

**FAEX - FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE  
EXTREMA  
CURSO DE BACHERELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GUILHERME PEREIRA E SILVA**

**ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DO  
ESTACIONAMENTO DA FAEX E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO  
PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM JUNTAS  
ALARGADAS**

**EXTREMA**

**2018**

**GUILHERME PEREIRA E SILVA**

**ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DO  
ESTACIONAMENTO DA FAEX E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO  
PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM JUNTAS  
ALARGADAS**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas  
de Extrema, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Engenheiro Civil.**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Luana Bernardete  
Dariva**

**Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Roberta  
Moraes Martins**

**EXTREMA**

**2018**



**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**FAEX – FACULDADE DE EXTREMA**

Em sessão às 18h do dia 23 de novembro de 2018 o aluno Guilherme Ribeiro e Silva apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado “**Análise dos dispositivos de microdrenagem do estacionamento da Faex e proposta de implantação de pavimento intertravado permeável com juntas alargadas**” como requisito para conclusão do Curso de Engenharia Civil, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

*Guilherme R. e Silva*

Guilherme Ribeiro e Silva (Aluno)

*Luana B Dariva*

Prof.<sup>a</sup> Luana Bernardete Dariva (orientadora)

*Prof.<sup>a</sup> Ma. Renata Martinho de Camargo*

Prof.<sup>a</sup> Ma. Renata Martinho de Camargo

*Manfredini*

Prof. Marcos Aurélio Manfredini Junior

Aprovado

Aprovado com restrições ( )

Reprovado ( )

A minha família, pelo apoio e incentivo.

Ao meu Avô Ciro Geraldo Pereira (*in memoriam*), que sempre compartilhou comigo o seu amor pela engenharia.

Agradeço a Deus, pela força e coragem durante toda essa longa caminhada.

A minha noiva Cristiane, que sempre me apoiou em minhas escolhas.

A minha orientadora, pela paciência, grandes ensinamentos e incentivo para conclusão deste trabalho, aos amigos que sempre me deram apoio.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

## RESUMO

Este estudo avalia a capacidade de suporte hidráulico do sistema de microdrenagem do Estacionamento da FAEX – Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema, localizada no bairro Vila Rica no município de Extrema/MG. Foram levantados os dados hidrológicos, do uso e ocupação dos solos, e as condições da rede dos dispositivos de microdrenagem existentes. Durante o levantamento das condições da rede microdrenagem existente verificou-se a existência de inúmeras irregularidades, tanto no posicionamento dos dispositivos quanto no dimensionamento dos mesmos. No entanto o fator mais crítico identificado foi que as águas pluviais estão sendo escoadas para um bueiro de grota localizado no “pé de um aterro”. Foi proposta como solução a adequação do sistema de microdrenagem existente e também a substituição do pavimento asfáltico por pavimento intertravado permeável com juntas alargadas. Esta solução visa o escoamento superficial pelos dispositivos de microdrenagem e também através da infiltração das águas no solo através do piso intertravado permeável com juntas alargadas. Esta solução possui custo estimado de R\$ 255.360,35 e entende-se que com esta proposta os problemas existentes serão sanados.

**Palavras-chave:** microdrenagem urbana; sistema de microdrenagem; piso permeável; FAEX; Extrema.

## ABSTRACT

*This assignment assesses the hydraulic support capacity of a micro drainage system at the FAEX Parking lot – Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema, situate at Vila Rica suburb in Extrema MG. Hydrological data were collected from the ground use and occupancy, and the network condition of available micro drainage devices. During the inspection of the available micro drainage devices condition were found countless irregularities, in the positioning and the sizing of the devices. However, the most critical factor found was that the rainwater is being drained to a culvert located in a landfill. Was proposed as a solution to the adequacy of the available micro drainage devices and also the replacement of the asphalt pavement for the permeable interlocking floor with extended joints. This solution aims shallow water flow through the micro drainage devices and also through water infiltration in the ground over the interlocking floor with extended joints. This solution has an estimated cost of R\$ 255.360,35 and it is understood that with this proposal the existing problems will be repaired.*

**Key words:** *urban micro drainage; micro drainage system; permeable floor; FAEX; Extrema.*

## LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP)
DAEE	Departamento de água e energia elétrica (SP)
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FAEX	Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PDDD	Plano Diretor de Drenagem Urbana
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital – (Belo Horizonte/MG)
USACE	<i>U.S. Army Corps of Engineers</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
C	Coefficiente de Run off
$C_{\text{médio}}$	Coefficiente de Run off médio
d	Duração
F	Largura da via
$F_r$	Fator de redução
I	Intensidade média
i	Declividade média de escoamento
$I_m$	Declividade média do talvegue principal
im	Intensidade média
K	Fator de probabilidade
L	Distância
$L_u$	Comprimento útil
n	Coefficiente de rugosidade
P	Precipitação máxima
P1	Precipitação para 1 ano
Q	Vazão
$Q_0$	Capacidade de escoamento da sarjeta
$Q_{\text{real}}$	Vazão Real
q	Vazão específica
q1	Vazão específica de profundidade
q2	Vazão específica da semi-largura da via

$R_h$	Raio Hidráulico
$t$	Tempo de escoamento superficial
$t_c$	Tempo de concentração
$tg\theta$	Tangente de teta
$t_i$	Tempo de escoamento superficial
$t_p$	Tempo de percurso
$T_r$	Tempo de retorno ou tempo de recorrência
$V$	Velocidade de escoamento
$V_0$	Velocidade média
$y$	Carga hidráulica sobre a grelha
$y_0$	Altura da lâmina d'água
$z$	Declividade transversal da sarjeta
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\Delta H$	Variação de altura

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelos de pavimentos permeáveis. (a) Asfalto Poroso (b) Concreto Poroso (c) Concreto Perfurado	21
Figura 2 - Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo .....	22
Figura 3 - Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial no solo .....	22
Figura 4 - Pavimento intertravado sem infiltração no solo.....	23
Figura 5 - Piso intertravado permeável com juntas alargadas .....	24
Figura 6 - Fluxograma das fases de um projeto de drenagem urbana .....	27
Figura 7 – Seção de uma sarjeta triangular com os seus elementos constitutivos .....	38
Figura 8 – Seção composta de uma sarjeta triangular e seus elementos constitutivos.....	39
Figura 9 – Seção típica de um sarjetão .....	40
Figura 10 – Seções tipos padronizadas de sarjetas conforme Manual de Drenagem Urbana da SUDECAP .....	41
Figura 11 – Fatores de redução ( $F_R$ ) de escoamento das sarjetas .....	43
Figura 12 - Tipologia básica para boco de lobo conforme declividade da via. ....	44
Figura 13 – Boca de lobo simples (a), cortes da boca de lobo simples (b) e posição da rede coletora na via com o devido posicionamento da boca de lobo (c).....	45
Figura 14 – Parâmetros utilizados para o cálculo da capacidade de engolimento das bocas de lobo .....	46
Figura 15– Capacidade de esgotamento das bocas de lobo simples com depressão de 5 cm, em pontos baixos das sarjetas .....	48
Figura 16– Bocas de lobo situadas em ponto intermediário da sarjeta .....	50
Figura 17 - Mapa Via Satélite .....	56
Figura 18– Sistema de drenagem existente.....	57
Figura 19 – Sistema de drenagem existente.....	58
Figura 20 - Diretrizes para concepção do projeto obtidos através do Pluvio 2.1 .....	59
Figura 21- Mapa Via Satélite .....	61
Figura 22 – Seção transversal da sarjeta.....	64
Figura 23 – Parâmetros considerados para o cálculo da carga hidráulica sobre grelhas (sem escala).....	66
Figura 24 – Sugestão de base para assentamento de piso permeável com juntas alargadas ciclovias, praças e estacionamento de veículos leves.....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Granulometria recomendada para camadas de sub-base e base de um pavimento permeável.....	24
Tabela 2 - Granulometria recomendada para camadas de assentamento e material de rejunte para pavimento permeável.....	25
Tabela 3 – Tempos de recorrência para obras de drenagem.....	28
Tabela 4 – Valores de $\alpha$ para a equação de Otto Pfafstetter .....	31
Tabela 5 – Valores de $\beta$ para a equação de Otto Pfafstetter para algumas cidades brasileiras.....	31
Tabela 6 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para as áreas conforme uso e ocupação.....	32
Tabela 7 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para algumas superfícies típicas .....	33
Tabela 8 – Valores de referência adotados para dimensionar sarjetas .....	35
Tabela 9 – Valores da vazão específica (q), em l/s/m para uma sarjeta .....	36
Tabela 10 – Valores usuais de parâmetros para projetos de ruas e avenidas.....	36
Tabela 11 – Valores tabelados para o coeficiente de Manning (n) .....	37
Tabela 12 – Valores admissíveis de velocidade para os vários dispositivos de drenagem .....	38
Tabela 13 – Tipos de sarjetas e situação de emprego conforme SUDECAP .....	42
Tabela 14 – Vazão e velocidade nas sarjetas em função da inclinação longitudinal da via com o correspondente comprimento útil .....	42
Tabela 15 – Valores de fatores de redução de escoamento das sarjetas.....	43
Tabela 16 – Capacidade máxima de ramais.....	45
Tabela 17 – Valores de K para a equação 2.28.....	52
Tabela 18 – Fatores de redução da capacidade de esgotamento das bocas de lobo (FR).....	53
Tabela 19 – Áreas de contribuição e suas respectivas porcentagens.....	62
Tabela 20 - Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para as áreas conforme uso e ocupação .....	63
Tabela 21- Valores de coeficiente C para algumas superfícies .....	63
Tabela 22 – Definição das áreas de contribuição.....	69
Tabela 23 – Vazão de projeto para cada trecho estudo com base nas áreas de contribuição das sub-bacias, $C_{médio}$ e chuva de projeto. ....	70
Tabela 24 – Vazão de projetos para cada trecho estudo com base nas áreas de contribuição das sub-bacias, $C_{médio}$ e chuva de projeto.....	70
Tabela 25 – Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento asfáltico.....	72
Tabela 26 – Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento intertravado permeável .....	72
Tabela 27 – Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, pavimento asfáltico .....	73
Tabela 28 – Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, intertravado permeável .....	73
Tabela 29 – Parâmetros de projeto para as galerias. ....	73
Tabela 30 - Levantamento de custos .....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo Geral .....	18
1.1.2	Objetivo Específico .....	18
1.2	JUSTIFICATIVA .....	18
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO PAVIMENTOS .....</b>	<b>20</b>
2.1	TIPOS DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS.....	20
2.2	TIPOS DE INFILTRAÇÃO .....	21
2.2.1	Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo.....	21
2.2.2	Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial no solo .....	22
2.2.3	Pavimento intertravado sem infiltração no solo .....	22
2.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PISO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM JUNTAS ALARGADAS .....	23
2.3.1	Tipos e dimensões .....	23
2.4	MATERIAIS PARA SUB-BASE E BASE.....	24
2.5	MATERIAIS PARA CAMADA DE ASSENTAMENTO E REJUNTE.....	25
2.6	REVESTIMENTO.....	25
2.7	MICRODRENAGEM .....	26
2.8	CÁLCULO DA VAZÃO DO PROJETO.....	27
2.9	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO .....	32
2.10	COEFICIENTE DA ESCOAMENTO SUPERFICIAL (RUN OFF).....	32
2.11	DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM .....	33
2.11.1	Sarjetas e meios-fios.....	34
2.11.2	Boca de lobo.....	44

2.12	ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	53
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E METODOS .....</b>	<b>55</b>
3.1	CARACTERÍSTICA DA REGIÃO ABORDADA .....	55
3.2	O SISTEMA DE MICRODRENAGEM EXISTENTE.....	56
3.3	DETERMINAÇÃO DA CHUVA DO PROJETO .....	58
3.4	DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO .....	61
3.5	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS E SARJETÕES.....	64
3.6	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO .....	66
3.7	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS .....	68
3.8	VAZÃO DE PROJETO .....	68
3.9	COMPARATIVO DAS VAZÕES DE PROJETO E OBTIDAS .....	71
3.10	VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE .....	71
3.10.1	Sarjetas e meios-fios.....	71
<b>4</b>	<b>SOLUÇÃO PROPOSTA.....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>
	ANEXO 1 – RELAÇÃO Y/D PARA CONDUTOS CIRCULARES PARCIALMENTE CHEIOS.....	81
	ANEXO 2 – PROJETO DA ÁREA EM ESTUDO COM CURVAS DE NÍVEIS. ....	83
	ANEXO 3 – LEVANTAMENTO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E BOCA DE LOBO....	84

ANEXO 4 – MEMORIAL DE CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ENGOLIMENTO DAS BOCAS DE LOBO.....	85
ANEXO 5 – SOLUÇÃO PROPOSTA .....	96

## 1 INTRODUÇÃO

Um problema recorrente em grandes partes dos municípios e centros comerciais está relacionado com a impermeabilização do solo, uma vez que este tem a maior parcela do solo coberta por material impermeável, dificultando a passagem da água, podendo gerar alagamentos em períodos de chuva, a alteração do microclima dentre outros fatores.

As redes de drenagem costumam a apresentar diversos problemas tais como: transporte de esgoto clandestino e contaminante do escoamento superficial, outro grande problema é a transferência das inundações de um local para o outro dentro da mesma área urbana (PARLANDI, 2014).

A impermeabilização e ocupação irregulares dos centros urbanos podem causar vários impactos ao meio ambiente tais como, modificação do ciclo hidrológico que podem gerar inundações urbanas. Como forma de minimizar e controlar estes eventos são utilizados as pavimentações permeáveis e micro reservatórios para retenção e captação da água, onde os pavimentos permeáveis são superfícies porosas ou perfuradas para permitir a infiltração de grande parte do escoamento. Estes pavimentos podem ser boros vazados, intervalados, e/ou concregrama e são assentados diretamente sobre o solo natural compactado (ALMEIDA, 2008).

Um sistema de drenagem eficiente pode gerar benefícios satisfatórios para a área urbana podendo esta, estar a salvo das inundações e prejuízos tanto para veículos quanto para pedestres minimizando os prejuízos causados pelas inundações e enchentes (PARLANDI, 2014).

Pavimentos permeáveis são considerados como material de inovação tecnológica, e desta forma contribuem para elevar o nível de sustentabilidade das construções e vem sendo avaliados pelas certificações. Portal Itambé (2011, apud, Silva 2017, p. 612) A *Environmental Protection Agency* (EPA) classifica os pavimentos permeáveis como *Best Management Practice* (BMP) e isto tem contribuído para a conquista de certificações sustentais tais como, Alta Qualidade Ambiental (AQUA) e a *Ladership in Energy and Environmental Desing* (LEED). PORTAL ITAMBÉ (2011).

O uso de pavimentos permeáveis possibilita a infiltração de água para o solo colaborando para a diminuição das inundações, porém não soluciona o problema de

enchentes, as quais podem ser ocasionados pela ocupação irregular de planícies e leito de rios. (SALES, 2008).

Devido ao grande processo de urbanização entre 1960 e 1970 surgiu o cenário urbano brasileiro, chamado de “cidade legal” e “cidade ilegal”, gerando uma ocupação distinta nos centros urbanos, de um lado com planejamento e infraestrutura, e de outro lado com falta de planejamento e falta infraestrutura, gerando as periferias e favelas. Com este crescimento houve uma grande invasão das áreas de proteção permanente e vales, criando uma grande área de impermeabilização do solo (ALMEIDA, 2008).

A desordenada urbanização e o uso inadequado do solo diminuem relativamente a capacidade de escoamento e armazenamento das águas, estas por sua vez tendem a escoar em busca de locais de captação (PARLANDI, 2014).

O aumento das vazões devido a impermeabilização e canalização bem como a produção de sedimentos, ocorre com a urbanização da cidade. Desta forma a drenagem urbana representa um problema significativo para a qualidade de vida do cidadão como também para a pavimentação. (DIOGO E SCIAMMARELLA, 2008)

As redes de drenagem costumam a apresentar diversos problemas tais como: transporte de esgoto clandestino e contaminante do escoamento superficial, outro grande problema é a transferência das inundações de um local para o outro dentro da mesma área urbana (PARLANDI, 2014).

Ainda segundo Parlandi, 2014, um sistema de drenagem eficiente pode gerar benefícios satisfatórios para a área urbana podendo esta, estar a salvo das inundações e prejuízos tanto para veículos quanto para pedestres minimizando os prejuízos causados pelas inundações e enchentes.

Projetos de drenagem de vias urbanas permite a utilização adequada dos dispositivos de drenagem sendo estes podendo ser aplicados em projetos novos, construções já existentes ou em restaurações viárias, pois a sua implantação evita o acúmulo de águas precipitadas e a sua retenção na via, desta forma traz-se melhorias para os pedestres, veículos e também contribui para o próprio pavimento contra a ação prejudicial das águas. A responsabilidade de oferta e fiscalização deste serviço está a cargo das Prefeituras Municipais, e contempla diversas soluções teóricas consagradas da Hidráulica bem como práticas de engenharia. (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

O planejamento adequado do uso e ocupação do solo deve ser monitorado onde um percentual mínimo de área permeável deve ser mantido para proporcionar a infiltração e dificultar o escoamento superficial. (ALMEIDA 2008).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar os dispositivos de microdrenagem existente no estacionamento da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema - FAEX, e propor a implantação de pavimento intertravado permeável com juntas alargadas.

### **1.1.2 Objetivo Específico**

Para atender ao objetivo proposto, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Delimitar a área de drenagem;
- Apresentar os serviços a serem considerados nos orçamentos;
- Apresentar planilhas orçamentárias com os levantamentos de custos;
- Analisar a viabilidade econômica para a implantação do pavimento permeável;

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A construção civil é umas das principais atividades de desenvolvimento econômico e social de uma cidade. Porém é um dos segmentos de industrias grande causador de impacto no meio ambiente.

Desta forma, o concreto permeável é uma tecnologia capaz de desenvolver o equilíbrio entre desenvolvimento urbano e sustentável, possibilitando ainda solucionar um dos problemas recorrentes da urbanização: a impermeabilização do solo.

O tema abordado ainda apresenta escassos estudos de aplicação, apesar de ter sido desenvolvido no século XIX, o que garante uma vasta possibilidade de estudos futuros, sendo este um tema de amplo potencial dentro da engenharia civil.

## **2 REFERÊNCIAL TEÓRICO PAVIMENTOS**

Pavimento é uma superestrutura constituída por sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, designada de subleito. (DENIT, 2006).

Considera-se como pavimento uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes resistências e deformidades ao serem colocadas em contato resultam um elevado grau de complexidade no que se respeita ao cálculo de tensões e deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas imposta pelo tráfego. (DENIT, 2006).

### **2.1 Tipos de Pavimentos Permeáveis**

Araujo (1999), define os pavimentos em três tipos: pavimento de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso e blocos de concreto perfurado, onde os pavimentos porosos possuem uma camada similar aos pavimentos convencionais, diferenciando apenas pela retirada da areia fina da mistura dos agregados. Desta forma o mesmo é composto por camadas de agregados de diferente granulometrias aplicadas sobre a camada permeável possibilitando o escoamento e infiltração depositando as águas em um reservatório de britas mais profundo, que deve ser dimensionado de acordo com a vazão do projeto. Os blocos de concreto perfurados devem ser preenchidos com areia ou grama.

Para Canholi, 2005 o pavimento permeável é constituído por elementos celulares de concreto poroso, e deve permitir a infiltração da água. Podendo este ser assentado sobre camadas de material granular, utilizando mantas geotextil para dificultar a passagem de grãos mais finos, colocado entre o pavimento e o material granular.

Figura 1 - Modelos de pavimentos permeáveis. (a) Asfalto Poroso (b) Concreto Poroso (c) Concreto Perfurado



FONTE: 1 CIMENTO ITAMBÉ (2018); 2 CIMENTO ITAMBÉ (2018); 3 BRAZBEL (2018).

## 2.2 Tipos de Infiltração

De acordo com as condições locais dos solos, será determinado a escolha do tipo de infiltração, esta escolha varia de acordo com as condições locais do solo, risco de contaminação e distância do lençol freático. É recomendável que a estrutura do pavimento se mantenha saturada por no máximo 24 horas (ABCP, 2013).

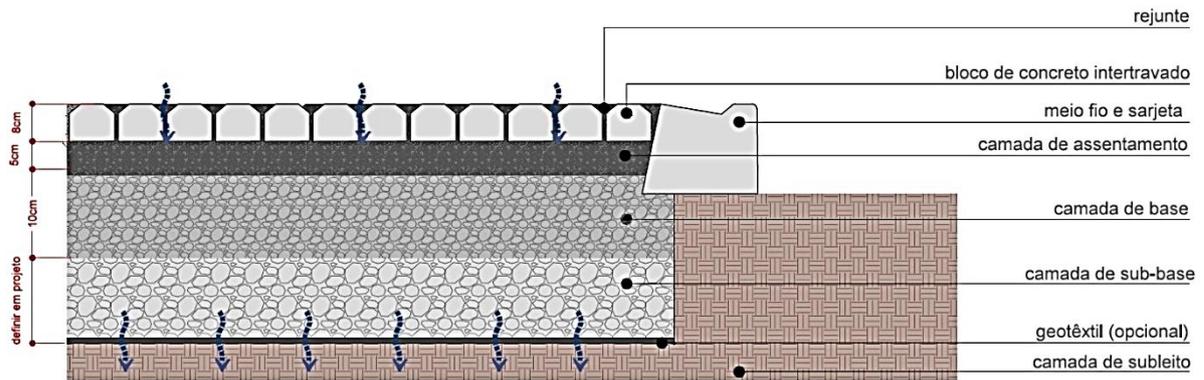
O dimensionamento das camadas de base e sub-base, devem ser definidos de acordo com a carga solicitadas, elas devem funcionar como reservatório. As alturas das camadas podem variar de acordo com o tráfego, regime de chuvas na região e tipo de solo. Deve-se ainda considerar um volume de vazios superior a 40% para a camada de base. Para a camada de assentamento e rejunte recomenda-se a utilização de agregado graúdo com  $d_{máx} = 9,5\text{mm}$ , não é aconselhável a utilização de areia ou pó de pedra (ABCP, 2013).

Podemos verificar abaixo os tipos de infiltração;

### 2.2.1 Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo

As setas em azul representam o fluxo das águas pluviais pela estrutura. O fundo da estrutura permite que as águas pluviais se infiltrem diretamente ao solo, conforme podemos verificar na figura abaixo.

Figura 2 - Pavimento intertravado permeável com infiltração total no solo

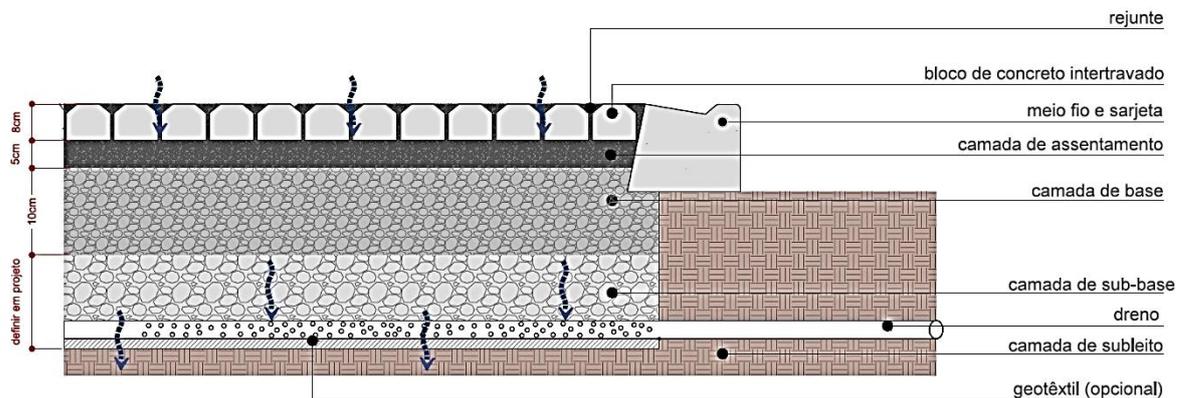


FONTE: ABCP (2013).

### 2.2.2 Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial no solo

O fundo da estrutura permite que as águas pluviais se infiltrem lentamente no solo local. E o dreno, localizado mais acima, tem a função de coletar a água e direcioná-la para um ponto de saída, quando o nível de água acumulada ultrapassa a altura do mesmo, conforme demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Pavimento intertravado permeável com infiltração parcial no solo

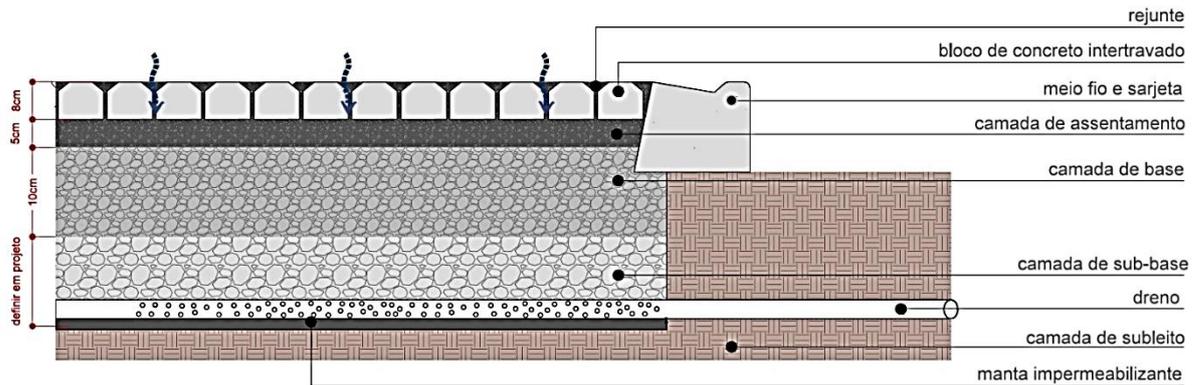


FONTE: ABCP (2013).

### 2.2.3 Pavimento intertravado sem infiltração no solo

O dreno localiza-se no fundo que é impermeabilizado. Dessa forma, as águas pluviais infiltradas são armazenadas e liberadas lentamente para o sistema de drenagem através do dreno, conforme demonstrado na figura 4.

Figura 4 - Pavimento intertravado sem infiltração no solo



FONTE: ABCP (2013).

## 2.3 Características Técnicas do Piso Intertravado Permeável com Juntas Alargadas

Os pavimentos permeáveis drenantes são projetados para permitir a infiltração da água de chuva. Eles possuem espaços livres na sua estrutura, considerando não só o revestimento, mas também as camadas inferiores de apoio e drenagem, que permitem a passagem da água. (TÉCHNE, 2012).

### 2.3.1 Tipos e dimensões

Para elaboração deste projeto foi escolhido como referência as peças comercializadas pela Oterprem Pré-moldados de Concreto. Dentre a gama de produtos oferecidos pela empresa foi selecionado para o estudo o Piso intertravado permeável com juntas alargadas, pois a área estudada será um estacionamento e este produto foi o que melhor se adequa ao local, pois permite tráfego de veículos leves e pesados, como carros e ônibus.

- Piso intertravado permeável com juntas alargadas (a água passa para o solo pelas juntas entre as peças)

Dimensões: 10 cm x 20 cm x 8 cm

Resistência do concreto: 35 MPa a 50 MPa

Consumo de peças por área: 50 peças/m<sup>2</sup>

Índice de Refletância Solar (SRI) >29

Índice adequado para diminuir o efeito das ilhas de calor nos grandes centros urbanos.

Figura 5 - Piso intertravado permeável com juntas alargadas



FONTE: OTERPREM (2018).

## 2.4 Materiais Para Sub-Base e Base

Para as camadas de assentamento de sub-base e base, deve-se utilizar brita lavada com Abrasão Los Angeles menor que 40. Também é necessário um Índice de Suporte Califórnia (CBR) de pelo menos 80%. De acordo com o índice de vazios dos agregados será determinado a capacidade de atuar como reservatório de água da base e da sub-base. A tabela 1 apresenta a granulometria que deverá ser utilizada para as para camadas de sub-base e base de acordo com o pavimento permeável a ser projetado. (TÉCHNE, 2012).

Tabela 1 – Granulometria recomendada para camadas de sub-base e base de um pavimento permeável

Peneira com abertura de malha	Sub-base	Base
75 mm	0	
63 mm	0 a 10	
50 mm	30 a 65	
37 mm	85 a 100	0
25 mm		0 a 5
Peneira com abertura de malha	Sub-base	Base
19 mm	95 a 100	
12,5 mm		40 a 75
4,75 mm		90 a 100
2,36 mm		95 a 100

Fonte: MARCHIONI E SILVA (2010).

## 2.5 Materiais para camada de assentamento e rejunte

Deve ser utilizado agregado graúdo com dimensão máxima igual a 9,5 mm. É de extrema importância que o agregado a ser utilizado na camada de assentamento tenha a dimensão suficiente para garantir uma superfície uniforme para o assentamento das peças pré-moldadas de concreto, este também deve proporcionar travamento com a camada de base. (TÉCHNE, 2012).

O material utilizado como rejunte das peças, pode ser o mesmo utilizado na camada de assentamento, também é permitido utilizar agregados mais finos para garantir o total preenchimento das juntas, deve-se utilizar como referência de granulometria a tabela 2. (TÉCHNE, 2012).

Recomenda-se adotar uma margem de segurança de 80% em razão do acúmulo de detritos no rejuntamento ao longo da vida útil do pavimento. Em virtude do baixo coeficiente de permeabilidade, não recomenda-se a utilização de areia ou pó de pedra na camada de assentamento e no material para rejunte. (TÉCHNE, 2012).

Tabela 2 - Granulometria recomendada para camadas de assentamento e material de rejunte para pavimento permeável

Peneira com abertura de malha	Sub-base	Base
12,50 mm	0	
9,50 mm	0 a 15	0
4,75 mm	70 a 90	0 a 15
2,36 mm	90 a 100	60 a 90
1,16 mm	95 a 100	90 a 100
0,300 mm		95 a 100

**Nota:** A escolha do material de rejuntamento irá depender da espessura das juntas entre as peças. Quanto maior a espessura das juntas, menor será o intertravamento do pavimento.

Fonte: MARCHIONI E SILVA (2010).

## 2.6 Revestimento

Determina-se que as peças de concreto para pavimentação devem atender os requisitos da NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação - Especificação, sendo estas de concreto convencional ou de concreto poroso. Para os casos onde foram adotadas as peças porosas, além da resistência à compressão também é necessário verificar o coeficiente de

permeabilidade do concreto. As cargas máximas devem ser definidas em projeto (MARCHIONI E SILVA, 2010).

## **2.7 Microdrenagem**

O sistema de drenagem deve ser composto por dois sistemas distintos porém estes estão interligados que, no entanto, devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o sistema de microdrenagem ou sistema de drenagem inicial, e o sistema de macrodrenagem (INOUE, 2009).

O sistema de drenagem inicial, ou de microdrenagem, ou ainda podendo receber o nome de coletor de águas pluviais, é composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de menores dimensões. O sistema deve dimensionado para o escoamento de águas pluviais cuja ocorrência tem período de retorno variando de 2 a 10 anos. Quando este bem projetado, elimina praticamente as inundações na área urbana, evitando as interferências entre as enxurradas e o tráfego de pedestres e veículos, e danos às propriedades. (INOUE, 2009).

Para o correto funcionamento do sistema de drenagem, este deve ser iniciado junto ao projeto de pavimentação, entretanto estes devem seguir os parâmetros estabelecidos em normas, seguindo as diretrizes de dimensionamento e acabamento das camadas constituintes do pavimento. Desta forma e ambos devem estar de interligados e de acordo com suas funcionalidades. (OLIVEIRA, 2016).

Deve-se levar em consideração alguns aspectos relevantes para a elaboração do projeto do sistema de microdrenagem, sendo estes: os levantamentos junto à prefeitura e/ou órgão atuante, os estudos hidrológicos, o uso e ocupação dos solos, reconhecimento das vias existentes e projetadas e os tipos dos dispositivos de drenagem. (OLIVEIRA, 2016).

Após realizada a coleta dos dados deve-se realizar um estudo preliminar, combinado o conjunto de informações e cartas topográficas com curvas de nível de 0,5 m a 1,0 m, deve ser identificado e sinalizado o sistema viário, definido os alinhamentos e greides das vias bem como as cotas dos pontos de cruzamento com base nos dados topográficos. Deve-se também realizar a análise do solo, e assim definir o tipo de dispositivo que melhor irá atender as necessidades do projeto e os locais para instalação dos dispositivos de drenagem. Para determinar a vazão do projeto será necessário um estudo hidrológico, avaliando as condições

de pluviometria e fluviometria, e se for o caso as condições de marés da região de abrangência do projeto (OLIVEIRA, 2016).

Figura 6 - Fluxograma das fases de um projeto de drenagem urbana



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

A próxima etapa consiste da obtenção dos parâmetros de dimensionamento do projeto, e engloba todos os dados capturados até o momento. Nesta fase há a aplicação direta das equações provenientes da disciplina de Hidráulica, e os itens seguintes descrevem como cada parâmetro é obtido para o dimensionamento dos dispositivos que compõem a microdrenagem. É de suma importância ressaltar, que cada órgão fiscalizador estadual possui os valores de parâmetros padronizados, cabe ao projetista seguir as orientações normativas.

## 2.8 Cálculo da Vazão do Projeto

A metodologia que será utilizada para determinar a vazão de projeto é com base na área da bacia hidrográfica onde será implantado o projeto de drenagem. A metodologia utilizada como base dados empíricos, serão utilizados fórmulas empíricas e elementos fluviométricos. O método mais difundido é o Método Racional, usual para áreas de contribuição de até 10 km<sup>2</sup> e próprio para aplicação em sistemas de drenagem urbana, e para

áreas de contribuição superiores a 10 km<sup>2</sup>, utilizam-se hidrogramas e a fórmula de Vem Te Chow (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

O Método Racional utiliza como conceito básico que o máximo caudal para uma pequena bacia contribuinte ocorre quando toda a bacia estiver contribuindo, ou seja, estima o pico das cheias. A equação empregada é dada pela EQ. 1.1. SUDECAP (1995).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \quad \text{EQ. 2.1}$$

Onde:

Q – vazão de pico em m<sup>3</sup>/s

A – área drenada da bacia (km<sup>2</sup>)

I – intensidade de chuva (mm/h),

C – o coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

De acordo com DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) o tempo de recorrência ou período de retorno ( $T_R$ ) é determinado por fatores técnicos e econômicos, tais como:

- tipo, importância e segurança da obra;
- estimativa de custos de restauração;
- estimativa de prejuízo por descarga maior;
- comparativo de custos para a obra em diferentes  $T_R$  (anos); e
- risco para as vidas humanas em face de acidentes.

Utiliza-se valores padronizados para  $T_R$ , pois estes valores são determinados por órgãos que gerenciam a micro e macrodrenagem em diversos locais do território brasileiro. Na Tabela 1 são apresentados os valores indicados para cada obra.

Tabela 3 – Tempos de recorrência para obras de drenagem

Tipo de obra	Tempo de recorrência $T_R$ (anos)
Drenagem superficial (meio-fio, sarjeta)	5 ou 10
Galerias	10 ou 25
Macro drenagem	20, 25 ou 50
Pontes	50 a 100

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Para determinar as vazões do projeto é necessário analisar a chuva conhecer a sua duração (d), o tempo de recorrência ( $T_R$ ) e os métodos de cálculos que melhor representam essa chuva. Entretanto, quando se utiliza o Método Racional, é possível adotar a duração da chuva sendo igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ) (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

O tempo de concentração ( $t_c$ ) é o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a seção de um determinado ponto, sendo este ponto o que se deseja calcular a descarga de projeto (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008). Desta forma, o tempo de concentração ( $t_c$ ) pode ser obtido por diversas equações, que melhor representam a área em estudo.

A equação de KIRPICH é utilizada para áreas com a montante não urbanizada e com até 5 km<sup>2</sup>:

$$t_c = 57 \times \left( \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad \text{EQ. 2.2}$$

Onde:

$t_c$  – tempo de concentração (min)

L – extensão do talvegue (km)

$\Delta H$  – máximo desnível na bacia medido ao longo de L (m)

Ainda segundo DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) para projetos de microdrenagem, adota-se  $t_c$  como sendo igual a 10 minutos para o cálculo da vazão de projeto das sarjetas/meios-fios e do primeiro ponto de sistema de galerias.

DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) orientam para a determinação da chuva de projeto, que seja verificado junto a prefeitura local se existem indicadores pluviométricos, dados coletados ou valores utilizados anteriormente. No entanto, caso o valor não for encontrado, é possível calculá-lo com expressões empíricas com base nas curvas de intensidade-duração-frequência, como se segue:

$$I = \frac{a}{(d + b)}$$

$$I = \frac{c}{d^m} \quad \text{EQ. 2.3}$$

$$I = \frac{a \times T_R^n}{(d + b)^r}$$

Onde:

$I$  – intensidade média em mm/min ou mm/h

$d$  – tempo de duração da chuva em minutos

$T_R$  – tempo de recorrência em anos

$a, b, c, m, n, r$  – são parâmetros definidos a partir das observações para elaboração da equação.

Alguns municípios brasileiros possuem a equação de chuva definida, permitindo o cálculo da intensidade de precipitação em função de parâmetros pré-definidos para cada uma delas. Para os municípios não possuem esta equação definida, é possível obtê-la com a formulação de Otto Pfafstetter, adotando o posto de medição que mais se assemelhe com o local da obra (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008). Sendo assim, a precipitação é determinada pelas seguintes equações:

$$P = K \times P_1 \quad \text{EQ. 2.4}$$

$$K = T_R^{(\alpha + \beta / T_R^{0,25})} \quad \text{EQ. 2.5}$$

$$P_1 = a d_c + b \log(1 + c d_c) \quad \text{EQ. 2.6}$$

Onde:

$P$  – precipitação máxima (mm)

$T_R$  – tempo de recorrência (anos)

$d$  – duração da precipitação horas

$\alpha, \beta$  – valores dependentes da duração da precipitação (adimensional)

$a, b, c$  – valores constantes para cada posto (adimensional)

$K$  – fator de probabilidade

$P_1$  – precipitação total para  $T_R = 1$  ano (mm)

Sendo:

$$5 \text{ min} \leq d_c \leq 6 \text{ dias}$$

$$0,2 \text{ ano} \leq T_R \leq 100 \text{ anos}$$

arâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ , a, b, c estão indicados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Valores de  $\alpha$  para a equação de Otto Pfafstetter

	Duração (d)												
	Minutos			Horas						Dias			
d	5	15	30	1	2	4	8	14	24	48	3	4	6
$\alpha$	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,174	0,170	0,166	0,160	0,156	0,152

Fonte: PFAFSTETTER (1982).

Tabela 5 – Valores de  $\beta$  para a equação de Otto Pfafstetter para algumas cidades brasileiras

Postos	a	b	c	Valores de $\beta^*$			
				5 min	15 min	30 min	1 h – 6 dias
Aracaju - SE	0,6	24	20	0,00	0,04	0,08	0,02
Belém – PA	0,4	31	20	-0,04	0,00	0,00	0,04
Belo Horizonte – MG	0,6	26	20	0,12	0,12	0,12	0,04
Cuiabá – MT	0,1	30	20	0,08	0,08	0,08	0,04
Curitiba – PR	0,2	25	20	0,16	0,16	0,16	0,08
Florianópolis – SC	0,3	33	10	-0,04	0,12	0,20	0,20
Fortaleza – CE	0,2	36	20	0,04	0,04	0,08	0,08
Goiânia – GO	0,2	30	20	0,08	0,08	0,08	0,12
Rio de Janeiro – RJ	0,0	35	10	-0,04	0,12	0,12	0,20
João Pessoa – PB	0,6	33	10	0,00	0,00	0,04	0,08
Maceió – AL	0,5	29	10	0,00	0,04	0,08	0,20
Manaus – AM	0,1	33	20	0,04	0,00	0,00	0,04
Natal – RN	0,7	23	20	-0,08	0,00	0,08	0,12
Porto Alegre – RS	0,4	22	20	0,00	0,08	0,08	0,08
Porto Velho – RO	0,3	35	20	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Branco – AC	0,3	31	20	-0,08	0,00	0,04	0,08
Salvador – BA	0,6	33	10	-0,04	0,08	0,08	0,12
São Luiz – MA	0,4	42	10	-0,08	0,00	0,00	0,08
São Paulo – SP	0,6	16	60	-0,04	0,04	0,04	0,04
Teresina – PI	0,2	33	20	0,12	0,12	0,12	0,12
Vitória – ES	0,3	34	10	0,12	0,12	0,12	0,12

Fonte: PFAFSTETTER (1982).

Também é possível obter os parâmetros através do programa computacional Pluvio 2.1 do Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa – UFV (2006). Com dados coletados e armazenados por várias estações, o Pluvio 2.1 nos permite, utilizando-se de interpolação pelo Método do Inverso da Quinta Potência da Distância, a estimativa dos coeficientes da equação para diversas localidades.

## 2.9 Delimitação da Área de Contribuição

DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) determinam que a definição dos limites das áreas de contribuição deve-se obedecer a sequência:

- marcar o divisor de águas da bacia para a seção em estudo;
- determinar a área de drenagem correspondente; e
- determinar o comprimento do talvegue e desnível, se for o caso.

## 2.10 Coeficiente da Escoamento Superficial (Run Off)

Para DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) o coeficiente de escoamento superficial é dado em função da taxa de impermeabilização do terreno resultante do uso e ocupação do solo urbano, e resume a relação entre a quantidade de água escoada e a precipitada durante uma determinada chuva. Para melhor precisão dos resultados finais, recomenda-se calcular o valor do coeficiente para cada parte da subárea anteriormente delimitada, visando que as características não são as mesmas em toda a superfície da subárea. Após verificar o valor de cada parte, faz-se uma média ponderada e obtêm-se o coeficiente médio ( $C_{med}$ ) por meio da seguinte equação:

$$C_{med} = \frac{(\sum A_i C_i)}{A} \quad \text{EQ. 2.7}$$

O Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2005) apresenta valores usuais para o coeficiente de escoamento (C) conforme a ocupação e uso do solo, como mostrado nas Tabelas 6 e 7 a seguir.

Tabela 6 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para as áreas conforme uso e ocupação

Descrição das bacias de contribuição	C
<b>Comércio</b>	
Áreas centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
<b>Residencial</b>	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multiunidades, isoladas	0,40 a 0,60

Descrição das bacias de contribuição	C
<b>Residencial</b>	
Multiunidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
<b>Industrial</b>	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Descrição das bacias de contribuição	C
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: DNIT (2005).

A Tabela 7 apresenta os valores de coeficiente de escoamento superficial de uso e ocupação do solo para demais superfícies.

Tabela 7 – Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para algumas superfícies típicas

Tipo de superfície	C
<b>Ruas</b>	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajetos de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
<b>Gramados, solos arenosos</b>	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
<b>Gramados, solo compacto</b>	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Tipo de superfície	C
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: DNIT (2005).

## 2.11 Dimensionamento dos Dispositivos do Sistema de Microdrenagem

Deve-se realizar o dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem para determinar o maior comprimento que os mesmos podem ter de acordo com os requisitos estabelecidos no projeto para as condições hidráulicas, sendo assim eles devem ser

dimensionados de forma a não exceder a vazão e causar o “afogamento” do dispositivo (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

### 2.11.1 Sarjetas e meios-fios

Segundo DIOGO e SCIAMMARELLA (2008), para realizar o dimensionamento de sarjetas e meios-fios deve-se primeiramente calcular a vazão ou descarga específica de projeto, em seguida determinar a capacidade hidráulica do dispositivo de drenagem, e posteriormente estabelecer o comprimento máximo ou crítico do elemento de drenagem.

Para se obter a descarga específica é necessário o cálculo da vazão afluyente para sarjetas e meios-fios, e para isso usa-se o método racional assegurando que as áreas de contribuição apresentam valores correspondentes à sua aplicação, a equação que descreve este método é apresentada abaixo (DIOGO e SCIAMMARELLA 2008).

$$Q = C \times I \times A \quad \text{EQ. 2.8}$$

Onde:

$Q$  – descarga afluyente à sarjeta ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  – coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

$I$  – intensidade de precipitação ( $\text{mm}/\text{h}$ )

$A$  – área de drenagem ou de contribuição ( $\text{m}^2$ )

Admite-se que:

$$A = L_{\text{implúvio}} \times L_u \quad \text{EQ. 2.9}$$

Onde:

$L_{\text{implúvio}}$  – largura do implúvio (m)

$L_u$  – comprimento crítico da sarjeta (m)

O comprimento crítico define o espaçamento máximo entre bocas coletoras.

Foram padronizados alguns valores para dimensionamento de sarjetas, (Tabela 7) esses têm como premissa simplificar o processo de cálculo por meio da equação 3.7. Com o

propósito de representar qualquer município, adotou-se uma intensidade de chuva-de-cálculo de 100 mm/h e se obtém o comprimento útil ou crítico multiplicando o valor tabelado por 100 e dividindo o resultado pela intensidade (mm/h) da chuva de projeto (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Tabela 8 – Valores de referência adotados para dimensionar sarjetas

Parâmetros hidrológicos	Via	Lote lindeiro
	F (m)	a (m)
	≤ 18	20
	> 18	30
C	0,90	0,70
I	100 mm/h	
T <sub>R</sub>	10 anos	
D	10 min	

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

A vazão específica ( $q$ ) de uma sarjeta é dado por:

$$q = q_1 + q_2 \quad \text{EQ. 2.10}$$

Onde

$q_1$  – vazão específica da profundidade ( $a$ ) da quadra (l/s/m)

$q_2$  – vazão específica da semi largura da via (meia via =  $F/2$ ) do logradouro (l/s/m)

Substituindo os valores da Tabela 7 na equação 3.7, com os valores correspondentes da vazão específica da profundidade e da semi largura, é possível escrever a equação 3.8 como:

$$q = 0,01946 \times a + 0,01251 \times F \quad \text{EQ. 2.11}$$

DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) apresentam valores para a vazão específica de uma sarjeta com base na equação 2.10, para as diferentes larguras ( $F$ ) das vias e dos lotes ( $a$ ), como demonstrado na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Valores da vazão específica (q), em l/s/m para uma sarjeta

Vazão específica q (l/s/m)												
Largura da via F (m)		10	12	13	14	15	18	20	25	27	30	40
Profundidade do lote a (m)	20	0,51	0,54	0,55	0,56	0,58	0,61	0,64	0,70	0,73	0,76	0,89
	30	0,71	0,73	0,75	0,76	0,77	0,81	0,83	0,90	0,92	0,96	1,08

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Para o cálculo da capacidade de vazão de uma sarjeta e meio-fio devemos levar em consideração algumas características geométricas, dimensões, inclinação longitudinal e tipo de revestimento deste dispositivo. Nessa fase torna-se importante que os projetos de pavimentação e de drenagem tenham sido elaborados dentro das diretrizes normativas e de forma integrada, pois alguns dos elementos dependem da geometria da via (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008). Na tabela 10 são apresentados valores usuais utilizados no projeto de ruas e avenidas.

A capacidade de vazão de uma sarjeta e meio-fio, assim como os demais dispositivos de drenagem superficial que atuam como canal, pode ser realizada pela aplicação da equação da continuidade com a fórmula de Manning (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Tabela 10 – Valores usuais de parâmetros para projetos de ruas e avenidas

Dados característicos	Usual	Máximo	Mínimo
Declividade longitudinal do pavimento	-	-	0,4%
Declividade transversal do pavimento	2,0%	2,5%	1,0%
Declividade transversal da sarjeta	5,0%	10,0%	2,0%
Altura da guia	0,15 m	0,20 m	0,10 m
Altura da água na pista	-	0,13 m	-
Comprimento útil (Lu)	-	60 m	-
Largura da sarjeta sem estacionamento	0,50 m	0,60 m	-
Largura da sarjeta com estacionamento	0,90 m	-	-

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Considerando que o escoamento superficial é considerado permanente e uniforme, a velocidade média nos dispositivos de drenagem pode ser calculada pela fórmula de Manning, expressa por:

$$V = \frac{(R_H)^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

EQ. 2.12

Onde:

$V$  – velocidade média (m/s)

$R_H$  – raio hidráulico (m)

$i$  – declividade média de escoamento (m/m)

$n$  – coeficiente de rugosidade (adimensional)

Os valores do coeficiente de rugosidade ( $n$ ) são tabelados, na Tabela 11 são apresentados alguns valores.

Tabela 11 – Valores tabelados para o coeficiente de Manning ( $n$ )

Dispositivo e material da superfície		Coefficiente de rugosidade ( $n$ )	
Tubo	Concreto	0,014	
	PVC helicoidal	0,010	
Sarjetas	Revestimento asfáltico	Textura lisa	0,013
		Textura áspera	0,016
	Argamassa de cimento (acabamento)	Com desempenadeira	0,014
		Manual liso	0,016
		Manual áspero	0,020
	Paralelepípedo argamassado	0,020	
	Com declividade longitudinal pequena (até 2%), sujeita a assoreamento, acrescentar a $n$		+0,002 a 0,005
Concreto	Acabamento com colher, bem acabado	0,012	
Canal	Concreto	Acabamento com colher, bem acabado	0,013
		Acabamento com desempenadeira	0,015
		Sem acabamento	0,017
		Projetado, alisado com colher, bem acabado	0,018
		Projetado, alisado com colher, mal acabado	0,020
		Projetado, sem acabamento	0,022

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) ressaltam que a velocidade ideal do fluxo d'água no dispositivo situa-se entre o valor máximo que limita o efeito de abrasão às superfícies e o valor mínimo que garante a auto-limpeza dos dispositivos. Conforme o tipo de material usado na construção dos dispositivos, admite-se uma velocidade máxima e mínima, estes valores são apresentados na Tabela 12.

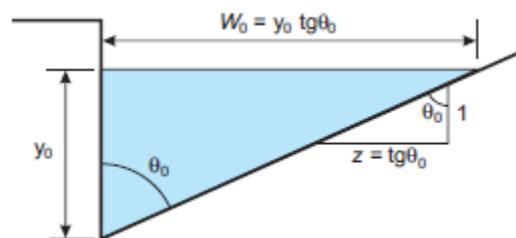
Tabela 12 – Valores admissíveis de velocidade para os vários dispositivos de drenagem

Material		Velocidade (m/s)	
		Máxima	Mínima
Sarjeta	Revestimento asfáltico	3,0	0,75
	Concreto	5,0	
Galeria	Concreto		
Tubo	Concreto		
Canal	Fundo e talude em concreto		
	Fundo em terra e talude em concreto	1,8	
	Fundo e taludo em terra		

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

A determinação da capacidade de escoamento das sarjetas é dada pela equação de Izzard, que é representada pela aplicação da equação da continuidade e a fórmula de Manning. Com base na configuração geométrica das sarjetas obtêm-se os parâmetros utilizados no cálculo da capacidade de vazão deste dispositivo, os elementos que compõem a sarjeta são apresentados na Figura 7 (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Figura 7 – Seção de uma sarjeta triangular com os seus elementos constitutivos



Fonte DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

A equação de Izzard é descrita como:

$$Q_0 = 0,375 \times \frac{z}{n} \times (y_0)^{8/3} \times i^{1/2} \quad \text{EQ. 2.13}$$

Onde:

$Q_0$  – capacidade de escoamento na sarjeta ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$y_0$  – altura da lâmina d'água junto ao meio-fio (m)

$i$  – inclinação longitudinal da sarjeta (m/m)

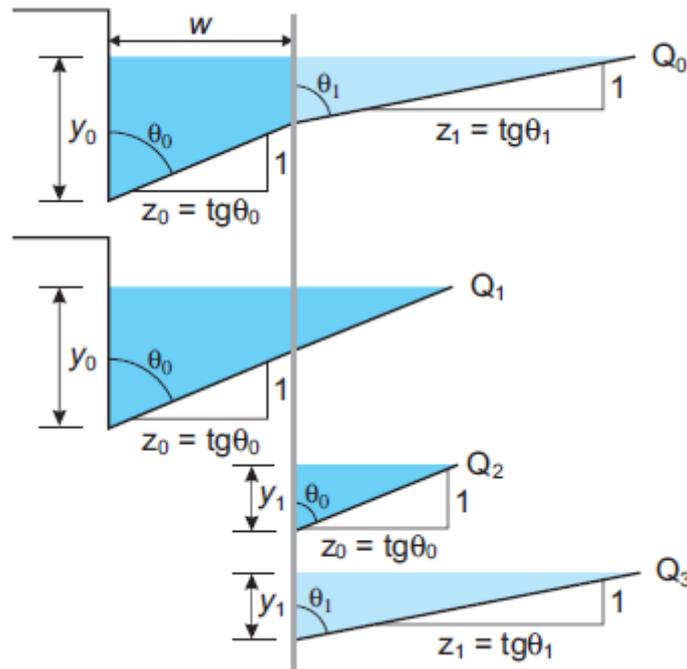
$z = \text{tg}\theta_0$  – recíproca da declividade transversal da sarjeta, ou seja, o inverso da inclinação transversal da sarjeta (m/m)

$n$  – coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional)

Caso a seção for composta, considerar a combinação mostrada na Figura 8 e a seguinte equação:

$$Q_0 = Q_1 - Q_2 + Q_3 \quad \text{EQ. 2.14}$$

Figura 8 – Seção composta de uma sarjeta triangular e seus elementos constitutivos.

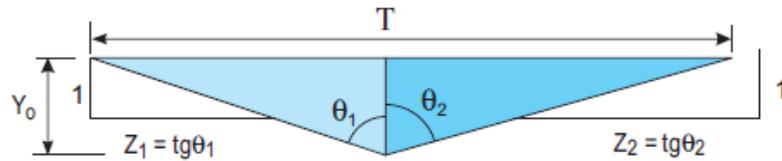


Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

A seção transversal de um sarjetão é representada na Figura 9, e o valor de  $z$  deve ser calculado por:

$$z = \frac{T}{Y_0} = \text{tg}\theta_1 + \text{tg}\theta_2 \quad \text{EQ. 2.15}$$

Figura 9 – Seção típica de um sarjetão



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Diferentemente das sarjetas onde a velocidade de escoamento é determinada pela fórmula de Manning, para os sarjetões a velocidade média é calculada por meio da equação da continuidade, como demonstrado abaixo:

$$V_0 = \frac{Q_0}{A} \quad \text{EQ. 2.16}$$

E o tempo de percurso é dado por:

$$t_p = \frac{L}{60 \times V_0} \quad \text{EQ. 2.17}$$

Onde:

$V_0$  – velocidade média (m/s)

$Q_0$  – capacidade de vazão (m<sup>3</sup>/s)

$A$  – área (m<sup>2</sup>)

$L$  – comprimento do trecho (m)

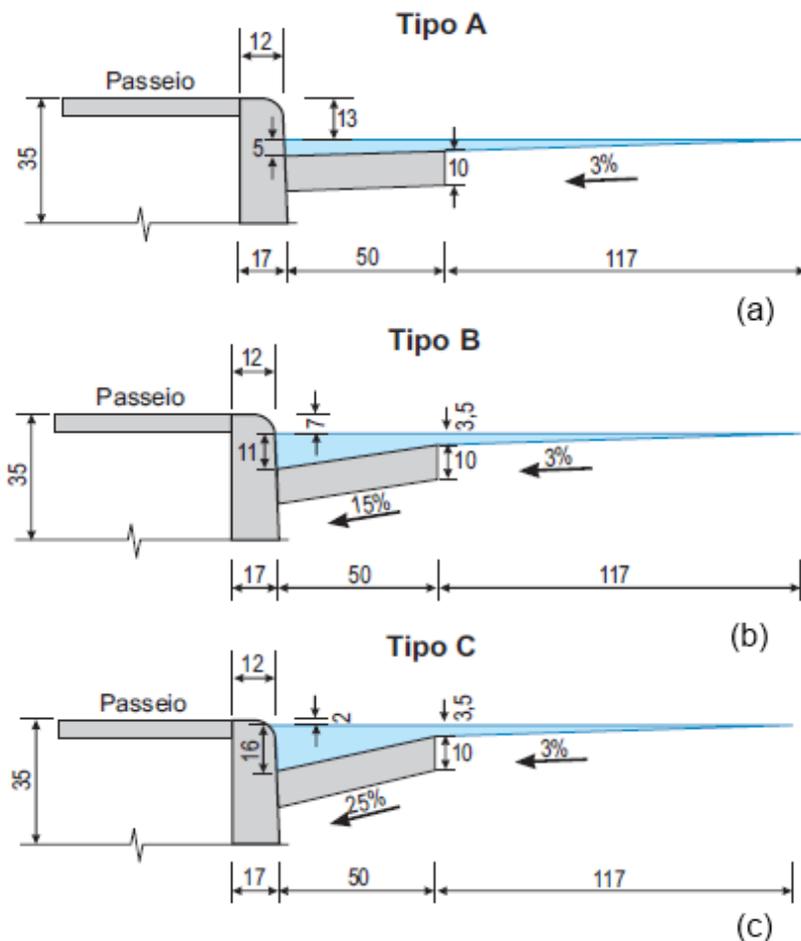
$t_p$  – tempo de percurso (minuto)

No manual de drenagem da Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP, de Belo Horizonte, são apresentados três tipos padronizados de sarjetas, conforme mostrado na Figura 8, e estabelecidos as vazões e velocidades para cada tipo de seção.

Estes padrões de sarjetas foram estabelecidos com base nas declividades longitudinais das vias. No caso da Figura 8 (a) é usual sua aplicação em via com uma grande declividade longitudinal,  $i > 16\%$ , e admite-se uma lâmina d'água de 5,0 cm e declividade transversal de 3%. Para a Figura 8 (b), sua utilização é dada para vias com declividade longitudinal média

variando na faixa de 0,5% a 16%, neste caso a lâmina d'água admitida é correspondente a 11 cm com declividade transversal de 15%. Por fim tem-se via com pequena declividade transversal,  $i < 0,5\%$ , como é demonstrado na Figura 8 (c), onde se admite uma lâmina d'água de 16 cm para uma declividade transversal de 25%.

Figura 10 – Seções tipos padronizadas de sarjetas conforme Manual de Drenagem Urbana da SUDECAP



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Com os valores dos parâmetros hidráulicos definidos, a última incógnita a ser calculada é o Comprimento Crítico ou Útil, que corresponde ao ponto a partir do qual o dispositivo de drenagem não é capaz de conter o escoamento sem transbordar ou ultrapassar um limite previamente estabelecido (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Para a SUDECAP (1995) é admissível um alagamento de 1,67 m, este valor corresponde à largura de um carro, e para trechos iniciais admite-se o valor de 2,17 m. De

todo modo na Tabela 13, levando-se em conta a largura de alagamento para cada faixa de inclinação longitudinal da via.

Tabela 13 – Tipos de sarjetas e situação de emprego conforme SUDECAP

Altura da lâmina d'água $y_0$ (cm)			
Inclinação longitudinal (i)	Seção tipo	Largura de alagamento (m)	
		1,67	2,17
$i > 16\%$	A	5,0	6,5
$16\% \geq i \geq 0,5\%$	B	11,0	12,5
$i < 0,5\%$	C	16,0	Não empregado

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Em função do tipo da sarjeta e do comprimento útil de alagamento, considerando o coeficiente de rugosidade (n) igual a 0,015, é possível estabelecer as equações da vazão e da velocidade de fluxo d'água conforme demonstrado na Tabela 14 (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Tabela 14 – Vazão e velocidade nas sarjetas em função da inclinação longitudinal da via com o correspondente comprimento útil

Sarjeta	Alagamento de 1,67 m		Alagamento de 2,17 m	
	Capacidade de vazão teórica (l/s)	Velocidade (m/s)	Capacidade de vazão teórica (l/s)	Velocidade (m/s)
A	$282,752x(i)^{1/2}$	$6,786x(i)^{1/2}$	$569,186x(i)^{1/2}$	$8,083x(i)^{1/2}$
B	$550,363x(i)^{1/2}$	$9,712x(i)^{1/2}$	$877,243x(i)^{1/2}$	$10,270x(i)^{1/2}$
C	$850,610x(i)^{1/2}$	$12,298x(i)^{1/2}$	Não empregado	Não empregado

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Com o intuito de prever a obstrução das sarjetas com baixa declividade por materiais sedimentados, e reduzir o risco a pedestres nas velocidades elevadas, é considerado um fator de redução da capacidade de vazão das sarjetas, dado por:

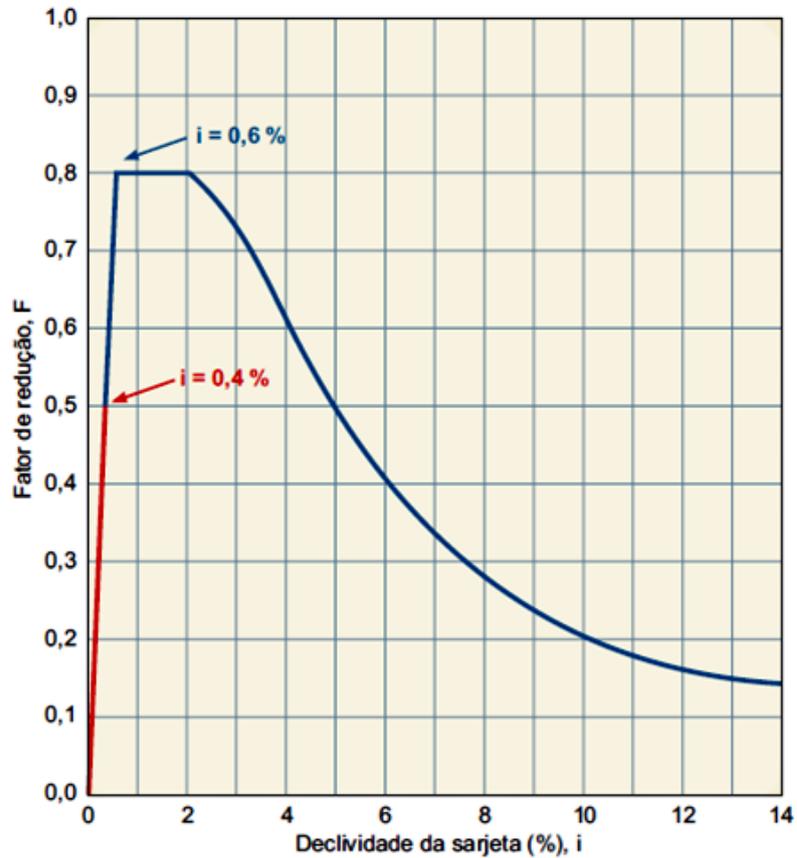
$$Q_{admissível} = F_R \times Q_{teórica} \quad \text{EQ. 2.18}$$

Sendo que  $F_R$  é obtido por meio da Tabela 15 ou pelo ábaco da Figura 11.

Tabela 15 – Valores de fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade longitudinal da sarjeta (%)	Fator de redução ( $F_R$ )
0,4	0,50
0,6	0,80
2,0	0,80
3,0	0,70
5,0	0,50
6,0	0,40
Declividade longitudinal da sarjeta (%)	Fator de redução ( $F_R$ )
8,0	0,27
10,0	0,20

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Figura 11 – Fatores de redução ( $F_R$ ) de escoamento das sarjetas

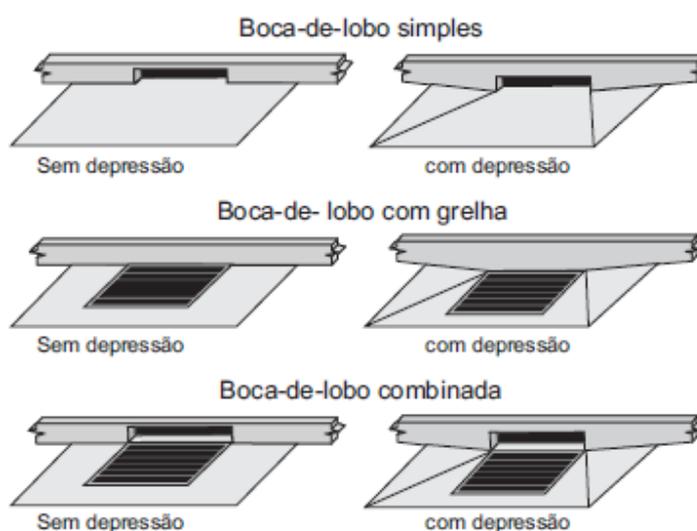
Fonte: Fugita, 1980 apud DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

### 2.11.2 Boca de lobo

A boca de lobo é o dispositivo de drenagem responsável por esvaziar as sarjetas e recolher as águas superficiais das vias direcionando-as para um coletor de maior capacidade hidráulica, situado num plano inferior. Devem ser dispostas espaçadamente ao longo da sarjeta, e composta pelos elementos: caixa de alvenaria, grelha, quadro ou caixilho e cantoneira (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

Estão representadas na Figura 12 os principais tipos de boca de lobo com base na geometria da via, e na Figura 13 são apresentadas as plantas (a) e seções (b) usuais em projeto de microdrenagem urbana, e em (c) é representado situações de posicionamento de bocas de lobo e da rede coletora em uma via pública.

Figura 12 - Tipologia básica para boca de lobo conforme declividade da via.



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Deve-se levar em consideração alguns aspectos durante o projeto de boca de lobo, sendo eles: não permitir a instalação da boca de lobo em ruas sem sarjetas; com exceção da sarjeta do tipo C, que admite uma lâmina d'água de 16 cm para uma declividade transversal de 25%. A instalação da boca de lobo deve ser feita com depressão no pavimento adjacente; a abertura na cantoneira somente influi na capacidade de vazão quando a da grelha estiver esgotada ou obstruída; a interligação entre a boca de lobo e o poço de visita é realizada com declividade mínima de 1%; admite-se um espaçamento máximo de 60 m entre bocas de lobo; o diâmetro do ramal influi na máxima vazão do segmento (Tabela 16); e por fim os

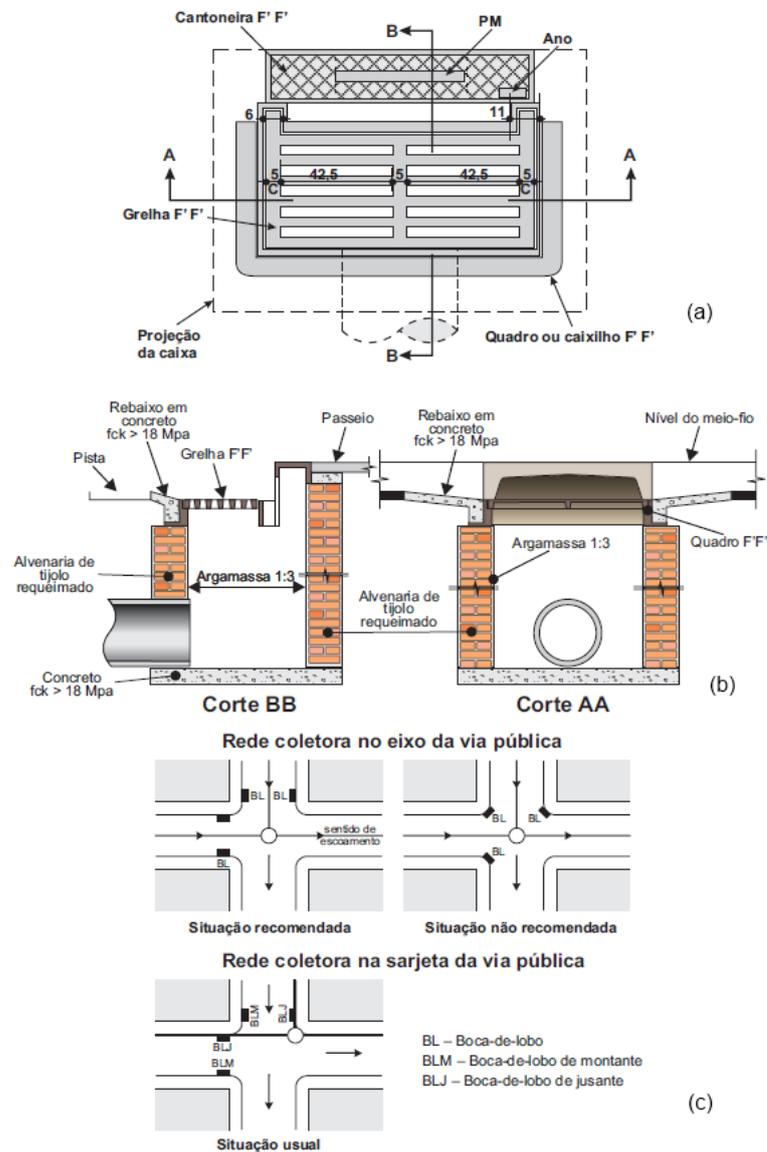
cruzamentos devem ser livres de lâmina de água em sua superfície. DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

Tabela 16 – Capacidade máxima de ramais

Capacidade dos ramais	
Diâmetro (cm)	Capacidade Máxima de vazão (l/s)
40	100
50	200
60	300

Fonte: Wilken, 1978 apud DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Figura 13 – Boca de lobo simples (a), cortes da boca de lobo simples (b) e posição da rede coletora na via com o devido posicionamento da boca de lobo (c)



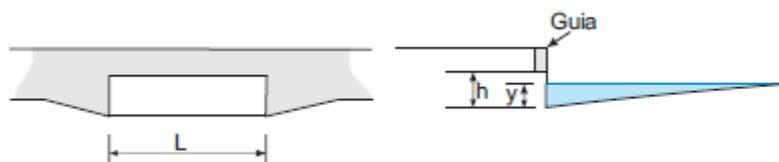
Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Com base na direção dos fluxos laterais encaminhados pela sarjeta deve ser realizado o dimensionamento de uma boca de lobo. Deste modo têm-se bocas de lobo situadas em pontos baixos e intermediários das sarjetas, a capacidade de engolimento varia de acordo com cada situação estas são por sua vez determinadas de acordo com metodologias diferentes. Para bocas de lobos situadas em pontos baixos (inclusive nos cruzamentos das vias) deve ser adotado o método do *U.S. Army Corps of Engineers (USACE)*, e para bocas de lobos situadas em pontos intermediários é adotado o método da Universidade Johns Hopkins. Devemos ressaltar que a capacidade de engolimento pode ser reduzida devido à obstrução por detritos carregados pela água, por irregularidades nos pavimentos das ruas, e pela metodologia de cálculo que nem sempre condiz com a realidade (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008).

O método do USACE é descrito pelas seguintes equações abaixo:

1. Para a situação de entrada pela cantoneira (guia chapéu), a Figura 14 representa os parâmetros utilizados para o dimensionamento da capacidade de engolimento das bocas de lobo:

Figura 14 – Parâmetros utilizados para o cálculo da capacidade de engolimento das bocas de lobo



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Admite-se as seguintes situações para o dimensionamento da capacidade de engolimento das bocas de lobo:

- a. Para casos em que  $y < 12$  cm
  - Boca de lobo simples

$$Q = 1,7 \times y^{1,5} \times L \times 10^3 \quad \text{EQ. 2.19}$$

Onde:

Q – Capacidade de engolimento (l/s)

$y$  – carga hidráulica (m)

$L$  – comprimento de abertura da cantoneira (m)

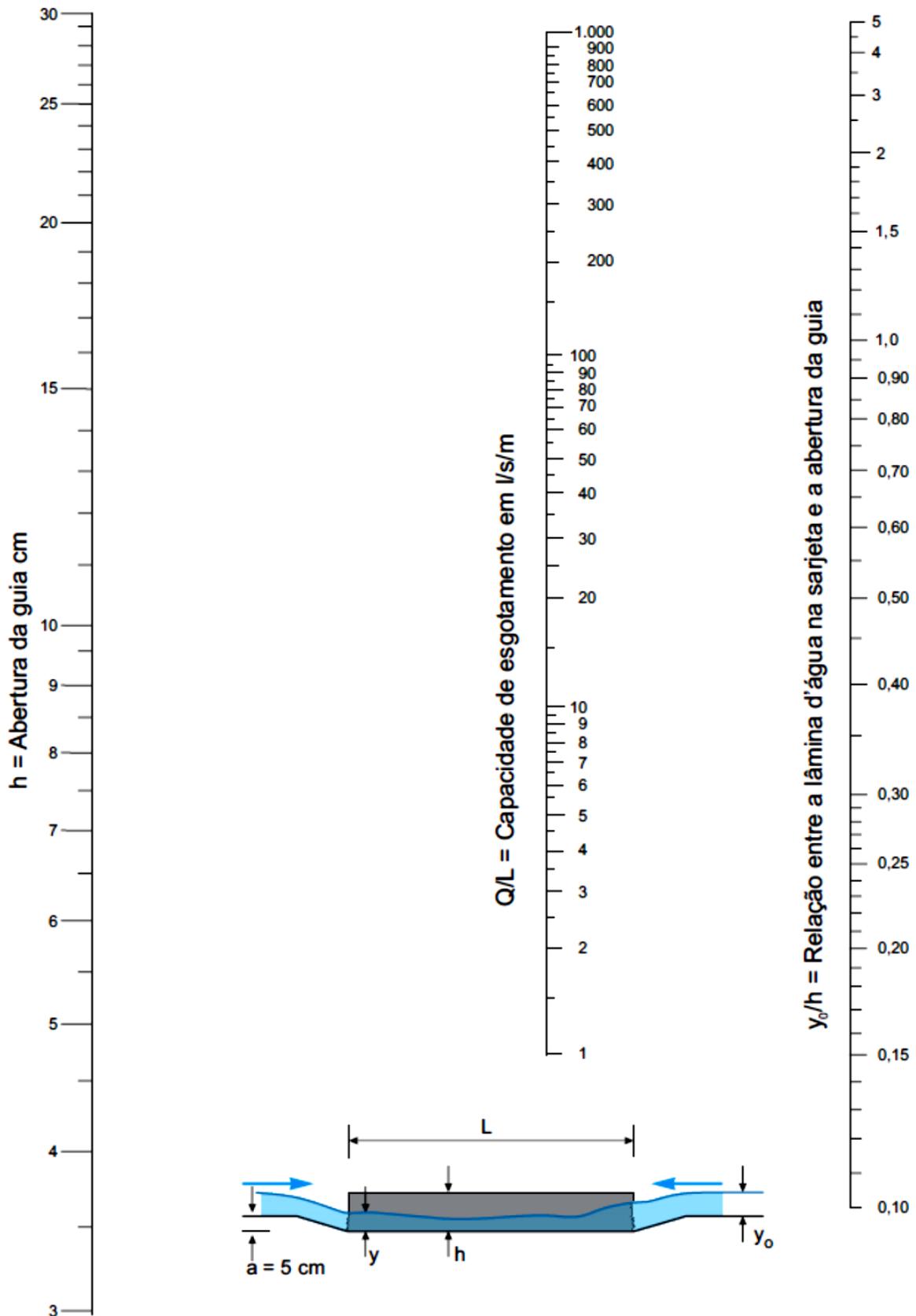
- Boca de lobo dupla:

$$Q = 2 \times 1,7 \times y^{1,5} \times L \times 10^3 \quad \text{EQ. 2.20}$$

- b. Para casos em que  $y > 12$  cm

Para este caso devemos adotar o monograma da Figura 15, correspondente ao da página 283 do livro de Drenagem Urbana – Manual de Projeto, 3º Edição, 1986, DAEE/CETESB, São Paulo.

Figura 15– Capacidade de esgotamento das bocas de lobo simples com depressão de 5 cm, em pontos baixos das sarjetas



Fonte: DAEE/CETESB (1986).

2. Para a situação de entrada pela grelha:

a. Boca de lobo simples com grelha:

$$Q = 2,383 \times y^{1,5} \quad \text{EQ. 2.21}$$

Onde:

Q – vazão de engolimento (l/s)

y – carga hidráulica sobre a grelha (cm)

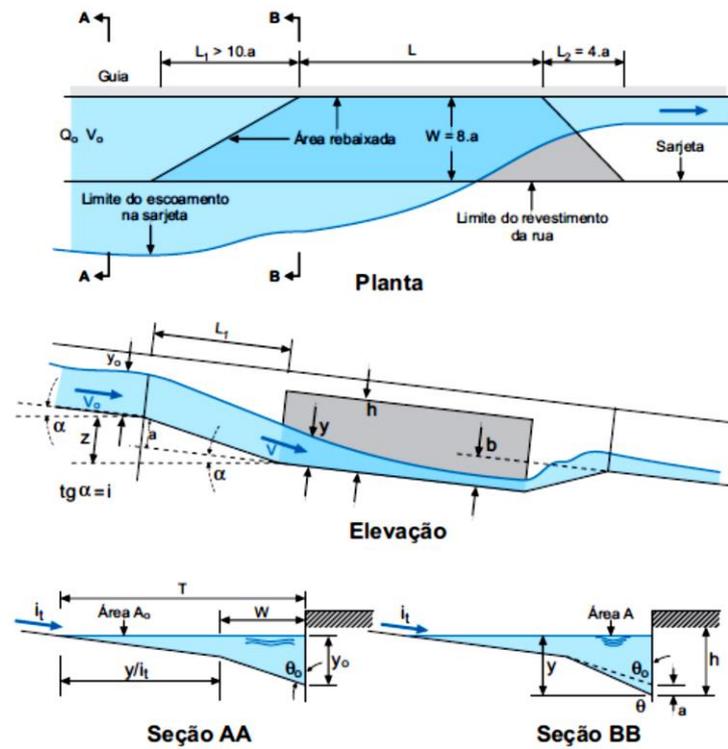
b. Boca de lobo dupla com grelha:

$$Q = 2 \times 2,383 \times y^{1,5} \quad \text{EQ. 2.22}$$

O método da Universidade de Johns Hopkins estabelece as seguintes equações para bocas de lobo em pontos intermediários:

1. Para a situação de entrada pela cantoneira (guia chapéu) em pontos intermediários, a Figura 16 representa os parâmetros utilizados para o dimensionamento da capacidade de engolimento das bocas de lobo situadas em greide contínuo:

Figura 16– Bocas de lobo situadas em ponto intermediário da sarjeta



Fonte: DAEE/CETESB (1986).

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \times y \times (g \times y)^{1/2} \quad \text{EQ. 2.23}$$

Onde K e C são adimensionais.

a. Boca de lobo simples com depressão ( $a > 0$ ):

Tendo as seguintes características:

$$L_1 - 10a$$

$$L_2 - 4a$$

$$W - 8a$$

$$K - 0,23$$

C é calculado pela seguinte expressão:

$$C = \frac{0,45}{1,12^{X \cdot F^2}} \quad \text{EQ. 2.24}$$

Onde:

$$X = \frac{L}{a \times \text{tg} \theta} \quad \text{EQ. 2.25}$$

F – Número de Froude cujo valor é:

$$F^2 = 2 \left[ \left( \frac{E}{y} \right) - 1 \right] \quad \text{EQ. 2.26}$$

Sendo:

$$E = \left( \frac{Q_0^2}{2 \times g \times A^2} \right) + y \quad \text{EQ. 2.27}$$

Se  $L_2 \neq 4a$  e  $a \neq b$  a equação X se torna:

$$X = \frac{L}{a_1 \times \text{tg} \theta} \quad \text{EQ. 2.28}$$

Onde:

$$a_1 = \frac{b - i \times |L_2|}{1 - 4 \times i} \quad \text{EQ. 2.29}$$

A equação de Q/L com  $K=0,23$ , fica:

$$\frac{Q}{L} = (0,23 + C) \times y \times (g \times y)^{1/2} \quad \text{EQ. 2.30}$$

b. Boca de lobo simples sem depressão ( $a = 0$ ):

Nesse caso:

$$C = 0$$

$$y = y_0$$

$$\text{tg}\theta = \text{tg}\theta_0$$

Os valores K são funções de  $\text{tg}\theta_0$  conforme mostrado na Tabela 16:

Tabela 17 – Valores de K para a equação 2.28

$\text{tg}\theta_0$	K
12	0,23
24	0,20
48	0,20

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

Escreve-se a equação de Q/L da seguinte maneira:

$$\frac{Q}{L} = K \times y_0 \times (g \times y_0)^{1/2} \quad \text{EQ. 2.31}$$

Para os casos onde a situação de entrada pela grelha em pontos intermediários utiliza-se o método denominado *The Design of Storm Water Inlets*, descrito pelo livro *Drenagem Urbana – Manual de Projeto*, 3ª Edição, 1986, DAEE/CETESB, São Paulo, página 305.

Segundo DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) deve-se local a primeira boca de lobo a partir do divisor de águas até a seção da sarjeta onde o alagamento atinge o limite, correspondente a 2,17 m. O comprimento útil da sarjeta ( $L_u$ ) é dado por:

$$L_u \frac{Q_s}{q} \quad \text{EQ. 2.32}$$

Onde:

$L_u$  – comprimento útil (m)

$Q_s$  – capacidade de escoamento na sarjeta (l/s)

$q$  – vazão específica da via (l/s/m)

Deve-se considerar também a redução da capacidade de vazão para as bocas de lobos por virtude da obstrução por detritos conduzidos pelas águas; irregularidades nos pavimentos das ruas; e bem como pela metodologia de cálculo nem sempre corresponder a realidade (DIOGO e SCIAMMARELLA, 2008). Essa redução é dada por:

$$Q_{admissível} = F_R \times Q_{teórica} \quad \text{EQ. 2.33}$$

Deve-se adotar os seguintes valores de redução para capacidade de engolimento de bocas de lobos conforme mostrado na Tabela 17.

Tabela 18 – Fatores de redução da capacidade de esgotamento das bocas de lobo (FR)

Localização da sarjeta	Tipo de Boca de lobo	F (%)
Ponto baixo	Cantoneira	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Greide contínuo	Cantoneira	80
	Com grelha longitudinal	60
	Combinada	66

Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008)

## 2.12 Estimativa de Custos

Segundo Acioli, (2005 *apud* CIRIA, 1996) quando se trata de custos em obras de engenharia, a análise a ser feita deverá atender ao ponto de vista econômico e financeiro. Sabendo-se que uma análise do ponto de vista econômico procurar avaliar todos os custos e benefícios para a comunidade favorecida pelo empreendimento, ao passo que uma análise financeira engloba os custos e receitas diretamente aplicadas ao empreendimento.

Segundo CAIXA (2016), deve-se utilizar o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) como referência para a composição de custos de uma obra pública pois este sistema é responsável pela técnica de engenharia (especificando

insumos, composições de serviços e orçamentos de referência) e pelo processo de dados, e o IBGE pela pesquisa mensal de preço, tratamento dos dados e formação dos índices. Onde teve como limitador de preços para serviços contratados com recursos do Orçamento da União (OGU) foi determinado inicialmente pela Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) de 2003, perpetuando até 2013, quando foi suprimido da LDO para 2014, em função da publicação do Decreto 7983/2013.

### **3 MATERIAIS E METODOS**

As informações apresentadas neste capítulo são referentes às características da região estudada, a definição dos tipos de pisos escolhidos e a apresentação dos elementos a serem abordados para a análise da viabilidade.

#### **3.1 Característica da Região Abordada**

O território pertencente ao município de Extrema foi constituído a partir do desmembramento, em 1901, de terras pertencentes a Camanducaia, sendo esta uma das mais antigas freguesias instituídas pela administração colonial na região que atualmente corresponde ao sul do Estado de Minas Gerais. Atualmente a cidade possui uma população de 34.344 habitantes. (IBGE, 2018).

Nos últimos anos o município vem se destacando em diversos indicadores socioeconômicos de Minas Gerais e do país. Dentre estes destacamos a primeira posição alcançada no Índice Mineiro de Responsabilidade Social da Fundação João Pinheiro – ano base 2010 (que considera as áreas de saúde, educação, segurança pública, finanças municipais, meio ambiente, esporte e turismo, renda, assistência social e cultura). (PORTAL EXTREMA, 2018).

Também vale ressaltar que, Extrema foi classificada em primeiro lugar no Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – edição 2015 – ano base 2013, (que analisa anualmente o desenvolvimento socioeconômico de todos os municípios brasileiros no que diz respeito aos itens emprego e renda, educação e saúde). (PORTAL EXTREMA, 2018).

A região abordada para o estudo é o estacionamento da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema – FAEX, que é situado a Estrada Municipal Pedro Rosa da Silva S/N, Vila Rica, Extrema-MG, conforme mapa apresentado na Figura 17.

De acordo com o projeto arquitetônico o estacionamento da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema – FAEX, possui uma área de 3.520,00m<sup>2</sup>. O cálculo da área foi realizado através do projeto arquitetônico existente.

Figura 17 - Mapa Via Satélite



FONTE: AUTOR (2018).

### 3.2 O Sistema de Microdrenagem Existente

Em visita realizada *in loco* foi constatado que o sistema existente apresenta várias irregularidades, tais como, pontos de alagamento e acúmulo de água, grelas quebradas, sem canalização adequada para o escoamento das águas superficiais, também foi verificado que as águas coletadas por alguns dispositivos são descartadas diretamente no meio fio. Na figura 5 é possível visualizar as falhas citadas acima.

Figura 18– Sistema de drenagem existente



FONTE: AUTOR (2018).

Também foi possível verificar que está sendo executado um novo ponto de escoamento para as águas superficiais, porém o mesmo está sendo construído no “pé do aterro” situado na rua em frente a faculdade, ao realizar uma inspeção visual no local foi possível constatar que o mesmo já apresenta algumas trincas, e pode apresentar futuros riscos, na imagem 06 é possível verificar como o mesmo está sendo executado.

Figura 19 – Sistema de drenagem existente



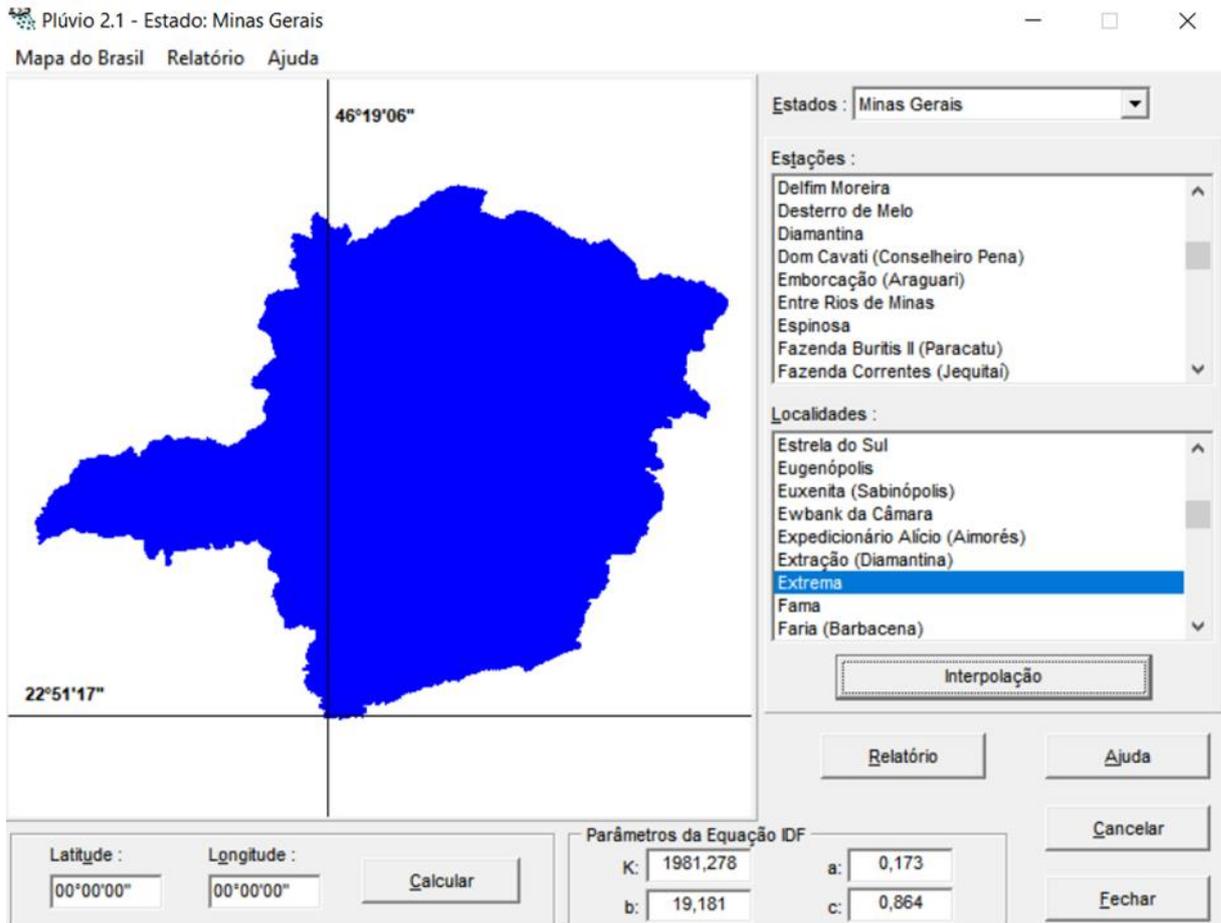
FONTE: AUTOR (2018).

### 3.3 Determinação da Chuva do Projeto

A cidade de Extrema/MG não apresenta uma Estação Hidrológica, sendo assim optamos pela utilização do software Pluvio 2.1 que determina seus parâmetros através de uma interpolação dos dados obtidos nas Estações Hidrológicas localizadas nas cidades mais

próximas. Na Figura 7 é mostrada a interface do programa Pluvio 2.1 do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa – UFV (2006), com este foi possível obter dados para a utilização da equação da intensidade média das chuvas, descrita na Equação 3.1.

Figura 20 - Diretrizes para concepção do projeto obtidos através do Pluvio 2.1



Fonte: Autor (2018).

$$i_m = \frac{KxT_r^a}{(t+b)^c} \quad \text{EQ. 3.1}$$

Onde:

K, a, b, c – constantes oferecidas pelo Pluvio

$T_R$  – tempo de retorno (anos)

t – tempo de escoamento superficial (min)

Sendo que o tempo de escoamento superficial é definido como:

$$E: t = t_s + 10 \text{ min}$$

$$t_s = \frac{16xL}{(1,05 - 0,2xp)x(100xI_m)^{0,04}} \quad \text{EQ. 3.2}$$

Onde:

L - Comprimento do talvegue principal (m);

p - Porcentagem de cobertura vegetal (decimal);

I<sub>m</sub> - declividade média do talvegue principal (m/m).

Através das fórmulas apresentadas, para este projeto foram obtidos os seguintes dados: p=0, pois na planta de implantação do estacionamento, não há nenhuma área de preservação permanente discriminada;

Com base nas cotas, tem-se que o I<sub>m</sub> é igual a 0,0677 m/m, e o t<sub>s</sub> corresponde a 1,967 min, onde:

$$I_m = \frac{\Delta h}{L} = \frac{(949-940)}{133} = 0,0677 \text{ m/m} \quad \text{EQ. 3.3}$$

$$t_s = \frac{16x0,133}{(1,05-0,2x0)x(100x0,0677)^{0,04}} = 1,967 \text{ min} \quad \text{EQ. 3.4}$$

$$t = 1,967 + 10 \text{ min} = 11,967 \text{ min} \quad \text{EQ. 3.5}$$

Para o cálculo da intensidade de chuva média, é considerável usar um tempo de retorno entre 2 e 10 anos, dependendo da localização da cidade. Para esse projeto foi considerado um tempo de retorno de 10 anos, em virtude a estimativa de custo para restauração. Logo:

$$I_m = \frac{1981,278x10^{0,173}}{(11,967+19,181)^{0,864}} = 151,22 \text{ mm/h} \quad \text{EQ. 3.6}$$

### 3.4 Determinação da Área de Contribuição

Na Figura 8 é possível identificar a área de contribuição. Após identificar a área de contribuição foi possível levantar as curvas de níveis com o auxílio do programa Global Mapper. Na figura 7 é possível indicar as cotas de níveis. A região em estudo é classificada como industrial, áreas leves.<sup>7</sup>

Vale ressaltar que para o estudo realizado as áreas de contribuição foram estabelecidas de modo que o sentido do fluxo final da água seja direcionado para o sentido Norte, em direção ao loteamento, pois da forma como ocorre hoje o fluxo esta sendo direcionado para o sentido Sul, escoando a água em direção a área de aterro.

Figura 21- Mapa Via Satélite



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 22 são relacionadas às áreas com a sua ocupação e uso, com seu respectivo percentual de contribuição.

Tabela 19 – Áreas de contribuição e suas respectivas porcentagens.

Área de contribuição	m <sup>2</sup>	%
Área Edificada	5.322,34	50
Área pavimentada com asfalto / intertravado permeável	3.520,00	33
Área pavimentada com cimento	1.226,37	12
Área Permeável	580,20	5
Área total	10.648,91	100

Fonte: Autor (2018)

Após verificar as contribuições foi possível estabelecer o coeficiente de Run Off (C) para cada área, e através da média ponderada apresentada na seção 4.4, na Equação 4.8. Os parâmetros utilizados na constante C foram obtidos da DAEE/CETESB (1986), conforme Tabela 24, que segue as diretrizes estabelecidas pelo DNIT (2005), para valores de C que não estavam presentes na tabela da DAEE/CETESB (1986), foi utilizado os parâmetros estabelecidos por TUCCI (2000), representados na Tabela 21.

$$C_{\text{médio}} = \frac{\sum Ax C}{A_{\text{total}}} \quad \text{EQ. 3.7}$$

Logo para a superfície asfaltada temos:

$$C_{\text{médio}} = \frac{5.332,34 \times 0,80 + 3.520,00 \times 0,95 + 1.226,37 \times 0,95 + 580,20 \times 0,35}{10.648,91}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,84 \text{ mm/h}$$

EQ. 3.8

Para a superfície com intertravado permeável temos:

$$C_{\text{médio}} = \frac{5.332,34 \times 0,80 + 3.520,00 \times 0,05 + 1.226,37 \times 0,95 + 580,20 \times 0,35}{10.648,91}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,55 \text{ mm/h}$$

EQ. 3.9

Tabela 20 - Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para as áreas conforme uso e ocupação

Descrição das bacias de contribuição	C
<b>Área Residencial</b>	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multiunidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multiunidades, ligadas	0,60 a 0,75
Lotes com 2.000 m <sup>2</sup> ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
<b>Área Industrial</b>	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
<b>Características da superfície</b>	
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
<b>Gramado solo compacto</b>	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: DAEE/CETESB (1986).

Tabela 21- Valores de coeficiente C para algumas superfícies

Tipo de Superfície	C
Cimento e Asfalto	0,90 a 0,95
Paralelepípedo	0,58 a 0,81
Blockets	0,70 a 0,89
Concreto e asfalto poroso (intertravado permeável)	0,05
Solo Compactado	0,59 a 0,79

Fonte: Tucci (2000).

Como as áreas de contribuição são relativamente pequenas foram divididas em 2 áreas, são calculadas as vazões de chuva que cada margem da área irá receber, através da seguinte fórmula:

$$Q_{ch} = C_m \cdot i \cdot A$$

EQ. 3.10

Onde:

$Q_{ch}$  – vazão de chuva ( $m^3/s$ )

$C_m$  – coeficiente de Run off médio (adimensional)

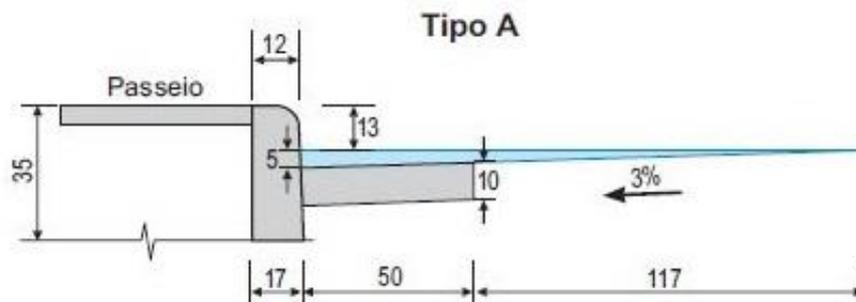
$i$  – intensidade da precipitação ( $mm/h$ )

$A$  – área de contribuição ( $m^2$ )

### 3.5 Determinação dos Parâmetros de Dimensionamento das Sarjetas e Sarjetões

Foi considerada a sarjeta do Tipo A para realizar o dimensionamento do projeto, como demonstrado na Figura 29, conforme SUDECAP (1995), pois este modelo compõe o sistema de drenagem existente.

Figura 22 – Seção transversal da sarjeta



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008).

O cálculo da vazão das sarjetas será realizado com a fórmula de Izzard apresentada na seção 3.4.1. Sendo:

$$Q_0 = 0,375 \times \frac{z}{n} \times (y_0)^{8/3} \times i^{1/2} \quad \text{EQ. 3.11}$$

Onde:

$n$  – coeficiente de rugosidade do concreto, correspondente a 0,016

Declividade longitudinal – correspondente a inclinação do trecho (variável)

Declividade transversal – correspondente a 5%

Altura da guia – correspondente a 15 cm

Altura da lâmina d'água junto a guia – correspondente a 11 cm

Considerando que o escoamento superficial é considerado permanente e uniforme, a velocidade média nos dispositivos de drenagem será calculada pela fórmula de Manning, expressa por:

$$V = \frac{(R_H)^{2/3} \times i^{1/2}}{n} \quad \text{EQ. 3.12}$$

Onde:

V – velocidade média (m/s)

$R_H$  – raio hidráulico (m)

i – declividade média de escoamento (m/m)

n – coeficiente de rugosidade – correspondente a 0,016

E o tempo de percurso é dado por:

$$t_p = \frac{L}{60 \times V} \quad \text{EQ. 3.13}$$

Onde:

V – velocidade média (m/s)

L – comprimento do trecho (m)

$t_p$  – tempo de percurso (minuto)

A capacidade de vazão do sarjetão é calculada pela equação de Izzard, no entanto o valor de z deve ser calculado por:

$$z = \frac{T}{Y_0} = tg \theta_1 + tg \theta_2 \quad \text{EQ. 3.14}$$

Para os sarjetões a velocidade média é calculada por meio da equação da continuidade, como demonstrado abaixo:

$$V_0 = \frac{Q_0}{A} \quad \text{EQ. 3.15}$$

Para obter a Vazão Real ( $Q_{\text{real}}$ ) para o cálculo do projeto, é necessário determinar o fator de redução da capacidade de escoamento de cada sarjeta com base na inclinação, utilizando o ábaco de Fugita, apresentado na seção 3.11.1.

### 3.6 Determinação dos Parâmetros de Dimensionamento das Bocas de Lobo

Foi adotado o método USACE para bocas de lobo simples e duplas com grelha.

O cálculo para boca de lobo simples com grelha é dado por:

$$Q = 2,383 \times y^{1,5} \quad \text{EQ. 3.16}$$

Onde:

$Q$  – vazão de engolimento ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

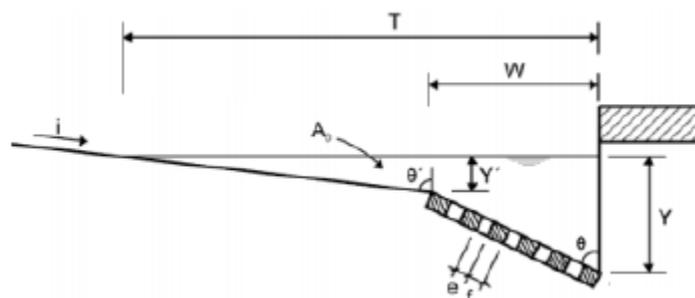
$y$  – carga hidráulica sobre a grelha (cm).

O cálculo para boca de lobo dupla com grelha é dado por:

$$Q = 2 \times 2,383 \times y^{1,5} \quad \text{EQ. 3.17}$$

A Figura 23 apresenta os parâmetros considerados para a obtenção da carga hidráulica sobre a grelha para esgotar toda a água:

Figura 23 – Parâmetros considerados para o cálculo da carga hidráulica sobre grelhas (sem escala)



Fonte: DNIT (2006).

$$y' = y_0 - \frac{W}{\operatorname{tg} \theta} \quad \text{EQ. 3.18}$$

Considera-se  $y_0$  sendo:

$$y_0 = \left[ \frac{Q_{\text{admissível}}}{0,375 \times \left( \frac{z}{n} \right) \times i^{1/2}} \right]^{3/8} \quad \text{EQ. 3.19}$$

O posicionamento das bocas de lobo foi realizado de modo a evitar a lâmina d'água no estacionamento.

Para a locação da boca de lobo foi considerado o alagamento limite, a partir do divisor de águas até a seção da sarjeta. O comprimento útil da sarjeta ( $L_u$ ) é dado por:

$$L_u = \frac{Q_s}{q} \quad \text{EQ. 3.20}$$

Onde:

$L_u$  – comprimento útil (m)

$Q_s$  – capacidade de escoamento na sarjeta (l/s)

$q$  – vazão específica da via (l/s/m)

Deve-se considerar a redução da capacidade de vazão para as bocas de lobos. Essa redução é dada por:

$$Q_{\text{admissível}} = F_R \times Q_{\text{teórica}} \quad \text{EQ. 3.21}$$

O fator de redução para capacidade de engolimento de bocas de lobos adotado foi de 0,50, conforme apresentado na Tabela 18 da seção 3.11.2, pois se refere a bocas de lobos com grelha instalada em ponto baixo.

### 3.7 Determinação dos Parâmetros de Dimensionamento das Galerias

Para o dimensionamento das galerias utiliza-se conceitos da Hidráulica e de movimento uniforme, expresso pela equação de Manning:

$$Q = \frac{A \times (R_H)^{2/3} \times i^{1/2}}{n} \quad \text{EQ. 3.22}$$

Utiliza-se a equação de Manning, para verificar a velocidade nas galerias:

$$V = \frac{(R_H)^{2/3} \times i^{1/2}}{n} \quad \text{EQ. 3.23}$$

Para as duas equações considera-se o Raio hidráulico igual a:

$$R_h = \frac{D}{4} \quad \text{EQ. 3.24}$$

Para o dimensionamento das galerias, também podemos utilizar os valores tabelados com base na relação y/D (Anexo 1). Para tanto, admite-se que a relação y/D é igual a 0,7.

Para o recobrimento foi considerada a relação de  $\Phi \times 1,5$  (diâmetro vezes 1,5). O posicionamento da galeria foi determinado ao final da grelha, com inclinação igual ao do terreno natural visando à solução mais econômica.

### 3.8 Vazão de Projeto

Foi determinada a vazão de projeto com base nas áreas de contribuição, juntamente com os parâmetros hidrológicos e com o coeficiente de run off médio ( $C_{\text{médio}}$ ) estabelecidos no item 4.4. Na tabela 19 apresentamos a o fracionamento das áreas de contribuição do estacionamento.

São apresentadas na Tabela 22 as vazões para cada área em estudo. Com base nestas vazões será possível determinar os dispositivos necessários para atender a vazão calculada.

São apresentados nas Tabelas 23 e 24 as vazões para cada área em estudo levando em consideração, o coeficiente de run off médio ( $C_{\text{médio}}$ ) estabelecido para cada tipo de pavimentação. Com base nestas vazões será possível determinar os dispositivos necessários para atender a vazão calculada.

Tabela 22 – Definição das áreas de contribuição

<b>Área de Contribuição</b>		<b>ÁREA</b>
Edificações	-	5.322,34
Área Cimentada	-	1.206,57
Área Permeável	-	600,00
Estacionamento	Área I (Estacionamento Predio 1 e 2)	1.457,20
	Área II (Estacionamento Predio 3)	2.062,80
<b>TOTAL</b>		<b>10.648,91</b>

Fonte: Autor (2018).

Tabela 23 – Vazão de projeto para cada trecho estudo com base nas áreas de contribuição das sub-bacias,  $C_{\text{médio}}$  e chuva de projeto.

<b>VALORES PARA PAVIMENTO ASFALTICO</b>									
<i>Área</i>	<i>TRECHO</i>	<i>C</i>	<i>i (mm/h)</i>	<i>ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO</i>	<i>EQUAÇÃO</i>	<i>Q(m³/s)</i>	<i>COTA</i>		<i>L (m)</i>
							<i>M</i>	<i>J</i>	
Área 01	01	0,84	151,22	1.457,20	3,5285E-05	0,051	945,00	944,60	87,7
Área 02	02			2.062,80			943,00	942,19	75,70

Fonte: Autor (2018).

Tabela 24 – Vazão de projetos para cada trecho estudo com base nas áreas de contribuição das sub-bacias,  $C_{\text{médio}}$  e chuva de projeto.

<b>VALORES PARA PISO INTERTRAVADO PERMEÁVEL</b>									
<i>Área</i>	<i>TRECHO</i>	<i>C</i>	<i>i (mm/h)</i>	<i>ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO</i>	<i>EQUAÇÃO</i>	<i>Q(m³/s)</i>	<i>COTA</i>		<i>L (m)</i>
							<i>M</i>	<i>J</i>	
Área 01	01	0,55	151,22	1.457,20	2,3103E-05	0,034	945,00	944,60	87,7
Área 02	02			2.062,80			943,00	942,19	75,70

Fonte: Autor (2018).

### 3.9 Comparativo das Vazões de Projeto e Obtidas

Com base nos dados obtidos foi possível constatar que as vazões  $Q(m^3/s)$ , variam de acordo com os pavimentos, a vazão para o Trecho 1 com pavimento asfáltico é de  $0,051m^3/s$ , e para o mesmo trecho com o pavimento com piso intertravado permeável ela é de  $0,034m^3/s$ , podemos considerar que desta forma houve uma redução de 33,33% no volume a ser escoado.

Para o segundo trecho a vazão com o pavimento asfáltico com pavimento asfáltico é de  $0,073m^3/s$  e com o pavimento com piso intertravado permeável ela é de  $0,048m^3/s$ , podemos considerar que desta forma houve uma redução de 34,33% no volume a ser escoado.

### 3.10 Verificação do Sistema de Drenagem Existente

Com os dados hidrológicos determinados e as áreas de contribuições definidas, foi possível verificar o sistema de drenagem existente para os dispositivos implantados no local.

#### 3.10.1 Sarjetas e meios-fios

Para a verificação das sarjetas considerou-se uma sarjeta do Tipo A, devido às características do dispositivo implantando na região de estudo. Foi constatado que a quantidade de sarjetas instaladas no estacionamento é insuficiente para direcionar o fluxo da água.

Para a verificação do suporte hidráulico das sarjetas utilizou-se as equações estabelecidas no item 4.10.1, deste modo foram encontrados os seguintes resultados para o cálculo do dimensionamento (Tabelas 25 e 26).

Tabela 25 – Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento asfáltico

	TRECHO	C	i (mm/h)	EQUAÇÃO	Q(m³/s)	COTA (m)		L (m)	i (m/m)	Fr	Margem de coleta										GALERIA
					Margem	M	J				H (m)	C (m)	Rh	i sarjeta (m/m)	y0	Z	Q <sub>st</sub> (m³/s)	Q <sub>admissivel</sub> (m³/s)	V(m/s)	tp (min)	
Área 01	01	0,84	151,22	3,52847E-05	0,051	945	945	87,7	0,0046	0,58	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0612	0,0352	0,8728	1,6747	APLICA
Área 02	02				0,073	943	942	75,7	0,0107	0,80	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0937	0,0750	1,3369	0,9438	NÃO APLICA

Fonte: Autor (2018).

Tabela 26 – Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento intertravado permeável

	TRECHO	C	i (mm/h)	EQUAÇÃO	Q(m³/s)	COTA (m)		L (m)	i (m/m)	Fr	Margem de coleta										GALERIA
					Margem	M	J				H (m)	C (m)	Rh	i sarjeta (m/m)	y0	Z	Q <sub>st</sub> (m³/s)	Q <sub>admissivel</sub> (m³/s)	V(m/s)	tp (min)	
Área 01	01	0,55	151,22	2,31031E-05	0,034	945	945	87,7	0,0046	0,58	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0612	0,0352	0,8728	1,6747	NÃO APLICA
Área 02	02				0,048	943	942	75,7	0,0107	0,80	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0937	0,0750	1,3369	0,9438	NÃO APLICA

Fonte: Autor (2018).

Com base nos dados é possível verificar que com o pavimento asfáltico conforme está o estacionamento hoje haveria a necessidade da implantação de uma galeria para o trecho 01.

Também verificou que para os ambos os casos, tanto para o pavimento asfáltico quando para o piso intertravado permeável, haveria a necessidade de a implantação de no mínimo duas bocas de lobo, sendo uma para cada trecho.

O cálculo das bocas de lobo foram realizados com base no método da USACE. O fator de redução de capacidade de vazão,  $F_R$ , adotado foi de 50. A carga hidráulica sobre as grelhas foi calculada conforme demonstrado no item 4.5, utilizando os parâmetros das sarjetas existentes.

Para o cálculo do  $y_0$  utilizou-se a equação de Manning, mostrada no subitem 4.5, deduzida para a obtenção deste parâmetro, com o intuito de verificar, inicialmente, a altura de meio fio necessária para a vazão admissível das sarjetas.

Tabela 27 – Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, pavimento asfáltico

ÁREA	TRECHO	Margem de coleta							
		L (m)	W (m)	y (m)		y0(m)	y'	Qadmissivel	ATENDE?
Área 01	01	0,50	0,50	0,15	0,12	0,34	0,10	0,7652	Sim
Área 02	02	0,50	0,50	0,15	0,12	0,38	0,10	0,7652	Sim

Fonte: Autor (2018).

Tabela 28 – Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, intertravado permeável

ÁREA	TRECHO	Margem de coleta							
		L (m)	W (m)	y (m)		y0(m)	y'	Qadmissivel	ATENDE?
Área 01	01	0,50	0,50	0,15	0,12	0,34	0,10	0,7652	Sim
Área 02	02	0,50	0,50	0,15	0,12	0,38	0,10	0,7652	Sim

Fonte: Autor (2018).

Tabela 29 – Parâmetros de projeto para as galerias.

ÁREA	TRECHO	q (m <sup>3</sup> /s)		Ø (mm)		R. H.	V real
		galeria	projeto	calc.	com.	real (m)	(m/s)
Área 01	01	0,605	0,620	754,179	800,000	0,242	1,639

Fonte: Autor (2018).

## 4 SOLUÇÃO PROPOSTA

Para ambos os tipos de pavimentos haverá a necessidade de remoção total do pavimento instalado, e regularização do terreno, pois o estacionamento não apresenta as declividades mínimas para o escoamento superficial da água, e também haverá a necessidade de instalação de sarjetas para o escoamento do trecho 2.

Desta forma foi realizado o levantamento de custos para a instalação do piso intertravado permeável com juntas alargadas.

Para o levantamento de custos foi utilizada a sugestão de base para assentamento de piso permeável com juntas alargadas ciclovias, praças e estacionamento de veículos leves disponível no site da empresa Oterprem. Através deste modelo foi possível determinar o tamanho das camadas a serem utilizadas.

Salienta-se que não foi considerado o preço da mão-de-obra e quantidade de horas e/ou dias necessários para a execução deste serviço.

Figura 24 – Sugestão de base para assentamento de piso permeável com juntas alargadas ciclovias, praças e estacionamento de veículos leves



Fonte: Oterprem (2018).

Tabela 30 - Levantamento de custos

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNT	PREÇO TOTAL
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				
1.1	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO, INCLUSIVE NOTA DE SERVIÇOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE.	M²	3520,00	R\$ 0,33	R\$ 1.161,60
1.2	REMOÇÃO E CARGA DE TODO PAVIMENTO EXISTENTE	M³	4576,00	R\$ 6,53	R\$ 29.881,28
<b>TOTAL SERVIÇOS PRELIMINARES</b>					<b>R\$ 31.042,88</b>
<b>2</b>	<b>TERRAPLENAGEM</b>				
2.1	RASPAGEM E LIMPEZA DE VEGETAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO DO TERRENO	M²	3520	R\$ 1,22	R\$ 4.294,40

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNT	PREÇO TOTAL
<b>TOTAL TERRAPLENAGEM</b>					<b>R\$ 4.294,40</b>
<b>3</b>	<b>BOCA DE LOBO</b>				
3.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M <sup>3</sup> /111 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M <sup>3</sup>	1,38	R\$ 7,12	R\$ 9,83
3.2	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M <sup>3</sup> / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M <sup>3</sup>	0,9	R\$ 13,39	R\$ 12,05
3.3	BOCA DE LOBO EM ALVENARIA TIJOLO MACICO, REVESTIDA C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3, SOBRE LASTRO DE CONCRETO 10CM E TAMPA DE CONCRETO ARMADO	UN	2	R\$ 616,99	R\$ 1.233,98
3.4	GRELHA FF 30X90CM, 135KG, P/ CX RALO COM ASSENTAMENTO DE ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2	R\$ 274,39	R\$ 548,78
3.5	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2	R\$ 88,26	R\$ 176,52
3.6	CONCRETO FCK = 15MPA, TRAÇO 1:3,4:3,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1)- PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M <sup>3</sup>	0,096	R\$ 239,27	R\$ 22,97
<b>TOTAL BOCA DE LOBO</b>					<b>R\$ 2.004,13</b>
<b>4</b>	<b>SARJETA</b>				
4.1	GUIA (MEIO-FIO) E SARJETA CONJUGADOS DE CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, GUIA 13,5 CM BASE X 30 CM ALTURA, SARJETA 50 CM BASE X 12,5 CM ALTURA. AF_06/2016	M	163,40	R\$ 50,10	R\$ 8.186,34
4.2	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO). AF_06/2016	M	79,60	R\$ 32,65	R\$ 2.598,94
<b>TOTAL SARJETA</b>					<b>R\$ 10.785,28</b>
<b>5</b>	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>				
	REVESTIMENTO EM PISO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM JUNTAS ALARGADAS				
5.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO ATÉ 20CM DE ESPESSURA	M <sup>2</sup>	3520	R\$ 1,20	R\$ 4.224,00
5.2	ENSAIO DE REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	M <sup>2</sup>	3520	R\$ 0,87	R\$ 3.062,40
5.3	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2017	M <sup>3</sup>	211,20	R\$ 102,64	R\$ 21.677,57
5.4	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARENOSO - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M <sup>3</sup>	70,40	R\$ 5,90	R\$ 415,36
5.5	ENSAIOS DE BASE ESTABILIZADA	M <sup>3</sup>	281,60	R\$ 1,71	R\$ 481,54

ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNT	PREÇO TOTAL
	GRANULOMETRICAMENTE				
5.6	EXECUÇÃO DE PÁTIO/ESTACIONAMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COLORIDO DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_12/2015	M²	3520	R\$ 50,39	R\$ 177.372,80
<b>TOTAL PAVIMENTAÇÃO</b>					<b>R\$ 207.233,66</b>
<b>TOTAL DA OBRA</b>					<b>R\$ 255.360,35</b>

Fonte: Autor (2018).

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo a análise da capacidade de suporte hidráulico do sistema de microdrenagem do estacionamento da FAEX - Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema. Esta avaliação está fundamentada nos conhecimentos provenientes da hidrologia e hidráulica, para permitir a análise dos parâmetros de dimensionamento foram levantadas as condições da rede microdrenagem existente. O fator mais interveniente no desempenho do sistema de drenagem é a forma inadequada de como o estacionamento foi executado.

Como principais conclusões deste estudo têm-se:

Na região do prédio 3 não há sarjetas instaladas e não há declividade do piso para o escoamento, desta forma ocorre o surgimento de poças de água, não existem bocas de lobo que possam coletar e transportar as águas superficiais, como forma de solucionar esses problemas foi sugerido que se adote uma declividade para o estacionamento de 2%, e também que sejam instalados os dispositivos de microdrenagem, para a captação do escoamento superficial.

Com o intuito de aumentar a área permeável do imóvel foi sugerida a instalação do piso intertravado permeável com juntas alargadas, pois o imóvel conta com uma área permeável de 580,20m<sup>2</sup> que corresponde a apenas 5% da área total do imóvel. Caso seja adotado o piso intertravado permeável essa porcentagem passaria para 38%.

Com base na solução proposta o custo estimado para a obra será de R\$ 255.360,35, esta obra visa melhorar tanto o sistema de microdrenagem para o estacionamento como também contribuir de forma sustentável com o meio ambiente, através da infiltração das águas superficiais no solo.

O uso de pavimentos permeáveis possibilita a infiltração de água para o solo colaborando para a diminuição das inundações, porém não soluciona o problema de enchentes, por isto devem estar associados a dispositivos de drenagens.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle de Escoamento Superficial na Fonte**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre-RS. 2005

ALMEIDA, Rodrigo Braga de; Ferreira, Osmar Mendes. **Calçadas ecológicas: construção e benefícios sócio-ambientais**. Universidade Católica de Goiás. Departamento de Engenharia. Goiânia, Julho/2008. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAL%C3%87ADAS%20ECOL%C3%93GICAS.pdf>>. Acesso em 08/08/2016 às 23h03min.

ARAÚJO, P.R. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre-RS. 1999. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo10.pdf>>. Acesso em 07/08/2016 às 12h10min.

CAIXA. **Composição de custos de uma obra pública**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 21 de agosto de 2018.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de texto, 2014.

DAEE / CETESB – **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. 3ª Edição. 1986. São Paulo - SP.

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

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de drenagem de rodovias**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. 2º ed. Rio de Janeiro, 2005.

**Global Mapper**. Blue Marble Geographics. Disponível para download em: <<http://www.blumaplegeo.com/products/global-mapper.php>>. Acesso em 20/04/2016 as 21h 40min.

**Google Earth**. Google. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/ptBR/earth/>>. Acesso em 16/04/2016 às 10h 25min

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MOTA, Érika. **Manual para calçada sustentável**. Goiânia 2014. Disponível em:<[http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2014/08/AF\\_Calçada%20sustentavel\\_print.pdf](http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2014/08/AF_Calçada%20sustentavel_print.pdf)>. Acesso em 08/08/2016 às 23h15min.

PARLANDI, Ricardo Rodrigues; Pereira, Ms. Aquira Alvarenga; Ramos, Gabriela Dutra. **A calçada ecológica e seus benefícios na drenagem**. Faculdade Católica de Anápolis. Revista de Magistro de Filosofia, Ano VIII – nº15. Disponível em: <<http://catolicadeanapolis.edu.br/revmagistro/wp-content/uploads/2015/04/A-Cal%C3%A7ada-Ecol%C3%B3gica-E-Seus-Benef%C3%ADcios-Na-Drenagem.pdf>>. Acesso em 06/08/2016 às 15h23min.

PORTAL ITAMBÉ. **Pavimento permeável contra enchentes**. 2011. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-permeavel-contra-enchentes/>. Acessado em: 18 agosto 2018.

OTERPREM. **Piso intertravado permeável com juntas alargadas**. 2018. Disponível em: <http://oterprem.com.br/alvenaria/piso-intertravado-permeavel-com-juntas-alargadas/>. Acessado em: 18 agosto 2018.

TÉCHNE – PINI – **Pavimentos de Concreto Permeável**. 2018. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/pavimentos-de-concreto-permeavel-288015-1.aspx>>. Acessado em 21 de outubro de 2018.

TUCCI, C. E. M. **Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas**. Porto Alegre: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p.61-68, jan/mar, 2000.

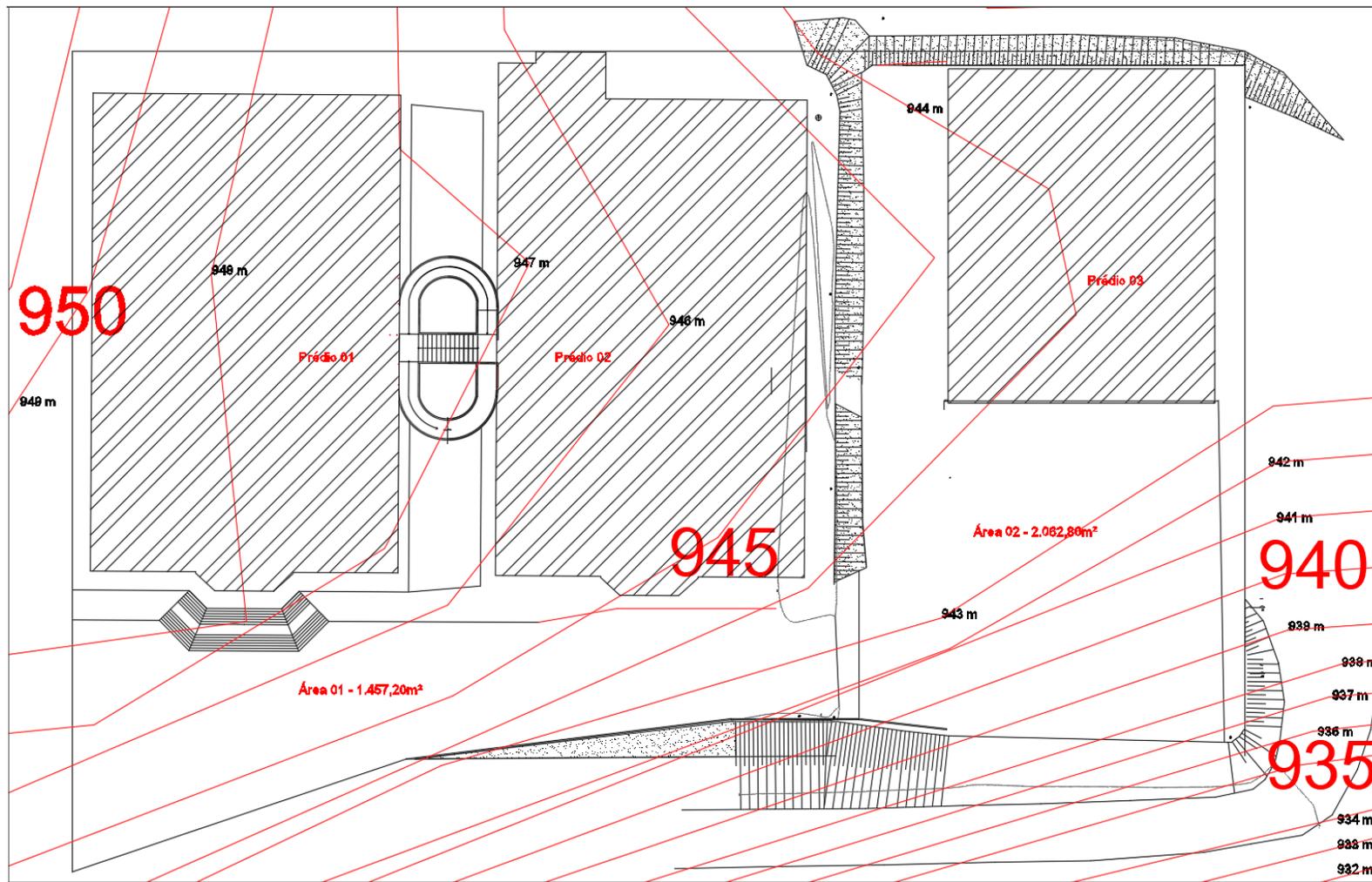
## ANEXOS

ANEXO 1 – Relação  $y/D$  para condutos circulares parcialmente cheios.

$zy/d$	$R/d$	$A/d^2$	$v/v_p$	$Q/Q_p$	$y/d$	$R/d$	$A/d^2$	$v/v_p$	$Q/Q_p$
0,01	0,0066	0,0013	0,0890	0,00015	0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823
0,03	0,0197	0,0069	0,1839	0,00161	0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,44	0,2295	0,3328	0,9445	0,40025
0,05	0,0326	0,0147	0,0257	0,00480	0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00708	0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00983	0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000
0,11	0,0695	0,0470	0,4260	0,02550	0,51	0,2531	0,4027	1,0084	0,51702
0,12	0,0755	0,0534	0,4499	0,03058	0,52	0,2562	0,4127	1,0165	0,53411
0,13	0,0813	0,0600	0,4730	0,03613	0,53	0,2592	0,4227	1,0243	0,55127
0,14	0,0710	0,0668	0,4953	0,04214	0,54	0,2621	0,2327	1,0320	0,56847
0,15	0,0929	0,0739	0,5168	0,04861	0,55	0,2649	0,4426	1,0393	0,58571
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,56	0,2676	0,4526	1,0464	0,60296
0,17	0,1042	0,0885	0,5578	0,06288	0,57	0,2703	0,4625	1,0533	0,62022
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,58	0,2728	0,4724	1,0599	0,63746
0,19	0,1152	0,1039	0,5965	0,07891	0,59	0,2753	0,4822	1,0663	0,65467
0,20	0,1206	0,1118	0,6150	0,08757	0,60	0,2776	0,4920	1,0724	0,67184
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,61	0,2799	0,5018	1,0783	0,68895
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,62	0,2821	0,5115	1,0839	0,70597
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,63	0,2842	0,5212	1,0893	0,72290
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,64	0,2862	0,5308	1,0944	0,73972
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,65	0,2881	0,5404	1,0993	0,75641
0,26	0,1516	0,1623	0,7165	0,14803	0,66	0,2900	0,5499	1,1039	0,77295
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,67	0,2917	0,5594	1,1083	0,78932
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,68	0,2933	0,5687	1,1124	0,80551
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,69	0,2948	0,5780	1,1162	0,82149
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,70	0,2962	0,5872	1,1198	0,83724
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,71	0,2975	0,5964	1,1231	0,85275

$y/d$	$R/d$	$A/d$	$v/v_p$	$Q/Q_p$	$y/d$	$R/d$	$A/d$	$v/v_p$	$Q/Q_p$
0,32	0,1802	0,2167	0,8038	0,22175	0,72	0,2987	0,6054	1,1261	0,86799
0,33	0,1847	0,2260	0,8172	0,23518	0,73	0,2998	0,6143	1,1288	0,88294
0,34	0,1891	0,2355	0,8302	0,24892	0,74	0,3008	0,6231	1,1313	0,89758
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,75	0,3017	0,6319	1,1335	0,91188
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,76	0,3024	0,6405	1,1354	0,92582
0,37	0,2020	0,2642	0,8675	0,29180	0,77	0,3031	0,6489	1,1369	0,93938
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,78	0,3036	0,6573	1,1382	0,95253
0,39	0,2102	0,2936	0,8909	0,32169	0,79	0,3039	0,6655	1,1391	0,96523
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,80	0,3042	0,6736	1,1397	0,97747
0,81	0,3043	0,6815	1,1400	0,98921	0,91	0,2963	0,7504	1,1200	1,07011
0,82	0,3043	0,6893	1,1399	1,00041	0,92	0,2944	0,7560	1,1151	1,07328
0,83	0,3041	0,6969	1,1395	1,01104	0,93	0,2921	0,7612	1,1027	1,07568
0,84	0,3038	0,7043	1,1387	1,02107	0,94	0,2895	0,7662	1,1027	1,07568
0,85	0,3033	0,7115	1,1374	1,03044	0,95	0,2865	0,7707	1,0950	1,07452
0,86	0,3026	0,7189	1,1358	1,03913	0,96	0,2829	0,7749	1,0859	1,07138
0,87	0,3018	0,7254	1,1337	1,04706	0,97	0,2787	0,7785	1,0751	1,06575
0,88	0,3007	0,7320	1,1311	1,05420	0,98	0,2735	0,7816	1,0618	1,05669
0,89	0,2995	0,7384	1,1280	1,06047	0,99	0,2666	0,7841	1,0437	1,04196
0,90	0,2980	0,7445	1,1243	1,06580	1,00	0,2500	0,7854	1,0000	1,00000

**ANEXO 2 – Projeto da área em estudo com curvas de níveis.**



**ANEXO 3 – Levantamento da área de contribuição e boca de lobo.**



**ANEXO 4 – Memorial De Cálculo Da Capacidade De Engolimento Das Bocas De Lobo.**

**Memorial de Cálculo & Descritivo**

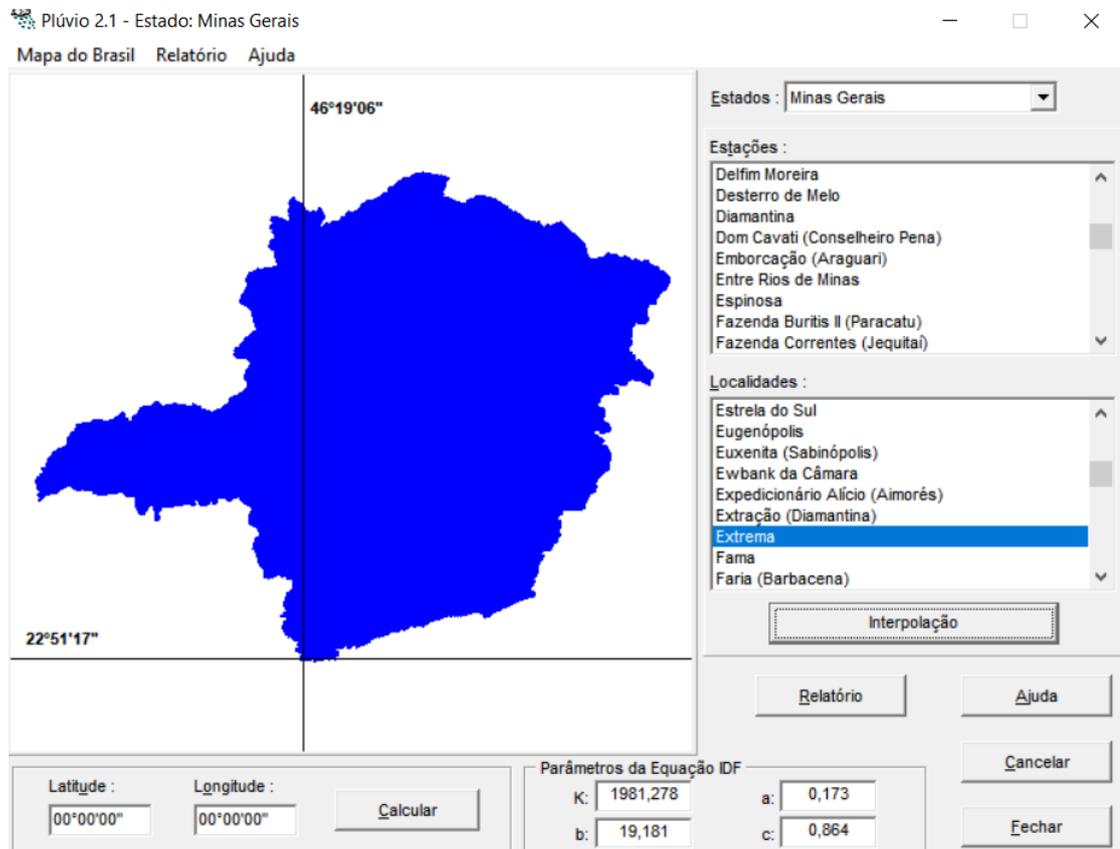
ANÁLISE DOS DISPOSITIVOS DE MICRODENAGEM DO ESTACIONAMENTO DA  
FAEX E PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO INTERTRAVADO  
PERMEÁVEL COM JUNTAS ALARGADAS

Extrema

2018

Diretrizes para concepção do projeto obtidos através do software Plúvio 2.1 do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa:

### Região Central do Município de Extrema/MG



A cidade de Extrema não apresenta uma Estação Hidrológica, logo, o software determina seus dados através de uma interpolação dos dados obtidos nas Estações Hidrológicas localizadas nas cidades mais próximas.

A intensidade média das chuvas é definida pela equação a seguir:

$$im = \frac{K \cdot Tr^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

**K, a, b e c** são as constantes oferecidas pelo Pluvio;

**Tr** = Tempo de Retorno (anos);

**t** = Tempo de Escoamento Superficial (min).

O tempo de escoamento superficial, *t*, é definido por:

$$t = t_s + 10 \text{ min}$$

Onde:

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

Onde:

**L** = Comprimento do talvegue principal (Km);

**p** = Porcentagem de cobertura vegetal (decimal);

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

Através das fórmulas apresentadas, para este projeto foram obtidos os seguintes dados:

$$I_m = \frac{\Delta \square}{L} = \frac{(949 - 940)}{133} = 0,0677 \text{ m/m}$$

$$t_s = \frac{16 \times 0,133}{(1,05 - 0,2 \times 0) \times (100 \times 0,0677)^{0,04}} = 1,967 \text{ min}$$

$$t = 1,967 + 10 \text{ min} = 11,967 \text{ min}$$

**p = 0**; pois na planta de implantação do estacionamento, não há nenhuma área de preservação permanente discriminada;

Para esse projeto foi considerado um tempo de retorno de 10 anos. em virtude a estimativa de custa para restauração. Logo:

$$I_m = \frac{1981,278 \times 10^{0,173}}{(11,967 + 19,181)^{0,864}} = 151,22 \text{ mm/h}$$

Através da planta da edificação, encontramos as seguintes áreas para o cálculo das vazões em cada sarjeta:

Área de contribuição	m <sup>2</sup>	%
Área Edificada	5.322,34	50
Área pavimentada com asfalto / intertravado permeável	3.520,00	33
Área pavimentada com cimento	1.226,37	12
Área Permeável	580,20	5
Área total	10.648,91	100

Logo, o Coeficiente de Run Off médio, é definido pela fórmula:

$$Cm = \frac{\Sigma A . C}{A \text{ total}}$$

Onde C, pode ser obtido nas seguintes tabelas:

Valores de coeficiente de escoamento superficial (C) para as áreas conforme uso e ocupação

Descrição das bacias de contribuição	C
<b>Área Residencial</b>	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multiunidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multiunidades, ligadas	0,60 a 0,75
Lotes com 2.000 m <sup>2</sup> ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
<b>Área Industrial</b>	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
<b>Características da superfície</b>	
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
<b>Gramado solo compacto</b>	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: DAEE/CETESB (1986).

Valores de coeficiente C para algumas superfícies

Tipo de Superfície	C
Cimento e Asfalto	0,90 a 0,95
Paralelepípedo	0,58 a 0,81
Blockets	0,70 a 0,89
Concreto e asfalto poroso (intertravado permeável)	0,05
Solo Compactado	0,59 a 0,79

Fonte: Tucci (2000).

Logo para a superfície asfaltada temos:

$$C_{\text{médio}} = \frac{5.332,34 \times 0,80 + 3.520,00 \times 0,95 + 1.226,37 \times 0,95 + 580,20 \times 0,35}{10.648,91}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,84 \text{ mm/h}$$

Para a superfície com intertravado permeável temos:

$$C_{\text{médio}} = \frac{5.332,34 \times 0,80 + 3.520,00 \times 0,05 + 1.226,37 \times 0,95 + 580,20 \times 0,35}{10.648,91}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,55 \text{ mm/h}$$

Com as áreas de contribuição definidas, são calculadas as vazões de chuva que cada área, através da seguinte fórmula:

$$Q_{ch} = C_m \cdot i \cdot A$$

Onde:

***Q<sub>ch</sub>*** = Vazão de chuva (m<sup>3</sup>/s);

***C<sub>m</sub>*** = Coeficiente de Run Off médio;

***i*** = Intensidade da precipitação (mm/h);

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

Em seguida, calculam-se as inclinações de cada área do estacionamento, pela fórmula:

$$I = \frac{Zj - Zm}{L}$$

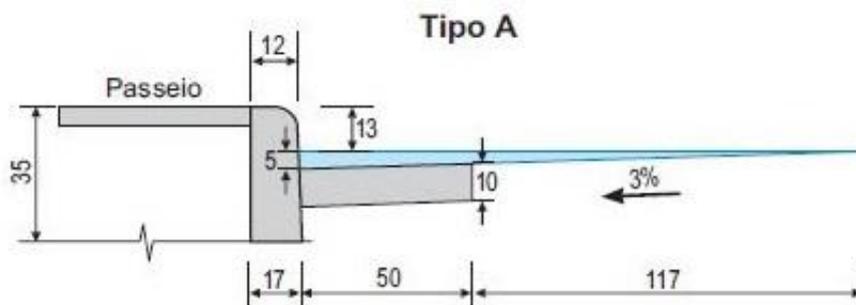
Onde:

$I$  = Inclinação (m/m);

$L$  = Comprimento do trecho (m);

$z$  = Diferença entre a cota mais alta e a mais baixa do trecho (m/m).

Foi considerado que para a execução do projeto as sarjetas serão executadas com as seguintes dimensões:



Para definir a vazão que escoar pelas sarjetas, é utilizada a fórmula:

$$Q_0 = 0,375 \times \frac{z}{n} \times (y_0)^{8/3} \times i^{1/2}$$

Onde:

$n$  – coeficiente de rugosidade do concreto, correspondente a 0,016

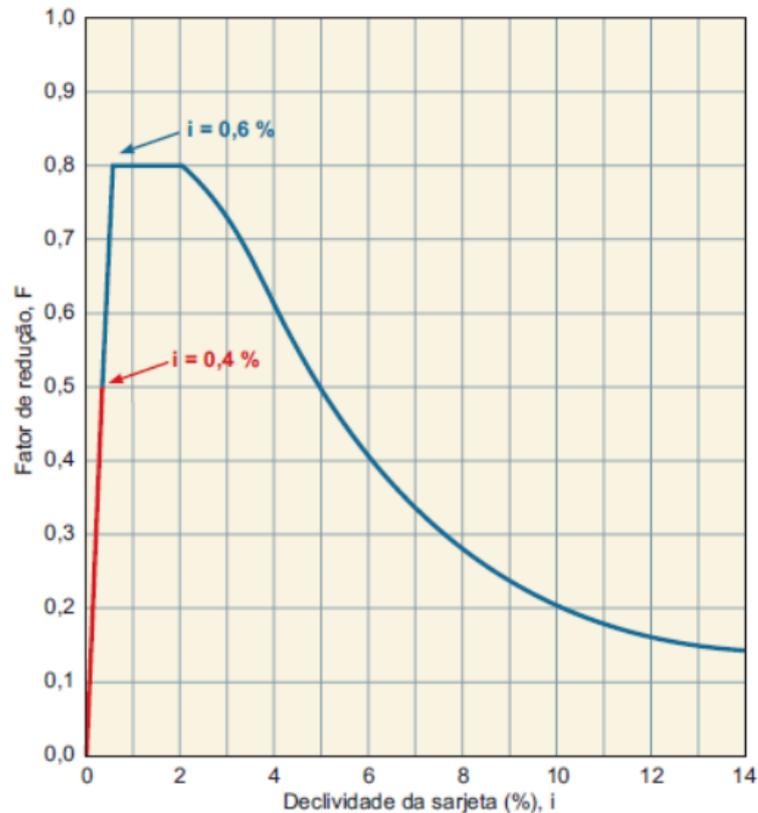
Declividade longitudinal – correspondente a inclinação do trecho

Declividade transversal – correspondente a 5%

Altura da guia – correspondente a 15 cm

Altura da lâmina d'água junto a guia – correspondente a 12 cm.

Para obter a Vazão Real ( $q$  real) para cálculo no projeto, é necessário retirar o fator de redução da capacidade de escoamento de cada sarjeta com base na inclinação, utilizando o ábaco a seguir:



Para tal, basta multiplicar  $q$  st calculado anteriormente pelo  $f$  (Fator de Redução) correspondente retirado do ábaco.

Para definir a quantidade de água que cada galeria deve transportar, basta subtrair a vazão de chuva ( $q$  ch) pela vazão real ( $q$  s real). Os trechos que apresentarem esses valores  $< 0$ , não tem necessidade de implantação de bocas de lobo.

Para o dimensionamento da boca de lobo, foi utilizado a seguinte equação.

$$Q = 2,91 \times A \cdot y^{1/2}$$

Onde:

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ );

$y$  = altura da lâmina d'água junto à guia (m);

**A** = área de escoamento útil (m<sup>2</sup>);

$$A = b \times (n \times e)$$

Onde:

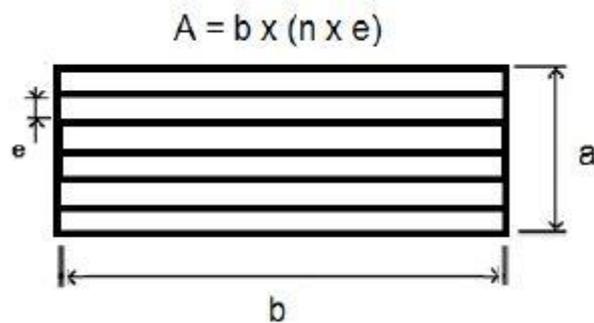
**A** = área de escoamento útil (m<sup>2</sup>) ;

**b** = dimensão longitudinal da boca de lobo (m);

**a** = menor transversal da boca de lobo (m);

**e** = números de vãos.

Determinação de área útil de boca de lobo de grelha



Por fim, para se obter a vazão real que a boca de lobo irá trabalhar, basta multiplicarmos a vazão real pelo coeficiente de segurança (50%).

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

Onde:

**Q<sub>real</sub>** = vazão real (m<sup>3</sup>/s) ;

**Q** = vazão de cálculo (m<sup>3</sup>/s);

**F** = fator de redução (%).

Após essas análises, obteve-se o valor real da capacidade de engolimento das bocas de lobo. As tabelas a seguir demonstram a verificação da carga hidráulica de todas as bocas de lobo que compõem o sistema.

Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, pavimento asfáltico

<b>ÁREA</b>	<b>TRECHO</b>	Margem de coleta							
		L (m)	W (m)	y (m)		y0(m)	y'	Qadmissivel	ATENDE?
Área 01	01	0,50	0,50	0,15	0,12	0,34	0,10	0,7652	Sim
Área 02	02	0,50	0,50	0,15	0,12	0,38	0,10	0,7652	Sim

Fonte: Autor (2018).

Dimensões e capacidade de engolimento das bocas de lobo, intertravado permeável

<b>ÁREA</b>	<b>TRECHO</b>	Margem de coleta							
		L (m)	W (m)	y (m)		y0(m)	y'	Qadmissivel	ATENDE?
Área 01	01	0,50	0,50	0,15	0,12	0,34	0,10	0,7652	Sim
Área 02	02	0,50	0,50	0,15	0,12	0,38	0,10	0,7652	Sim

Fonte: Autor (20018).

Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento asfáltico

	TRECHO	C	i (mm/h)	EQUAÇÃO	Q(m³/s)	COTA (m)		L (m)	i (m/m)	Fr	Margem de coleta										
					Margem	M	J				H (m)	C (m)	Rh	i sarjeta (m/m)	y0	Z	Q st (m³/s)	Q admissível (m³/s)	V(m/s)	tp (min)	GALERIA
Área 01	01	0,84	151,22	3,52847E-05	0,051	945	945	87,7	0,0046	0,58	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0612	0,0352	0,8728	1,6747	APLICA
Área 02	02				0,073	943	942	75,7	0,0107	0,80	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0937	0,0750	1,3369	0,9438	NÃO APLICA

Fonte:Autor

Parâmetros obtidos na verificação de suporte hidráulico das sarjetas para vazão com pavimento intertravado permeável

	TRECHO	C	i (mm/h)	EQUAÇÃO	Q(m³/s)	COTA (m)		L (m)	i (m/m)	Fr	Margem de coleta										
					Margem	M	J				H (m)	C (m)	Rh	i sarjeta (m/m)	y0	Z	Q st (m³/s)	Q admissível (m³/s)	V(m/s)	tp (min)	GALERIA
Área 01	01	0,55	151,22	2,31031E-05	0,034	945	945	87,7	0,0046	0,58	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0612	0,0352	0,8728	1,6747	NÃO APLICA
Área 02	02				0,048	943	942	75,7	0,0107	0,80	0,12	0,50	0,0940	5%	0,0960	20,00	0,0937	0,0750	1,3369	0,9438	NÃO APLICA

Fonte:Autor

## ANEXO 5 – Solução Proposta

FONTE	CÓDIGO	ITEM	DESCRIÇÃO	UN	QTD	PREÇO UNT	PREÇO TOTAL
<b>1 SERVIÇOS PRELIMINARES</b>							
SINAPI	78472	1.1	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO, INCLUSIVE NOTA DE SERVIÇOS, ACOMPANHAMENTO E GREIDE.	M²	3520,00	R\$ 0,33	R\$ 1.161,60
DER/MG	41211	1.2	REMOÇÃO E CARGA DE TODO PAVIMENTO EXISTENTE	M³	4576,00	R\$ 6,53	R\$ 29.881,28
<b>TOTAL SERVIÇOS PRELIMINARES</b>							<b>R\$ 31.042,88</b>
<b>2 TERRAPLENAGEM</b>							
DER/MG	40114	2.1	RASPAGEM E LIMPEZA DE VEGETAÇÃO COM REGULARIZAÇÃO DO TERRENO	M²	3520	R\$ 1,22	R\$ 4.294,40
<b>TOTAL TERRAPLENAGEM</b>							<b>R\$ 4.294,40</b>
<b>3 BOCA DE LOBO</b>							
SINAPI	90082	3.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M3/111 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M³	1,38	R\$ 7,12	R\$ 9,83

SINAPI	93360	3.2	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M <sup>3</sup> / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA.	M <sup>3</sup>	0,9	R\$	13,39	R\$	12,05
SINAPI	83659	3.3	BOCA DE LOBO EM ALVENARIA TIJOLO MACICO, REVESTIDA C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3, SOBRE LASTRO DE CONCRETO 10CM E TAMPA DE CONCRETO ARMADO	UN	2	R\$	616,99	R\$	1.233,98
SINAPI	83716	3.4	GRELHA FF 30X90CM, 135KG, P/ CX RALO COM ASSENTAMENTO DE ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	2	R\$	274,39	R\$	548,78
SINAPI	92210	3.5	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2	R\$	88,26	R\$	176,52
SINAPI	94963	3.6	CONCRETO FCK = 15MPA, TRAÇO 1:3,4:3,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1)- PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	M <sup>3</sup>	0,096	R\$	239,27	R\$	22,97
<b>TOTAL BOCA DE LOBO</b>								<b>R\$</b>	<b>2.004,13</b>

#### 4 SARJETA

SINAPI	94271	4.1	GUIA (MEIO-FIO) E SARJETA CONJUGADOS DE CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, GUIA 13,5 CM BASE X 30 CM ALTURA, SARJETA 50 CM BASE X 12,5 CM ALTURA. AF_06/2016	M	163,40	R\$	50,10	R\$	8.186,34
--------	-------	-----	---	---	--------	-----	-------	-----	----------

SINAPI	94273	4.2	ASSENTAMENTO DE GUIA (MEIO-FIO) EM TRECHO RETO, CONFECCIONADA EM CONCRETO PRÉ-FABRICADO, DIMENSÕES 100X15X13X30 CM (COMPRIMENTO X BASE INFERIOR X BASE SUPERIOR X ALTURA), PARA VIAS URBANAS (USO VIÁRIO). AF_06/2016	M	79,60	R\$	32,65	R\$	2.598,94
<b>TOTAL SARJETA</b>								<b>R\$</b>	<b>10.785,28</b>

## 5 PAVIMENTAÇÃO

REVESTIMENTO EM PISO INTERTRAVADO PERMEÁVEL COM JUNTAS ALARGADAS

SINAPI	72961	5.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO ATÉ 20CM DE ESPESSURA	M²	3520	R\$	1,20	R\$	4.224,00
SINAPI	74021/003	5.2	ENSAIO DE REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	M²	3520	R\$	0,87	R\$	3.062,40
SINAPI	96396	5.3	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2017	M³	211,20	R\$	102,64	R\$	21.677,57
SINAPI	96388	5.4	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARENOSO - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M³	70,40	R\$	5,90	R\$	415,36
SINAPI	74021/006	5.5	ENSAIOS DE BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE	M³	281,60	R\$	1,71	R\$	481,54
SINAPI	93680	5.6	EXECUÇÃO DE PÁTIO/ESTACIONAMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO RETANGULAR COLORIDO DE 20 X 10 CM, ESPESSURA 6 CM. AF_12/2015	M²	3520	R\$	50,39	R\$	177.372,80

**TOTAL PAVIMENTAÇÃO R\$ 207.233,66**

**TOTAL DA OBRA R\$ R\$ 255.360,35**