Equação 06)

#### • Cálculo da velocidade das sarjetas

A velocidade da sarjeta foi calculada utilizando a equação 16 que apresenta dados de inclinação transversal de 3% (três por cento), a declividade longitudinal de 8% (oito por cento), o coeficiente de rugosidade adotado de 0,016 (dezesseis décimos de milésimos) e a vazão de 0,62 m<sup>3</sup>/s (capacidade da sarjeta) e (1,82/2) m<sup>3</sup>/s (situação real).

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

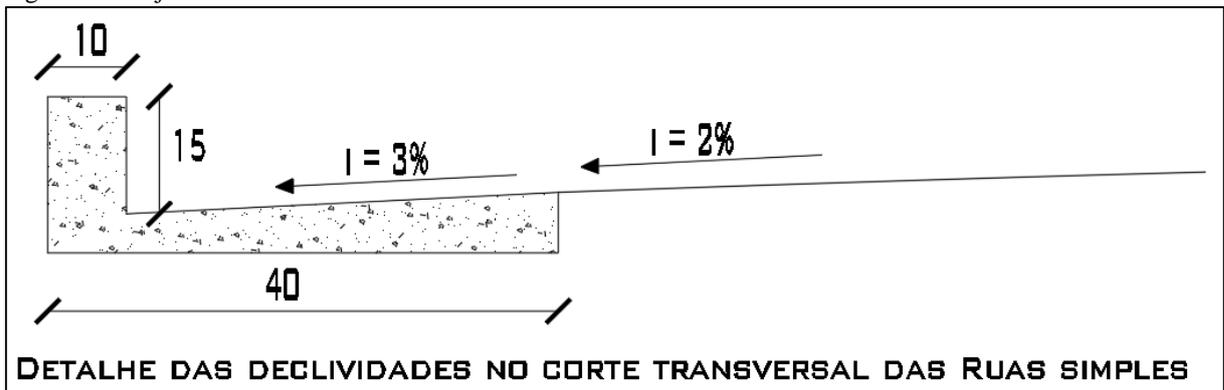
$$V. \text{ máxima} = 0,958 \times \left( \frac{1}{33,33^{0,25}} \right) \times (0,08^{0,5}/0,016)^{3/4} \times 0,62^{1/4} \rightarrow V=3,05 \text{ m/s}$$

$$V. \text{ real} = 0,958 \times \left( \frac{1}{33,33^{0,25}} \right) \times (0,08^{0,5}/0,016)^{3/4} \times (1,47/2)^{1/4} \rightarrow V=3,18 \text{ m/s}$$

Embora foi calculado a velocidade da vazão considerando a vazão total sobre as sarjetas da Rua São João Del Rey, para o projeto não será considerado assim, pois, haverá projeto para galerias e bocas de lobo ao longo da bacia, o que diminuirá de maneira gradual a vazão na rua de estudo.

Veja abaixo a figura de como é o modelo esquemático da sarjeta que deve complementar toda a rua em estudo:

Figura 22: Sarjeta



Fonte: O autor (2017)

Tabela 04 - Dimensões das sarjetas

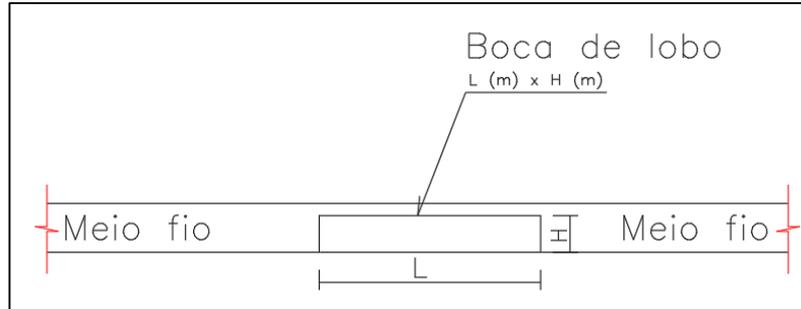
Dimensões – Sarjetas – Dados gerais		
i Transversal (%)	i Longitudinal (%)	Largura (cm)
3	i Terreno	30,0

Fonte: Autor (2017)

#### • Dimensionamento das bocas de lobo

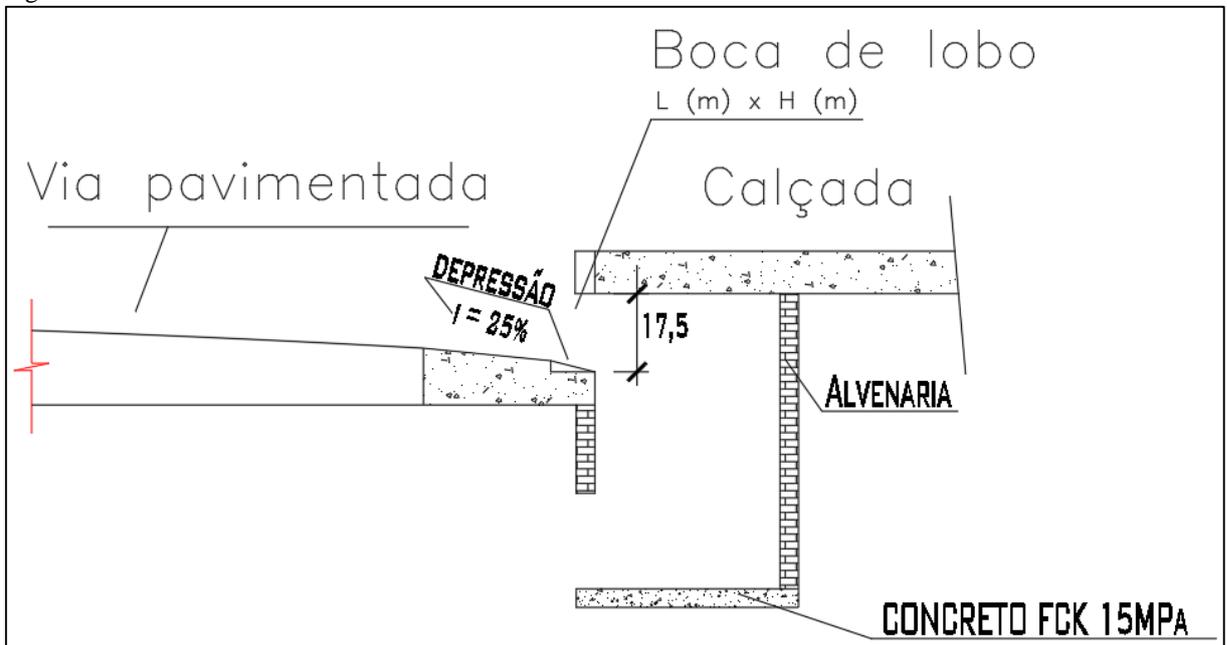
As bocas de lobo foram dimensionadas conforme a capacidade da sarjeta de cada trecho das ruas que fazem parte da bacia de contribuição, sendo que no local não existe nenhuma boca de lobo e conseqüentemente nenhuma galeria ou poço de visita. Foram distribuídas 11 bocas de lobo em todo o trajeto, sendo as duas últimas no final do trecho em estudo, o ponto de cota mais baixo da Rua São João Del Rey, uma boca de lado em cada esquina antes do raio de giração. As figuras 23 e 24 mostram os esquemas das bocas de lobo e a Tabela 05 suas devidas dimensões.

Figura 23: Boca de lobo - abertura



Fonte: O autor (2017)

Figura 24: Boca de lobo – detalhe transversal



Fonte: O autor (2017)

Tabela 05 - Dimensões das bocas de lobo

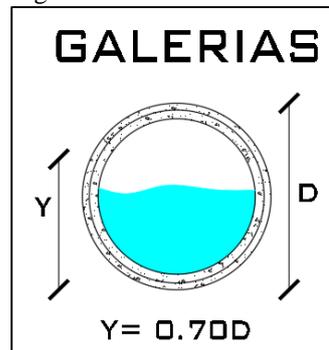
Dimensões – Bocas de lobo		
Boca de lobo	h (m)	L (m)
BL-01	0,175	2,20
BL-02	0,175	1,50
BL-03	0,175	1,75
BL-04	0,175	2,65
BL-05	0,175	0,60
BL-06	0,175	1,10
BL-07	0,175	1,40
BL-08	0,175	1,25
BL-09	0,175	0,50
BL-10	0,175	1,25
BL-11	0,175	0,50

Fonte: O autor (2017)

#### • Dimensionamento dos tubos de ligações, galerias e poços de visita

Os tubos de ligações, galerias e poços de visita foram calculados para receber as águas da bacia em estudo, logo, após canalizadas, serão direcionadas até último poço de visita (PV-04), sendo este já existente no local e depois devem seguir o trajeto normal das galerias (G4) que também já existem no local. Seguem as tabelas abaixo com seus respectivos dimensionamentos:

Figura 25: Corte transversal da galeria



Fonte: O autor (2017)

Tabela 06 - Dimensões dos tubos de ligações

Dimensões - Galerias				
Tubo	D (mm)	Y (mm)	i (m/m)	L (m)
T1	600	420	0,0600	10,00
T2	600	420	0,0738	12,20
T3	600	420	0,0574	12,00
T4	600	420	0,0989	9,10
T5	600	420	0,1000	9,00
T6	600	420	0,0480	12,50
T7	600	420	0,0960	12,50
T8	600	420	0,1000	3,00
T9	600	420	0,1000	3,00
T10	600	420	0,1000	10,00
T11	600	420	0,1000	10,00

Fonte: Autor (2017)

Tabela 07 - Dimensões das galerias

Dimensões - Galerias				
Galeria	D (mm)	Y (mm)	i (m/m)	L (m)
G1	600	420	0,09	78,60
G2	600	490	0,08	126
G3	800	560	0,03	126
G4	1000	700	0,025	160

Fonte: Autor (2017)

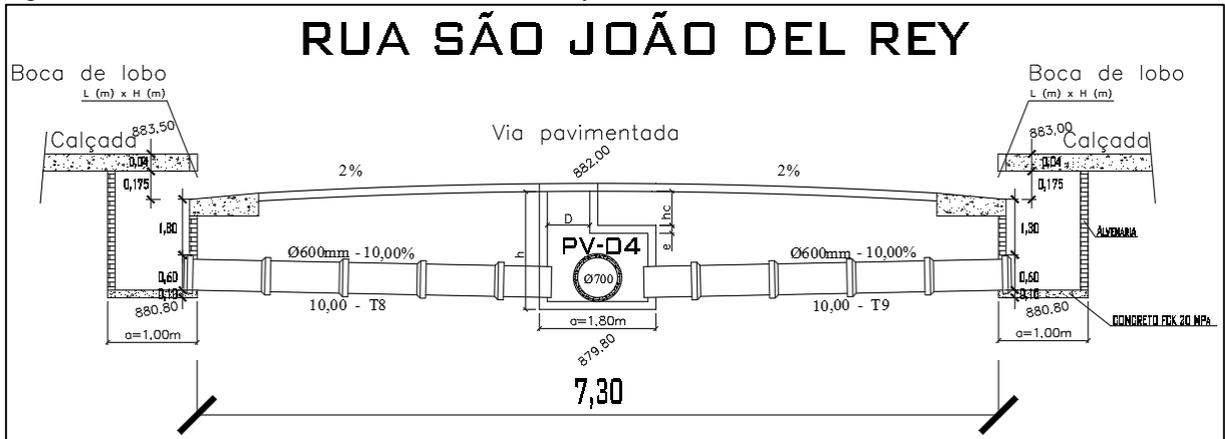
Tabela 08 - Dimensões dos poços de visitas

Dimensões – Poços de visitas					
Poço de visita	h (m)	A (m)	hc (m)	e (m)	D (m)
PV-01	1,40	1,40	0,30	0,08	0,60
PV-02	1,90	1,40	0,30	0,08	0,70
PV-03	1,90	1,60	0,30	0,03	0,80
PV-04	2,20	1,80	0,30	0,08	1,00

Fonte: Autor (2017)

Veja abaixo mais detalhes sobre os dispositivos na figura 26:

Figura 26: Detalhe transversal – Rua São João Del Rey



Fonte: O autor (2017)

#### • Análise final

As sarjetas deveriam ser complementadas em todo o trecho da Rua São João Del Rey devido a deterioração dessas estruturas no local de estudo. Serão no total 480 metros de sarjetas de concreto, 240 metros para cada lado.

Os tubos de ligações deverão ser executados com diâmetro mínimo de 600 milímetros, devido a legislação local da Prefeitura Municipal de Três Corações.

As bocas de lobos devem obedecer também ao projeto descrito neste trabalho para poder recolher de maneira eficiente as águas pluviais. Devem ser instaladas antes do raio da curva da esquina do ponto de cota baixa na Rua São João Del Rey, e também ao longo das ruas que fazem parte da bacia de contribuição, distância detalhada em projeto.

Os poços de visitas e as galerias foram também determinados no projeto, ambos obedecendo critérios descritos neste trabalho.

Todos os dispositivos projetados para este sistema foram para atender a demanda de vazão de projeto para tempo de retorno igual a 10 anos, onde consta a bacia demarcada. O poço de visita final (PV-04) e a galeria (G4), ambos na Av. Tiradentes, recebem toda água da bacia e são dispositivos existentes, portanto, não foram projetados, apenas conferidos e estão de acordo com a demanda.

### 5.3 Cálculo do recapeamento asfáltico

#### 5.3.1 Dimensionamento técnico do recapeamento asfáltico:

A declividade transversal desejada do pavimento asfáltico na Rua São João Del Rey é de 2%, para isso é necessário que a quantidade de material seja suficiente. A rua possui 6,70 metros de largura, então para calcular a altura do seu divisor central tem-se:

$$6,70/2 = 3,35 \text{ metros} \rightarrow 3,35\text{m} \times 0,02\text{m/m (2\%)} \rightarrow 0,067\text{m} = 7,00 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{H \text{ divisor} = 7,0 \text{ cm}}$$

Dados gerais da Rua São João Del Rey:

Largura do asfalto: 6,70 metros

Espessura total: 0,05 metros (valor projetado para o local segundo a Prefeitura Municipal)

Comprimento total: 240 metros

Altura do divisor asfáltico: 0,07 metros

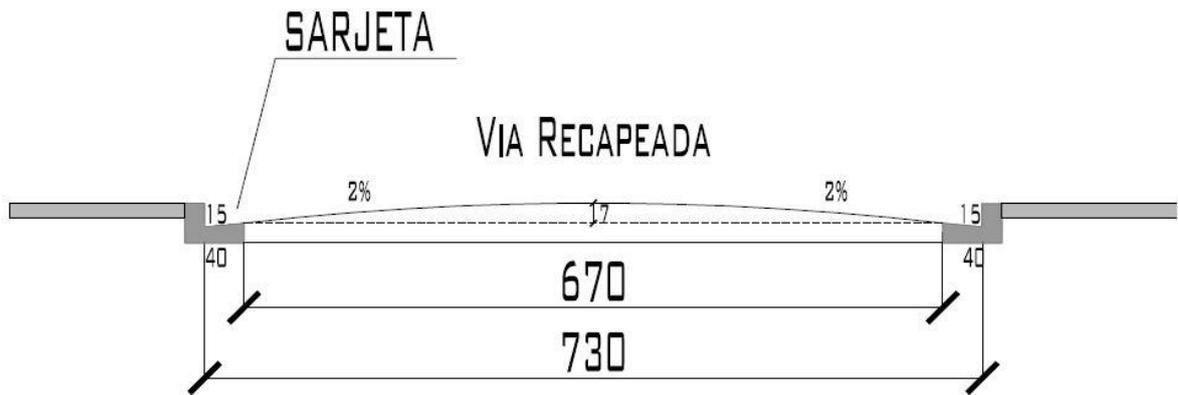
Declividade transversal: 2%

Volume de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ:

$$V_{\text{CBUQ}} = (240 \times 6,70 \times 0,05) = 80,40 \text{ m}^3 \text{ de CBUQ}$$

Todos os resultados e cálculos das verificações hidráulicas e hidrológicas podem ser observados do APÊNDICE B.

Figura 27: Seção transversal Rua São João Del Rey



## RUA SÃO JOÃO DEL REY

Fonte: O autor (2017)

A área transversal projetada para o trecho em estudo deve seguir conforme figura 26, e sua execução deve seguir os procedimentos descritos no APÊNDICE C.

### 5.4 Orçamento

Para orçar as obras deste trabalho, os valores de serviços e materiais são sem desoneração e tiveram como base o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Esse sistema atualiza os valores ao decorrer de alguns períodos do ano. Para esse orçamento foi utilizado a planilha publicada em 13 de Outubro de 2017 pelo site da Caixa (2017). O BDI obtido foi calculado de acordo com dados da região e do município.

O uso do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) em obras de engenharia é recomendado pelo Decreto 7983/2013, que aplica regras para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, para obtenção de referência de custo, e pela Lei 13.303/2016, que dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de seus apoios.

Para induzir o uso dessas referências a Caixa disponibiliza os preços e custos do SINAPI para que possam ser consultados e utilizados como referência na elaboração de orçamentos. O gerenciamento do SINAPI é compartilhado entre Caixa e IBGE. A Caixa é incumbida pela base técnica de engenharia (especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de

referência) e pelo processamento de dados, e o IBGE pela pesquisa mensal de preço, tratamento dos dados e formação dos índices. A manutenção das referências do SINAPI pela Caixa é realizada conforme Metodologias e Conceitos. Veja no Quadro 11 o orçamento realizado.

Quadro 11- Orçamento

Descrição	Unidade	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total	C. Total + BDI
FRESAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, EM LOCAIS COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA.	m <sup>2</sup>	2,28	1608	3666,24	4766,11
CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 5.0 CM EXCLUSIVE TRANSPORTE.	m <sup>3</sup>	662,55	80,4	53269,02	69249,73
ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO MACICO 5X10X20CM 1/2 VEZ (ESPESSURA 10CM), ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA)	m <sup>2</sup>	53,98	88,8	4793,424	6231,45
CONCRETO FCK = 15MPA, TRAÇO 1:3,4:3,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L.	m <sup>3</sup>	241,05	1,1	265,155	344,70
EXECUÇÃO DE SARIETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO, 40 CM BASE X 10 CM ALTURA.	m	26,52	480	12729,60	16548,48
ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO CURVO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X25 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA) PARA URBANIZAÇÃO INTERNA DE	m	34,56	480	16588,80	21565,44
TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO INCLUSIVE ESCAVACAO MANUAL	m	151,38	181,9	27536,02	35796,83
TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 800 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO INCLUSIVE ESCAVACAO MANUAL	m	225,48	252	56820,96	73867,25
POCO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, DIÂMETRO = 60CM E 140CM, PROF = 140CM, EXCLUINDO TAMPÃO FERRO FUNDIDO.	un	1028,33	1	1028,33	1336,83
POCO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, DIÂMETRO = 150CM, PROF = 190CM, EXCLUINDO TAMPÃO FERRO FUNDIDO.	un	1141,43	2	2282,86	2967,72
ASSENTAMENTO DE TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO 600 MM	un	73,29	3	178980,41	232674,53
				<b>R\$ 354.294,58</b>	<b>R\$ 460.582,96</b>

Fonte: Autor (2017) – Orçamento com base no SINAPI (10/2017)

## 6 CONCLUSÃO

O estudo em questão nos levou às seguintes conclusões:

Ao realizar as análises hidrológicas e hidráulicas constata-se que a bacia de contribuição é pequena o que justifica a utilização do método racional. O tempo de concentração de 7,82 minutos levou a determinação das intensidades de precipitação utilizando tempos de retornos de 2 e 10 anos que apresentou valores de intensidade de 0,000027 m/s e 0,000039 m/s respectivamente, com auxílio do software Plúvio. O coeficiente de *runnof* médio foi identificado conforme as características da bacia e seus respectivos coeficientes chegando a um resultado de 0,81.

Após a realização de todos os cálculos e verificações nos parâmetros estabelecidos em referências bibliográficas, obtém-se uma vazão de projeto de 1,02 m<sup>3</sup>/s e 1,47 m<sup>3</sup>/s no ponto mais baixo da rua em estudo, considerando tempo de retorno de 2 e 10 anos. A capacidade de escoamento da sarjeta é de 0,619 m<sup>3</sup>/s, ou seja, a sarjeta não tem capacidade de escoar a água que advém desta bacia de contribuição, portanto há necessidade de um novo redimensionamento do sistema de microdrenagem. A velocidade da sarjeta também foi verificada e os valores de 3,05 m/s e 3,18 m/s estão dentro do limite que é de 5 m/s.

Então, chega-se à conclusão da necessidade de um projeto para a readequação do sistema de microdrenagem para a Rua São João Del Rey. O projeto consiste no dimensionamento de bocas de lobo, galerias e poços de visita em toda e a extensão das ruas que fazem parte da bacia de contribuição, que gera a vazão da rua em estudo. Com esse novo projeto tem-se grandes benefícios para a população e para o órgão público. A população se beneficiará com um sistema eficiente, gerando conforto e segurança para os usuários, e a Prefeitura diminuirá seus gastos com reparos frequentes necessários para a manutenção da rua. O custo da obra é irrisório quando se comparado com os benefícios que ela proporciona.

Por fim, cabe a todos como futuros engenheiros incumbir a relevância dos intermitentes fatores que influenciam no sistema de drenagem urbana, bem como compreender as particularidades que o mesmo envolve, capacitando a utilização de conhecimentos adquiridos em estadia acadêmica para avaliação do sistema de drenagem da área em estudo e estabelecer parâmetros para a obtenção de soluções eficientes.

## REFERÊNCIAS

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

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

BRASIL. Lei nº 11445, de 04 de janeiro de 2007: **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)> Acesso em: 06 maio de 2017.

CARDOSO NETO. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2014. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)> Acesso em: 15 de Abril 2017.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1980.

CETESB. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento\\_urbano/](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/)> Acesso em : 16 de abril de 2017.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). **Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais**. Volume I. 226p. São Paulo, 2012.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ (DER/PR). **Pavimentação: Fresagem à frio**. Volume I. 226p. São Paulo, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER-ES 313/97). **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER-ES 321/97). **Pavimentos flexíveis - Recuperação de defeitos em pavimentos flexíveis – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER-ME 004/94). **Material asfáltico – Determinação da viscosidade “Saybolt-Furol” a alta temperatura – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER-ME 078/94). **Agregado graúdo – Adesividade a ligante asfáltico – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER-ME 079/94). **Agregado graúdo – Adesividade a ligante asfáltico – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006. 314 p.

FERREIRA, Armando Luís Mendes. **Caracterização morfológica das bacias hidrográficas e áreas inundáveis no Concelho de Pombal**. 2010. 156f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010.

FUGITA, Oscar et al. **Drenagem Urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1980.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. São Paulo, 2ª edição, 1976.

GEOGRAPHICS, Blue Marble. **Software Global Mapper V18.2**. Disponível em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper-download.php>> Acesso em 12 de março de 2017.

GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 20/04/2017 às 19 h 33 min.

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

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Dados demográficos: Senso 2010**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316930&search=minas-gerais|tres-coracoes>> Acesso em: 18 abril de 2017.

IME. **Drenagem urbana e de rodovias**. Rio de Janeiro, 2003.

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

MOTA, Aline de Almeida; KOBAYAMA, Masato. **Reconsiderações sobre a Fórmula de Kirpich para o cálculo do tempo de concentração**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

PHILLIPPI, Arlindo Jr.(Coord.) **Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2005 .

PINTO, Nelson. L. S et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

**PREFEITURA DA CIDADE DE TRÊS CORAÇÕES.** Disponível em: <<http://www.trescoracoes.mg.gov.br/index.php/2014-12-30-11-10-09/5190-estatisticas>> Acesso em: 01 de maio de 2017.

**PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana.** Rio de Janeiro, 2010.

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: 18/03/2017 às 08 h 30 min .

**RIGHETTO, Antônio Marozzi. Manejo das águas pluviais urbanas.** 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

**TOMAZ, Plínio. Cálculos hidrológicos e hidráulicos.** [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf)> Acesso em: 23/04/2017 as 20 h e 17 min.

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

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

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

**TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas.** Estudos Avançados, 2002, v. 7, n. 1.

**TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. Drenagem urbana.** 1. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Microdrenagem urbana.** São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq\\_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula\\_aut-0192-microdrenagem.pdf](http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf)> Acesso em 27 de setembro às 13:15.

**VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw Hill, 1975.

## **APÊNDICE A – MEMORIAL DESCRITIVO**

### **1 SERVIÇOS PRELIMINARES**

#### **1.1 Limpeza inicial**

Ao iniciar a implantação do projeto de drenagem pluvial cabe a limpeza inicial das ruas, sendo retirado todo e qualquer obstáculo, e ou entulho que possam vir a interferir em sua execução, realizado com auxílio de equipamentos mecânicos de remoção e transportado ao local adequado para seu despejo.

#### **1.2 Locação da obra**

A metodologia adotada para levantamento foi com uso de aparelho de Estação total executado por profissionais e equipamentos específicos obedecendo ao projeto elaborado a fim de determinar a localização da tubulação, poços de visita e demais dispositivos de drenagem, cabe a empresa contratada apresentar esclarecimentos antecipadamente a qualquer divergência e mudanças relativas a locação que possam vir a acontecer.

#### **1.3 Placa da Obra**

Será de total responsabilidade da contratada providenciar o assentamento da placa da obra conforme os padrões da Prefeitura de Três Corações.

#### **1.4 Sinalização**

Ficará a cargo da empresa contratada a responsabilidade de colocação de placas de sinalização, inclusive noturnas, cuja finalidade é de alertar pedestres e ao tráfego de veículos sobre possíveis riscos durante a execução da obra, sendo as mesmas quadradas feito de chapa de aço galvanizado com pintura totalmente refletiva com lado mínimo de 0,45 m.

#### **1.5 Demolição de dispositivos**

#### **1.6 Abertura de valas**

As valas referentes ao assentamento da tubulação deverão ser executadas por equipamentos mecânicos do tipo escavadeira hidráulica, obedecendo ao projeto construtivo, acrescido ao diâmetro 60 cm de cada lado, e em casos cuja profundidade exceda a 1,80 m as

paredes deverão ser rampadas com ângulo interno de 120°, ou escoradas. Na escavação deste projeto as valas serão escoradas com pranchões ou longarinas descontínuas de madeira eucalipto espessura de 2,5 cm, e largura de 20 cm. Para manter uma declividade constante em conformidade com a indicada nos projetos o fundo das valas será preparado sendo apilado, com regularização e lastro de brita nº 02 com espessura mínima de 0,05 m proporcionando apoio uniforme e contínuo ao longo da tubulação.

### **1.7 Assentamento de tubos**

Após a preparação da vala e execução do lastro de brita, os tubos são assentados e sempre que solicitado exige-se o escoramento da vala. Os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento e areia com traço de 1:3 internamente e externamente e procede-se o preenchimento da vala com reaterro com material de boa qualidade em camadas de 20 cm compactadas manualmente.

### **1.8 Reaterro e compactação**

Os reaterros serão executados com solos provenientes de áreas de empréstimos ou das escavações locais, sendo de boa qualidade, isento de impurezas e material orgânico. A compactação será executada em camadas de 0,20m, com compactadores manuais de placa vibratória. Visto que os serviços devem garantir a compactação do maciço, de maneira uniforme, livres de descontinuidades laminações, e deve possuir características de incompressibilidade. A sua execução se dá por etapas de lançamento, espalhamento, homogeneização e controle de umidade. O preenchimento das valas, no local compreendido entre o fundo da vala e 0,30 m acima da geratriz superior do tubo, deverá merecer cuidado especial, compactando manualmente as camadas de no máximo 0,15 m, com soquete apropriado.

### **1.9 Tubulação**

A tubulação será de seção circular constituída por tubos de concreto armado, do tipo CA 50, com diâmetro mínimo de 0,60 m, obedecendo na sua fabricação, as prescrições da ABNT. Os tubos deverão ser rejuntados externa e internamente com argamassa aditivada, no traço 1:3 de cimento e areia média e impermeabilizante. A declividade do tubo deverá ser de no mínimo de 1%. Evita-se no assentamento dos tubos de corte dos mesmos, sendo recomendável a mudança de posição de caixas e poços de visita, sempre que possa vir a ocorrer. Para o

assentamento e colocação dos tubos é necessário a utilização de maquinário hidráulico para que os tubos sejam descidos, sendo perfeitamente nivelados e alinhados. Antes da execução das juntas, estes serão conferidos evitando que a ponta do tubo esteja descentralizada em relação a bolsa. Caso os tubos apresentem algum defeito de fabricação, não serão utilizados ou com problemas de encaixe.

### **1.10 Bocas de Lobo**

As caixas “bocas de lobo” serão construídas com três paredes simples e uma dupla (frontal), com tampa de concreto. A operação de preparo do local e construção das caixas se dará pela seguinte forma: primeiro será realizado a escavação e remoção do material de forma a comportar a “boca de lobo” prevista, execução das paredes em alvenaria, assentados com argamassa cimento e areia, traço 1:4, conectando-a a rede condutora e ajustando os tubos de entrada e/ou saída á alvenaria executada, através de rejunte com argamassa. As caixas coletoras serão executadas sobre a geratriz inferior da tubulação e terão o comprimento de 80 cm altura 1,00 e profundidade 1 metro conforme as características e a necessidade do terreno no local, sendo medidas de acordo com o tipo empregado, e determinação do número de unidades executadas.

### **1.11 Caixas coletoras (pvs)**

Os poços de visita serão executados em alvenaria 15 x 20 x 40 assentados com argamassa de traço 1:4 (cimento e areia), sendo revestido internamente por concreto  $f_{ck}=15$  MPA, as paredes deverão ter espessura mínima de 0,20 m e seu revestimento interno com espessura de 0,05 cm em argamassa com traço de 1:3(cimento e areia média com impermeabilizante de argamassa). O fundo das mesmas deverá ser compactado, com uma inclinação mínima de 1% e máxima de 3%, utilizando-se soquete manual ou mecânico, receberá um lastro de brita nº 02, com espessura mínima de 0,05 m, e uma laje de fundo, de concreto armado, com espessura mínima de 0,15 m. A tampa de fechamento será em ferro fundido, com espessura mínima de 0,15 m, ou grelha metálica, conforme seja necessário. As formas e dimensões das caixas coletoras estão contidas no projeto construtivo.

## 2 EXECUÇÃO DO RECAPEAMENTO ASFÁLTICO

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), nesta modalidade de revestimento, obrigatoriamente deverão ocorrer, no mínimo, as seguintes fases e suas respectivas etapas de execução:

a-Fresagem;

b-Tapa-buracos;

c-Reperfilamento.

a. Fresagem

Aplicar o processo de fresagem a frio da superfície existente nas áreas previamente marcadas (norma DER/PR ES-P 31/05) com o objetivo de remover as corrugações e promover a regularização da superfície e melhoria da aderência. Para a execução deste serviço, deve ser utilizada máquina fresadora, capaz de cortar camadas do pavimento na profundidade requerida em projeto. A fresagem deve ser obrigatória nas áreas que apresentarem superfície muito lisa, envelhecida, ou com exsudação, ou com corrugação, ou elevações de remendos.

b. Tapa-buracos

Conforme DNER-ES321-97, promover reparos em buracos e afundamentos. As camadas prometidas, inclusive o subleito, deverão ser removidas e reconstituídas. Em determinadas situações, quando a base existente for considerada íntegra, deve-se proceder a remoção, apenas do revestimento betuminoso. O processo deve ser iniciado com o corte de revestimento com configuração de quadrilátero e paredes de caixa com declividade de 8 (v) x 1 (h). Os cortes devem ser feitos a uma distância de, no mínimo, 30 cm da borda do buraco ou parte não afetada. Proceder o enchimento da caixa com brita graduada ou solo-cimento, em camadas de, no máximo, 15cm de espessura, compactadas com soquetes mecânicos. Após limpeza do local com compressor de ar, imprimir a superfície obtida com asfalto diluído CM-30 ou emulsão asfáltica (DNER-ES 306/97 ou DNER-ES 307/97). Completar o enchimento da caixa com mistura betuminosa tipo CBUQ (DNER-ES 317/97) compactado com placa vibratória, rolo pneumático, ou os pneumáticos do caminhão transportador, restabelecendo o nível da superfície do pavimento existente.

### c. Reperfilamento

Aplicar camada de CBUQ com emulsão catiônica de ruptura média (RM-2C) e faixa C de granulometria dos agregados conforme DNER-ES317-97 precedida pela imprimação ligante com CM-30. Nesta fase deverá observada com especial atenção, a correção do greide, deixando a superfície regular e homogênea para receber revestimento asfáltico de pequenas ou micro-espessuras. O reperfilamento é obrigatório quando existirem afundamentos, ou desagregação, ou trincas, ou corrugações no pavimento existente, mesmo após o serviço de fresagem e tapa-buraco.

## **2.1 Detalhes do serviço**

### 2.1.1 Limpeza do pavimento e regularização

Base do Revestimento betuminoso já existente, sendo que no mesmo será executada uma limpeza por processo de varredura e lavagem, para eliminar toda a sujeira e poeira existente no local e feito uma correção com pedra brita para suprirem as depressões existentes, que serão executadas às expensas da pela Prefeitura Municipal de Lucélia.

### 2.1.2 Pintura de ligação

A pintura consiste na aplicação de camada de material betuminoso sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso, objetivando conferir coesão superficial para e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado, conforme Normas do DNER-ES 306/97.

### 2.1.3 Material

O ligante betuminoso empregado na imprimação de ligação deverá ser do tipo CM30, na proporção de 1,0l/m<sup>2</sup> sobre a superfície de base concluída.

### 2.1.4 Equipamento

- a) Para varredura da superfície da base, usam-se de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, no entanto, a operação ser executada com vassouras manuais ou através de ar comprimido.
- b) A distribuição deve ser realizada por carro equipado com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, barras de distribuição com circulação plena e dispositivo

para regulagem horizontal e vertical, bicos de distribuição calibrador para aspersão em leque, tacômetros, manômetros e termômetros de fácil leitura, mangueira de operação manual para aspersão em lugares inacessíveis à barra.

c) Pequenas Ferramentas e utensílios tais como, regadores do tipo “bico de pato” e comum, bandejas, etc.

## **2.2 Execução**

a) O ligante betuminoso não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C, nem em dias de chuva.

b) Proceder à varredura da superfície da base, de modo a eliminar todo ou qualquer material solto.

c) Providenciar o que for necessário para evitar que o material aspergido atinja guias, sarjetas, passeios, etc.

d) A distribuição do material asfáltico não poderá ser iniciada enquanto não for atingida a temperatura necessária à obtenção da viscosidade adequada.

e) O veículo distribuidor deverá percorrer a extensão a ser imprimada em velocidade uniforme, segundo trajetória equidistante do eixo da pista.

f) A distribuição será executada com a mangueira de operação manual, sempre que a superfície a imprimir, em virtude de sua forma (trechos de largura variável) ou de suas dimensões, não permitir a utilização da barra de distribuição. Nas fendas a aplicação será executada com o regador tipo “bico de pato”.

g) Após a aplicação, o trecho deverá ficar fechado para tráfego de veículos, por no mínimo 24 horas.

### **2.2.1 Aplicação da capa asfáltica**

O objetivo dessa etapa é estabelecer os procedimentos a serem empregados na execução de revestimento betuminoso, do tipo, CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado à Quente, sobre uma superfície imprimada ou pintada de acordo com as Normas do DNER-ES 313/97.

### **2.2.2 Condições gerais**

- a) A espessura da camada acabada, devidamente compactadas, deverá ter a espessura de no mínimo 3.00 cm acabada.
- b) Não permitir a execução dos serviços, em dias de chuva.
- c) O concreto betuminoso somente deverá ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10° C.

Os materiais constituintes do CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado à Quente são agregados minerais graúdo, agregado miúdo, material de enchimento "filer" e ligante betuminoso, os quais devem satisfazer as especificações contidas na Seção 2 da Norma do DENR-ES 313/97.

### 2.2.3 Ligante betuminoso

Podem ser empregados:

- a) cimento asfáltico de petróleo, CAP-30/45, CAP-50/60, CAP-85/100, CAP150/200 (classificação por penetração), CAP-7, CAP-20 e CAP-40 (classificação por viscosidade);

- Melhoramento de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o agregado e o ligante betuminoso (DNER-ME 078/94 e DNER-ME 079/94), poderá ser empregado um melhorador de adesividade, na quantidade fixada no projeto.

Agregados:

- Agregado graúdo

O agregado graúdo deve ser de pedra britada. Deve constituir de partículas limpas, duras, resistentes, isentas de torrões de solo, substâncias nocivas, e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035/98), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;

- b) índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/98);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89/94);

- Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, estando livres de torrões de solo, substâncias nocivas. Deverá apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55%. (DNER-ME 054/97).

- Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pó calcário, cinza volante, etc., e que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083/98).

A faixa usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo é igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento. Na escolha da curva granulométrica, para a camada de rolamento, deverá ser considerada a segurança do usuário, especificado no item 7.3.4 (condições de Segurança) da Norma DNER-ES 313/97.

As porcentagens de betume se referem a mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

- a) as especificações complementares fixarão a energia de compactação;

## **2.3 Equipamento**

Todo equipamento, antes do início da execução do serviço, deverá atender ao recomendado nesta especificação, fator que condicionará a emissão da autorização para início dos serviços. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

- a) caminhões, tipos basculantes, para o transporte do concreto betuminoso, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. A utilização de produtos

susceptíveis de dissolver o ligante betuminoso (óleo diesel, gasolina, querosene, etc.) não serão permitidos.

b) equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos. As acabadoras deverão ser com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento, à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

c) rolos compressores, pneumáticos e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, auto propulsores, deverão ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 a 0,84 MPa (35 a 120 psi). O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de operacionalidade.

## **2.4 Execução**

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deverá ser realizada uma varredura da pista, para eliminar todas as partículas de pó e em seguida uma pintura de ligação.

A temperatura do cimento asfáltico empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta uma viscosidade situada na faixa de 75 e 150 segundos, “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004/94, indicando-se, preferencialmente, viscosidade de 85 a 95 segundos. Entretanto, a temperatura do ligante não deve ser inferior a 107 °C e nem exceder a 177 °C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10°C a 15°C, acima da temperatura do ligante betuminoso. A produção do concreto betuminoso será efetuada em usinas apropriadas, conforme item 5.3.3 (Usinas para misturas betuminosas) contido na Norma DNER-ES 313/97. O concreto betuminoso produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação nos veículos basculantes especificados no item a) da Seção 7.5. Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada

carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura. A distribuição do concreto betuminoso deverá ser feita por máquinas acabadoras, conforme especificado no item b) da Seção 7.5. Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, sendo esse efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a betuminosa possa suportar, temperatura fixada, experimentalmente, para cada caso.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, iniciar-se a rolagem com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura vai sendo compactada, e conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberto na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Os revestimentos recém-acabados deverão ser mantidos sem tráfego, até o seu completo resfriamento.

Obs.: O CBUQ deverá seguir todas as especificações técnicas do DER.

## APÊNDICE B - MEMÓRIA DE CÁLCULO

CÁLCULO DE VAZÃO Q (m³/s)			
Q.A. (m³/s)/(m²) = 0,0000313		Cota Máx (m)= 927	Lmáx (m) = 435
i (mm/h) = 139,31		Cota Mín (m)= 883	
Pavimentos (m²) = 5433	C= 0,65	L (m)= 563	Ltalvegue (m) = 248
Área residencial (m²) = 41134,31	C= 0,83	Imédio (m/m)= 0,10	Im (%) = 8%
	Cm= 0,81	Ts(min)= 7,82	
Q (m³/s) = 1,46		Tc(min)= 17,82	

### Vazão em metros cúbicos por segundo vezes área em metros quadrados

$$Q.A. (m^3/s)/(m^2) = (0,81 \times 139,31)/(1000 \times 3600) = 0,0000313 \text{ m}^3/s \times m^2$$

### Vazão em metros cúbicos por segundo calculado através das áreas de contribuição

TRECHO		Área de contribuição (m²)	
		Margem direita	Margem esquerda
3	6	5724,39	0,00
6	5	1529,18	1529,18
2	5	4978,20	5769,72
5	4	1490,29	429,71
1	4	3591,37	4575,40
4	7	8533,76	8416,11

Área de contribuição (m <sup>2</sup> ) x Vazão por área (m <sup>3</sup> /s x m <sup>2</sup> )		Resultado da Vazão (m <sup>3</sup> /s)	
Margem direita	Margem esquerda	Margem direita	Margem esquerda
5724,39 x 0,0000391	0,00 x 0,0000313	0,1792	0,0000
1529,18 x 0,0000391	1529,18 x 0,0000313	0,2271	0,0479
4978,20 x 0,0000391	5769,72 x 0,0000313	0,1558	0,1806
1490,29 x 0,0000391	429,71 x 0,0000313	0,4296	0,2420
3591,37 x 0,0000391	4575,40 x 0,0000313	0,1124	0,1432
8533,76 x 0,0000391	8416,11 x 0,0000313	0,8092	0,6487

TRECHO		Vazão (m <sup>3</sup> /s)	
		Margem direita	Margem esquerda
3	6	0,1792	0,0000
6	5	0,2271	0,0479
2	5	0,1558	0,1806
5	4	0,4296	0,2420
1	4	0,1124	0,1432
4	7	0,8092	0,6487

TRECHO		Cota 01	Cota 02	L	Cálculo	i (m/m)
3	6	927,00	912,00	154,49	(927-912)/154,49	0,0971
6	5	912,00	909,00	82,66	(912-909)/82,66	0,0363
2	5	914,00	909,00	156,65	(914-909)/156,65	0,0319
5	4	909,00	902,00	80,77	(909-902)/80,77	0,0867
1	4	904,00	903,00	112,92	(904-903)/112,92	0,0089
4	7	903,00	883,00	244,86	(903-883)/244,86	0,0817

### Verificação da capacidade das sarjetas

Utilizando a Equação 01 →  $Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{0,5} \times y^{8/3}$

Dados:

i transv. sarjeta = 3%

i transv. rua = 2%

Altura (H) meio-fio = 0,12m

Largura (L) sarjeta = 0,30m

Rugosidade do concreto = 0,016

Z1 = 1/0,03 = 33,33

Z2 = 1/0,02 = 50,00

i longitudinal = variável

### CÁLCULO POR TRECHO

Vazão pluvial  $\rightarrow Q = A \times q/m^2$

Vazão teórica  $\rightarrow Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{0,5} \times y^{8/3} \rightarrow$  OBS:  $y = 80\%$  da altura da guia

#### Trecho 3-6

**Margem direita**  $\rightarrow q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,10^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,853 m^3/s$

$q_{sr} = 0,853 \rightarrow 0,341 m^3/s$

$Q_{pluvial} = 5724,39 \times 0,0000313 = 0,179 m^3/s$

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

**Margem esquerda**  $\rightarrow q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,10^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,853 m^3/s$

$q_{sr} = 0,853 \rightarrow 0,341 m^3/s$

$Q_{pluvial} = 0,00 \times 0,0000313 = 0,00 m^3/s$

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

#### Trecho 6-5

**Margem direita**  $\rightarrow q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,04^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,521 m^3/s$

$$qsr = 0,521 \rightarrow = 0,209\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 1529,18 \times 0,0000313 + 0,179 = 0,227\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**Margem esquerda** →  $qst = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,04^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,521\text{m}^3/\text{s}$

$$qsr = 0,521 \rightarrow 0,209\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 1529,18 \times 0,0000313 + 0,00 = 0,048\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : OK → **SEM GALERIA**

### Trecho 2-5

**Margem direita** →  $qst = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,03^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,489\text{m}^3/\text{s}$

$$qsr = 0,489 \rightarrow 0,196\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 4978,20 \times 0,0000313 = 0,156\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : OK → **SEM GALERIA**

**Margem esquerda** →  $qst = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,03^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,489\text{m}^3/\text{s}$

$$qsr = 0,489 \rightarrow = 0,196\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 5769,72 \times 0,0000313 = 0,181\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

### Trecho 5-4

**Margem direita** →  $qst = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,09^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,806\text{m}^3/\text{s}$

$$qsr = 0,806 \rightarrow 0,322\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 1490,29 \times 0,0000313 + 0,227 + 0,156 = 0,430\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**Margem esquerda** →  $qst = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,09^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,806\text{m}^3/\text{s}$

$$qsr = 0,806 \rightarrow 0,322\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{pluvial}} = 429,71 \times 0,0000313 + 0,181 + 0,048 = 0,242\text{m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{\text{pluvial}} ?$  : OK → **SEM GALERIA**

**Trecho 1-4**

**Margem direita** →  $q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,01^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,258 \text{m}^3/\text{s}$

$$q_{sr} = 0,258 \rightarrow 0,103 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 3591,37 \times 0,0000313 = 0,112 \text{m}^3/\text{s}$$

$q_{sr} > Q_{pluvial} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**Margem esquerda** →  $q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,01^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,258 \text{m}^3/\text{s}$

$$q_{sr} = 0,258 \rightarrow 0,103 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 4575,40 \times 0,0000313 = 0,143 \text{m}^3/\text{s}$$

$q_{sr} > Q_{pluvial} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**Trecho 4-7**

**Margem direita** →  $q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,08^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,782 \text{m}^3/\text{s}$

$$q_{sr} = 0,782 \rightarrow 0,313 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 8533,76 \times 0,0000313 + 0,112 + 0,430 = 0,809 \text{m}^3/\text{s}$$

$q_{sr} > Q_{pluvial} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**Margem esquerda** →  $q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,016}\right) \times 0,08^{0,5} \times (0,15 \times 0,80)^{8/3} = 0,782 \text{m}^3/\text{s}$

$$q_{sr} = 0,782 \rightarrow 0,313 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{pluvial} = 8416,11 \times 0,0000313 + 0,242 + 0,143 = 0,649 \text{m}^3/\text{s}$$

$q_{sr} > Q_{pluvial} ?$  : NÃO OK → **CALCULAR GALERIA**

**CÁLCULO DAS BOCAS DE LOBO E TUBOS DE LIGAÇÕES**

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

OBS:  $y = 17,5 \text{cm}$  (Boca de lobo com depressão)

Coefficiente de majoração para  $y/D=0,7 \rightarrow C=0,838$

$$\text{Cálculo do diâmetro} \rightarrow Q = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{i} \times A_m \rightarrow D = \left( \frac{Q_{projeto}}{(20,779 \times (i^{0,5}))} \right)^{3/8}$$

$$\text{Velocidade de escoamento} \rightarrow V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{D}{4} \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{Rh_{\text{pleno}}}{1,185}$$

### Trecho 6-5

$$\text{Margem direita} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = 0,227 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,272 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 2,19 \text{ m}$$

$$\text{BL1} \rightarrow L_{\text{adot}} = 2,20 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,227/0,838}{(20,779 \times (0,06^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,33 \text{ m} \rightarrow T1 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,06} = 3,87 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 3,87 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

### Trecho 2-5

$$\text{Margem direita} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = 0,156 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,187 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{BL2} \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,50 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,156/0,838}{(20,779 \times (0,0738^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,28 \text{ m} \rightarrow T2 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,0738} = 4,29 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 4,29 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{Margem esquerda} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = 0,181 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,217 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,74 \text{ m}$$

$$\text{BL3} \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,75 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,181/0,838}{(20,779 \times (0,057^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,31 \text{ m} \rightarrow T3 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,057} = 3,77 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 3,77 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

#### Trecho 5-4

$$\text{Margem direita} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = (0,430 - 0,156) \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,329 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 2,64 \text{ m}$$

$$\text{BL4} \rightarrow L_{\text{adot}} = 2,65 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,274/0,838}{(20,779 \times (0,10^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,32 \text{ m} \rightarrow \text{T4} \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{Margem esquerda} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = (0,242 - 0,181) \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,073 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 0,59 \text{ m}$$

$$\text{BL5} \rightarrow L_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,061/0,838}{(20,779 \times (0,10^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,19 \text{ m} \rightarrow \text{T5} \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60 \text{ m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

#### Trecho 1-4

$$\text{Margem direita} \rightarrow Q_{\text{projeto}} = 0,112 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,135 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,08 \text{ m}$$

$$\text{BL6} \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,10 \text{ m}$$

$$D = \left( \frac{0,112/0,838}{(20,779 \times (0,048^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,27\text{m} \rightarrow T6 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,048} = 3,45 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 3,45 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

**Margem esquerda**  $\rightarrow$   $Q_{\text{projeto}} = 0,143\text{m}^3/\text{s} \times (1,20)$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,172\text{m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,38\text{m}$$

$$\text{BL7} \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,40\text{m}$$

$$D = \left( \frac{0,143/0,838}{(20,779 \times (0,096^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,26\text{m} \rightarrow T7 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,096} = 4,88 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,88 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

#### Trecho 4-7 – Bocas de lobo intermediárias

**Margem direita**  $\rightarrow$   $Q_{\text{projeto}} = (0,809 - 0,112 - 0,274 - 0,156 - 0,227)/2 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,151\text{m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,22\text{m}$$

$$\text{BL8} \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,25\text{m}$$

$$D = \left( \frac{0,126/0,838}{(20,779 \times (0,10^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,24\text{m} \rightarrow T8 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

**Margem esquerda**  $\rightarrow$   $Q_{\text{projeto}} = (0,649 - 0,143 - 0,061 - 0,181)/2 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,031\text{m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 0,25$$

$$\text{BL9} \rightarrow L_{\text{adot}} = 0,50$$

$$D = \left( \frac{0,026/0,838}{(20,779 \times (0,096^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,13\text{m} \rightarrow T9 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

#### Trecho 4-7 - Bocas de lobo em fim de trecho

**Margem direita**  $\rightarrow Q_{\text{projeto}} = (0,809 - 0,112 - 0,274 - 0,156 - 0,227)/2 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,151\text{m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 1,22$$

$$BL10 \rightarrow L_{\text{adot}} = 1,25\text{m}$$

$$D = \left( \frac{0,151/0,838}{(20,779 \times (0,10^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,25\text{m} \rightarrow T10 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

**Margem esquerda**  $\rightarrow Q_{\text{projeto}} = (0,649 - 0,143 - 0,061 - 0,181)/2 \text{ m}^3/\text{s} \times (1,20)$

$$Q_{\text{projeto}} = 0,031\text{m}^3/\text{s} = 1,7 \times L \times (0,175)^{3/2} \rightarrow L = 0,25\text{m}$$

$$BL11 \rightarrow L_{\text{adot}} = 0,50\text{m}$$

$$D = \left( \frac{0,026/0,838}{(20,779 \times (0,096^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,13\text{m} \rightarrow T11 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,10} = 4,98 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,98 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

## CÁLCULO DAS GALERIAS

Coefficiente de majoração para  $y/D=0,7 \rightarrow C=0,838$

$$\text{Cálculo do diâmetro} \rightarrow Q = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i} \times Am \rightarrow D = \left( \frac{Q_{\text{projeto}}}{(20,779 \times i^{0,5})} \right)^{3/8}$$

$$\text{Velocidade de escoamento} \rightarrow V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{D}{4} \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{Rh_{\text{pleno}}}{1,185}$$

### Trecho 5-4 $\rightarrow$ Galeria G1

$$D = \left( \frac{(0,181+0,156+0,227)/0,838}{(20,779 \times (0,09^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,44\text{m} \rightarrow G1 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,09} = 4,64 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,64 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

### Trecho 4-7 $\rightarrow$ Galeria G2

$$D = \left( \frac{(0,181+0,156+0,227+0,274+0,061+0,112+0,143)/0,838}{(20,779 \times (0,08^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,58\text{m}$$

$$\rightarrow G2 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,60\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,15}{1,185} = 0,127$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,127)^{2/3} \times \sqrt{0,08} = 4,50 \text{ m/s} \rightarrow 0,75\text{m/s} < 4,50 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

### Trecho 4-7 $\rightarrow$ Galeria G3

$$D = \left( \frac{(0,181+0,156+0,227+0,274+0,061+0,112+0,143+0,132+0,020)/0,838}{(20,779 \times (0,03^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,73\text{m}$$

$$\rightarrow G3 \rightarrow D_{\text{adot}} = 0,80\text{m}$$

$$Rh \text{ pleno} = \frac{0,8}{4} = 0,20 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,2}{1,185} = 0,169$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,169)^{2/3} \times \sqrt{0,03} = 3,11 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 3,11 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

**Trecho Rua Tiradentes (onde já existe galeria) - verificação → Galeria G4**

$$D = \left( \frac{(1,458)/0,838}{(20,779 \times (0,03^{0,5}))} \right)^{3/8} = 0,79 \text{ m}$$

→ G4 → D<sub>existente</sub> = 1,00m

$$Rh \text{ pleno} = \frac{1}{4} = 0,25 \rightarrow Rh_{\frac{y}{D}=0,7} = \frac{0,25}{1,185} = 0,211$$

$$V = \frac{1}{0,016} \times (0,211)^{2/3} \times \sqrt{0,03} = 3,50 \text{ m/s} \rightarrow 0,75 \text{ m/s} < 3,50 \text{ m/s} < 5 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

**APÊNDICE C – DESENHO DE MICRODRENAGEM DA RUA SÃO JOÃO DEL REY**