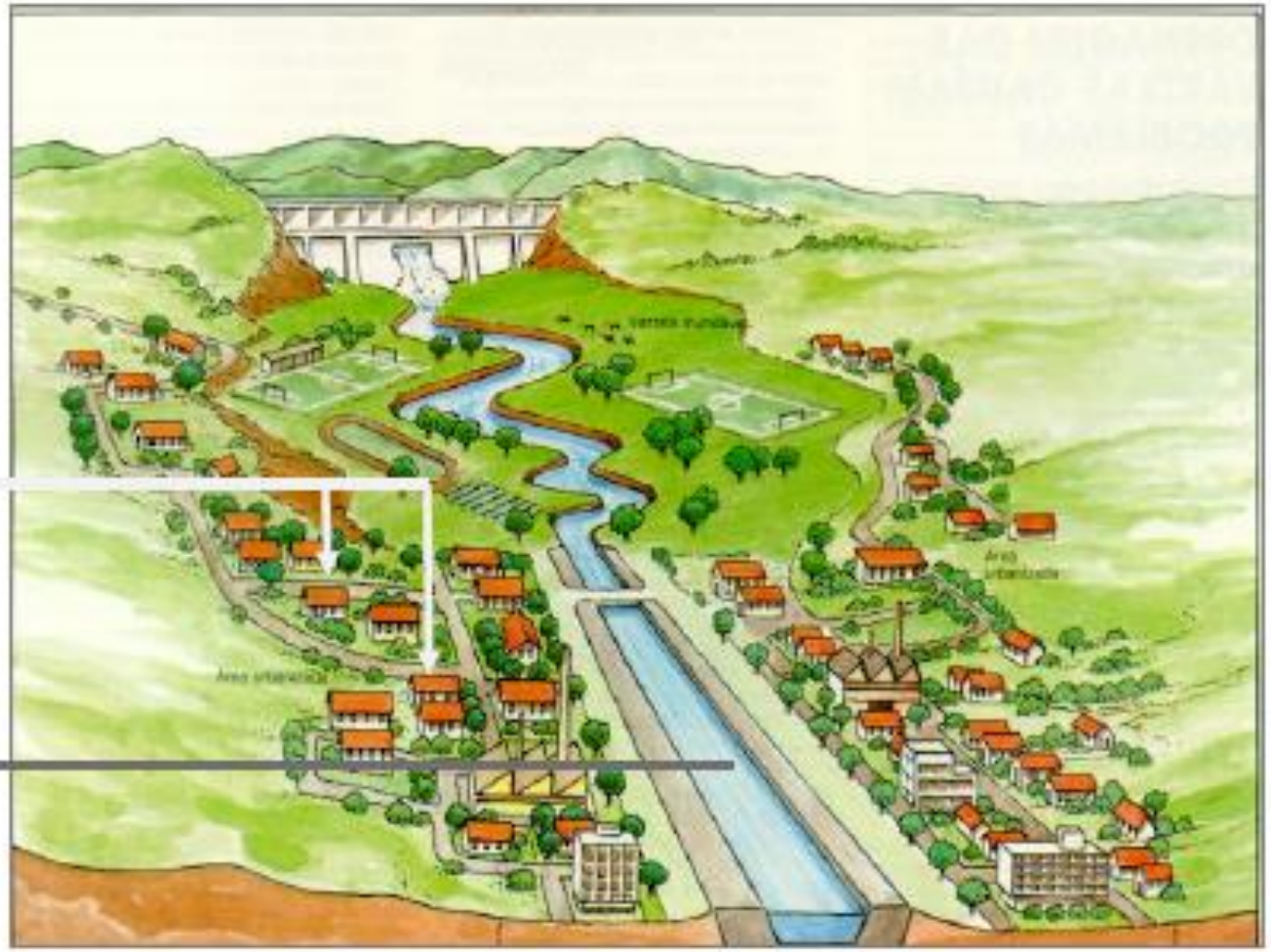
MICRODRENAGEM

DISCIPLINA: DRENAGEM URBANA

Prof. Dr. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/

VISÃO GERAL DO SISTEMA



MACRODRENAGEM X MICRODRENAGEM

- MACRO: escoamentos em fundos de vale que normalmente são bem definidos mesmo que não correspondam a um curso d'água perene. Essas bacias possuem área de pelo menos 5 km^2, dependendo da cidade e do grau de urbanização.

- MICRO: são aplicados em áreas onde o escoamento natural não é bem definido e, portanto, acaba sendo determinado pela ocupação do solo. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas.

MACRODRENAGEM X MICRODRENAGEM

Canal e Barragem Santa Bárbara - Maio de 2004.
Fonte: Sousa (2009).

MICRODRENAGEM

- É definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana.

- A principal função do sistema de Microdrenagem é coletar e conduzir a água pluvial apenas de redes primárias de drenagem municipal, como ruas e loteamentos que envolvem a parte da drenagem urbana, até o sistema de Macrodrenagem, além de retirar a água pluvial dos pavimentos das vias públicas, evitar alagamentos, oferecer segurança aos pedestres e motoristas, e evitar ou reduzir danos.

MICRODRENAGEM

- O dimensionamento de uma rede de condutos pluviais é baseado nas seguintes etapas:

  - ✓ subdivisão da área e traçado
  - ✓ determinação das vazões que afluem à rede de condutos
  - ✓ dimensionamento da rede de condutos

TERMINOLOGIA

- Principais termos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial são:

a) Bocas-de-lobo ou bueiros

Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais.

b) Condutos livres

Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto.

TERMINOLOGIA

c) Estações de bombeamento

Conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

d) Galeria

Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas.

TERMINOLOGIA

e) Meio-fio

Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

f) Poço de visita (PV)

Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro, inspeção e limpeza das canalizações.

TERMINOLOGIA

g) Sarjetas

Faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas.

h) Sarjetões

Calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas.

TERMINOLOGIA

i) Trecho

Comprimento de galeria situada entre dois poços de visita.

j) Tubos de ligação

São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poços de visita.

ELEMENTOS FÍSICOS DO PROJETO

- Principais dados necessários à elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem são:

a) Plantas

✓ Planta de situação e localização da bacia dentro do Estado.

✓ Planta geral da bacia contribuinte: escalas 1:5.000 ou 1:10.000.

✓ Planta planialtimétrica da bacia: escalas 1:1.000 ou 1:2.000, constando as cotas das esquinas e demais pontos importantes.

ELEMENTOS FÍSICOS DO PROJETO

b) Levantamento topográfico

- ✓ Nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudanças de direção e mudanças de greide nas vias públicas.

c) Cadastro

- ✓ De redes de esgotos pluviais ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto.

ELEMENTOS FÍSICOS DO PROJETO

d) Urbanização

✓ Deve-se selecionar elementos relativos à urbanização da bacia contribuinte, nas situações atual e prevista no plano diretor, tais como:

- tipo de ocupação das áreas (residências, comércios, praças etc);
- porcentagem de ocupação dos lotes;
- ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes à bacia.

ELEMENTOS FÍSICOS DO PROJETO

e) Dados relativos ao curso de água receptor

- ✓ Indicações sobre o nível de água máxima do rio que irá receber o lançamento final.

- ✓ levantamento topográfico do local de descarga final.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

A rede coletora deve ser lançada em planta baixa (escala 1:2.000 ou 1:1.000) de acordo com as condições naturais de escoamento superficial e obedecendo regras básicas para o traçado da rede, tais como:

a) Traçado da rede pluvial

- ✓ As áreas contribuintes de cada trecho das galerias, entre 2 poços de visita consecutivos e os divisores das bacias devem ser assinalados de maneira adequada e conveniente nas plantas.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

- ✓ Os trechos nos quais o escoamento ocorre exclusivamente pelas sarjetas devem ser identificados por meio de setas.

- ✓ O sistema coletor em uma determinada via poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas-de-lobo de ambos os passeios.

- ✓ A solução mais adequada em cada rua é estabelecida economicamente em função da sua largura e condição de pavimentação.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

b) Bocas-de-lobo

- ✓ Devem ser localizadas de maneira a conduzirem adequadamente as vazões superficiais para as galerias.

- ✓ Nos pontos mais baixos do sistema viário deverão ser necessariamente colocadas bocas-de-lobo com visitas a fim de se evitar a criação de zonas mortas com alagamento e águas paradas.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

c) Poços de visita

- ✓ Os poços de visita devem atender às mudanças de direção, de diâmetro e de declividade, à ligação das bocas-de-lobo, ao entroncamento dos diversos trechos.

- ✓ O afastamento entre poços de visita consecutivos, por critérios econômicos, deve ser o máximo possível.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

d) Galerias

- ✓ O diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30 m. Os diâmetros correntes são: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50 m.

- ✓ As galerias pluviais devem ser projetadas para funcionarem à <u>seção de máxima eficiência</u> com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível é calculada em função do material a ser empregado na rede. Para tubo de concreto, as velocidades máxima e mínima admissível devem ser iguais a 5,0 m/s e a 0,60 m/s, respectivamente.

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

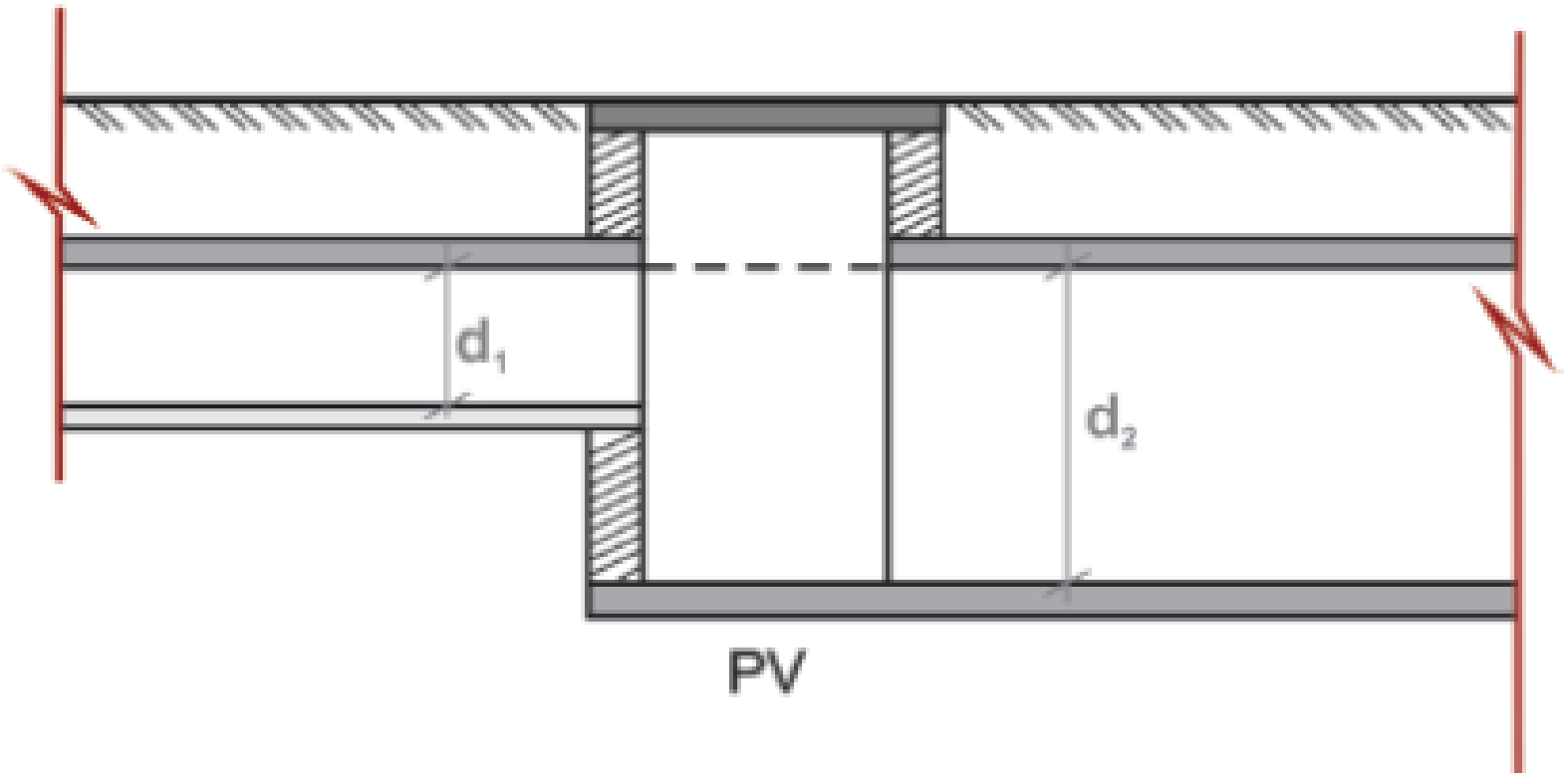
d) Galerias

- ✓ O recobrimento mínimo da rede deve ser de 1,0 m, quando forem empregados tubulações sem estruturas especiais. Quando, por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural.

- ✓ Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, como indicado na Figura seguinte:

DEFINIÇÃO DO ESQUEMA GERAL DO PROJETO

d) Galerias



DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

a) Traçado preliminar das galerias

- ✓ O traçado das galerias deve ser desenvolvido simultaneamente com o projeto das vias públicas e parques, para evitar imposições ao sistema de drenagem que geralmente conduzem a soluções mais onerosas.

- ✓ Deve haver homogeneidade na distribuição das galerias para que o sistema possa proporcionar condições adequadas de drenagem a todas as áreas da bacia.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

b) Coletores

- ✓ Existem duas hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais:
  - (i) sob a guia (meio-fio);
  - (ii) sob o eixo da via pública.
- ✓ O recobrimento mínimo deve ser de 1,0 metro sobre a geratriz superior do tubo, devendo possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60 m) das bocas-de-lobo.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

c) Bocas-de-lobo

✓ As locações das bocas-de-lobo deve considerar as seguintes recomendações:

- Quando for ultrapassada sua capacidade de engolimento, ou houver saturação da sarjeta, deve haver bocas-de-lobo em ambos os lados da via;

- Caso não se disponha de dados sobre a capacidade de escoamento das sarjetas, recomenda-se um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas-de-lobo;

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

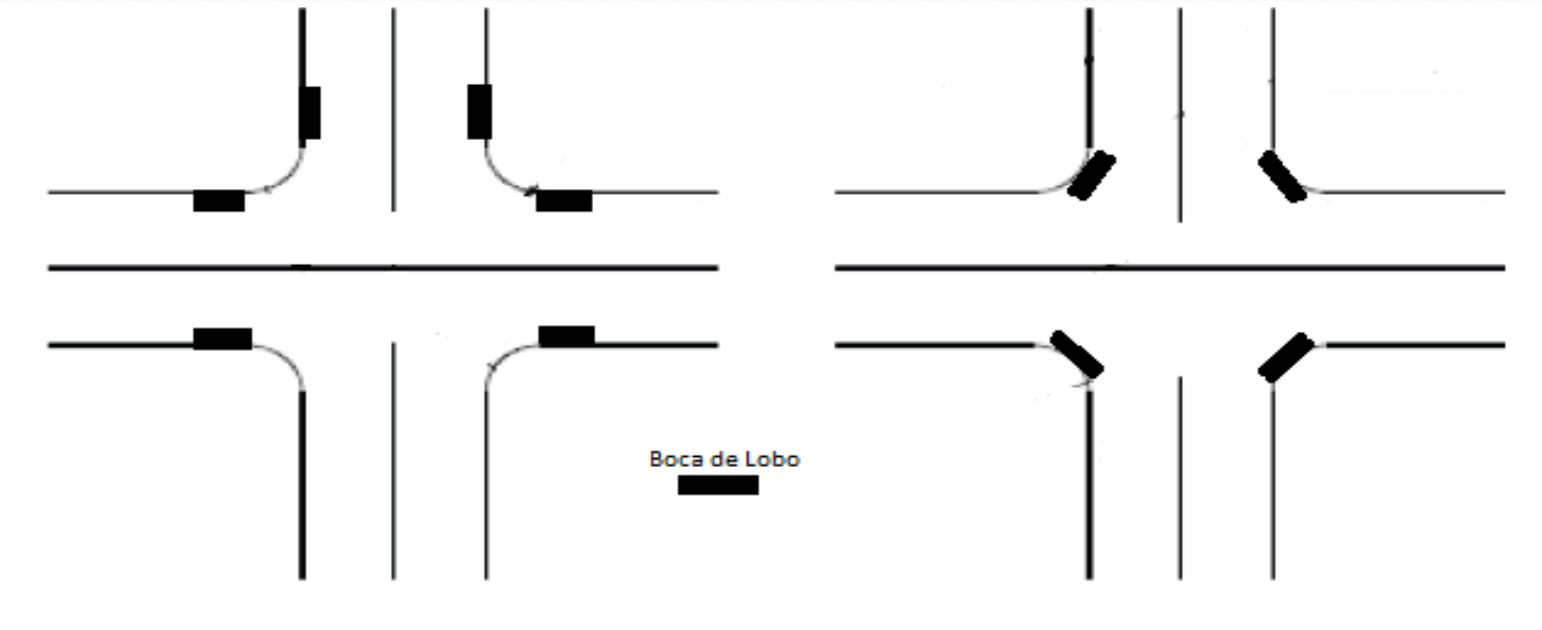
c) Bocas-de-lobo

- A melhor localização das bocas-de-lobo é em pontos um pouco à montante das esquinas;

- Não se recomenda colocar bocas-de-lobo nas esquinas, pois os pedestres teriam de saltar a torrente em um trecho de descarga superficial máxima para atravessar a rua, além de ser um ponto onde duas torrentes convergentes se encontram.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

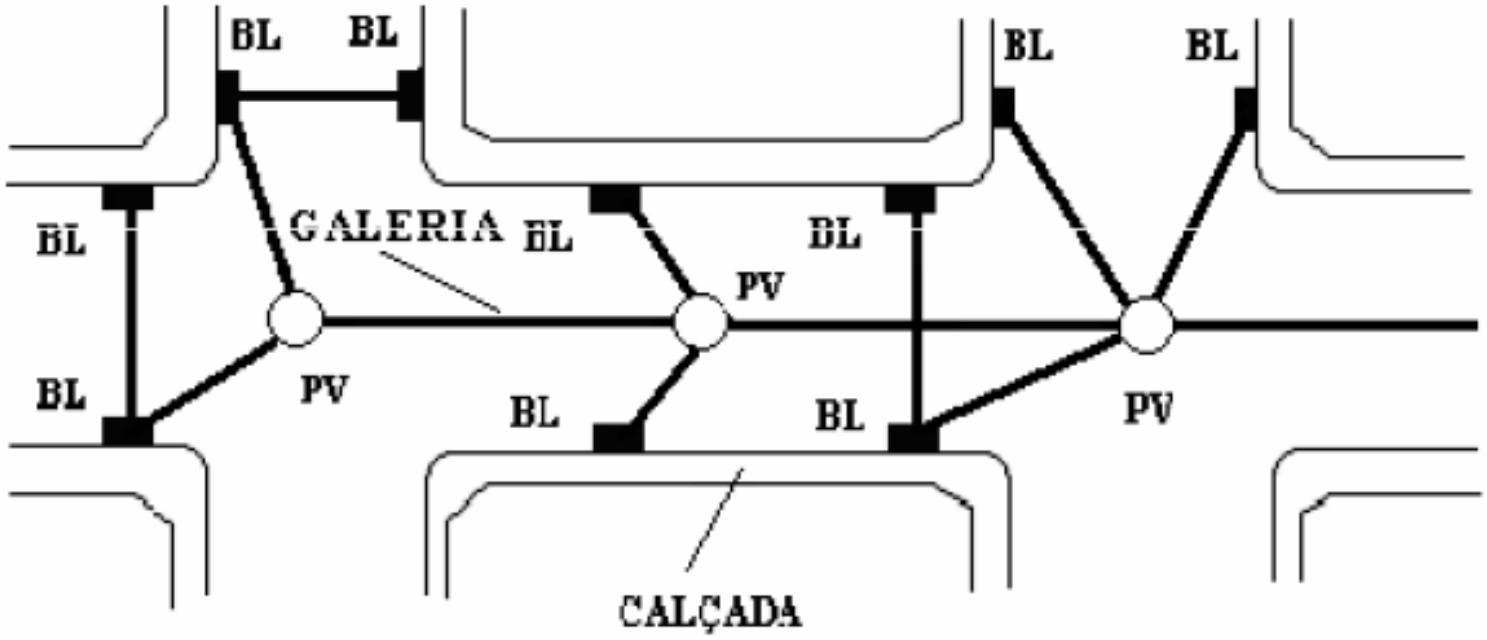
c) Bocas-de-lobo



Situação Recomendada

Situação não Recomendada

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES



BL - boca de lobo
PV - poço de visita

Esquema da disposição dos elementos de uma rede de águas pluviais

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

d) Poços de Visita (PV) e de Queda

- ✓ Tem como função primordial permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, de modo que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento.

- ✓ Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudanças de diâmetro.

- ✓ Quando a diferença de nível do tubo afluente e o efluente for superior a 0,70m o PV será denominado de Queda.

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

d) Poços de Visita (PV) e de Queda

✓ O espaçamento máximo recomendado para os poços de visita é:

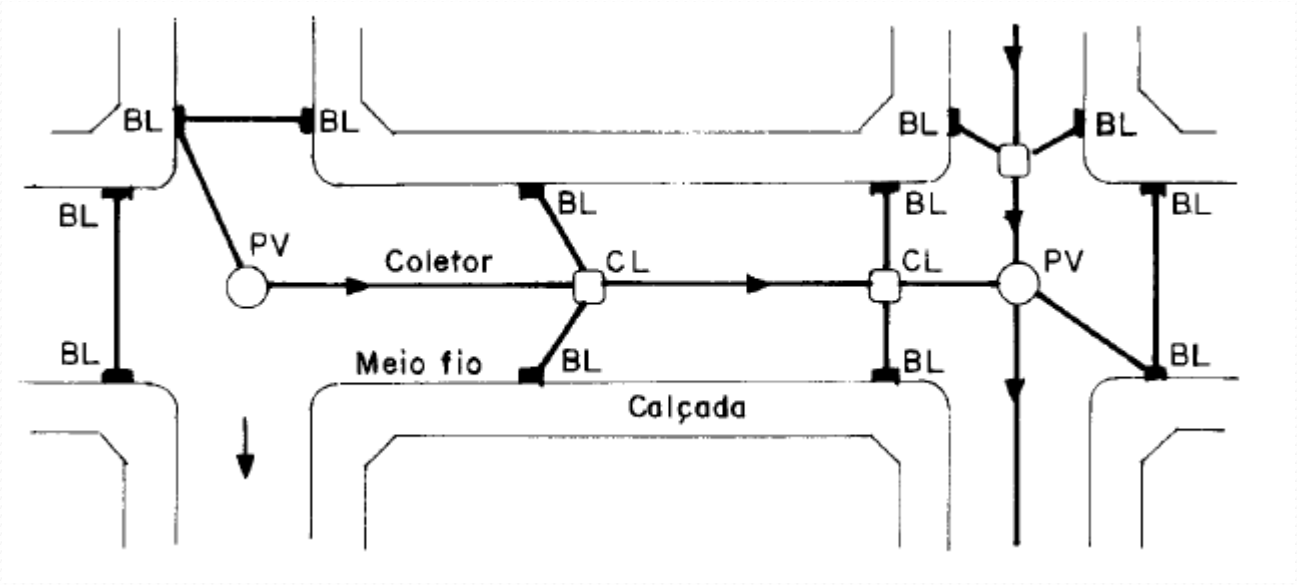
Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 – 0,90	80
1,0 ou mais	100

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

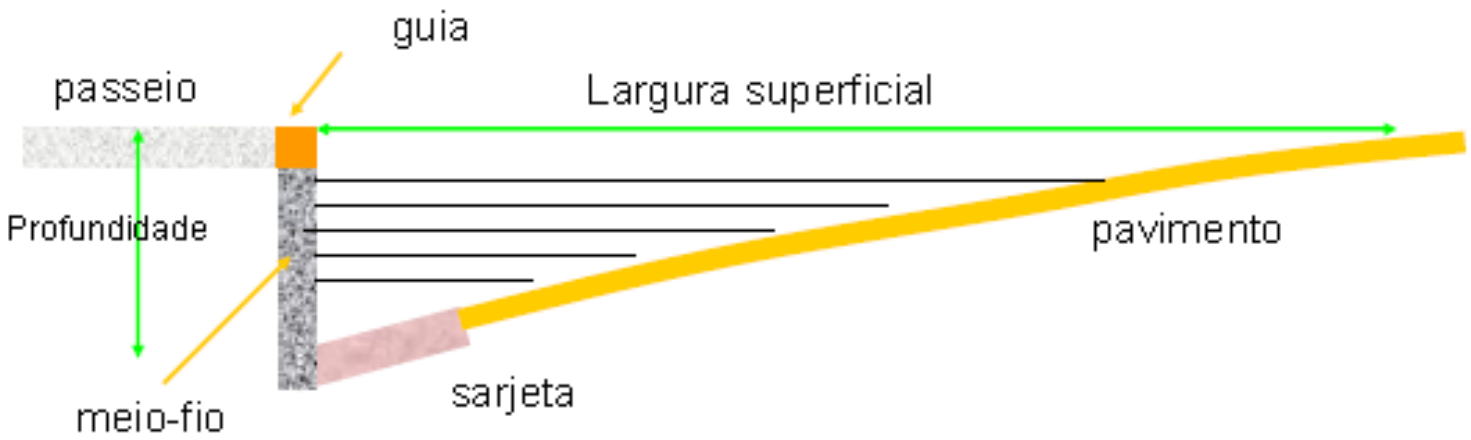
e) Caixas de Ligação (CL)

✓ São utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para se evitar a chegada em um mesmo PV de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do PV, dele diferenciando-se por não serem visitáveis.



DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas



- **Profundidade: evitar o extravasamento do meio-fio**
  - **Inundação de propriedade, segurança das pessoas**
- **Largura superficial: limitado para não inundar a pista**
  - **aquaplanagem, problemas de visibilidade, molhar as pessoas**

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

✓ A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma.

✓ Se não houver vazão excessiva, o abaulamento das vias públicas faz com que as águas provenientes da precipitação escoem pelas sarjetas.

✓ O excesso de vazão ocasiona inundação das calçadas e as velocidades altas podem até erodir o pavimento.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

✓ A verificação da vazão máxima escoada pode ser calculada utilizando a equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot A \cdot i^{1/2}$$

em que:

Q – vazão escoada (m^3/s)

A – área da seção da sarjeta (m^2)

R_h – raio hidráulico (A_m/P_m) (m)

i – declividade longitudinal da rua (m/m)

n – coeficiente de Manning que, para concreto liso pode-se adotar 0,018.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

✓ É importante que se atente para o fato de que, Q ≥ que a capacidade da sarjeta, é necessário que se utilizem as bocas-de-lobo para retirar o excesso de água.

✓ Uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução que leva em conta a possibilidade de obstrução da sarjeta de pequena declividade por sedimentos.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

a) Ruas e Sarjetas

Tabela - Fatores de redução de escoamento das sarjetas (DAEE/CETESB,1980)

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

I. Capacidade de escoamento da rua para a chuva inicial de projeto

✓ A determinação da capacidade de escoamento da rua, para a chuva inicial de projeto, deve ser baseada em duas considerações:

- Verificação da capacidade teórica de escoamento, baseada na inundação máxima do pavimento;

- Ajuste às condições reais, baseado na aplicação de um fator de redução na capacidade de escoamento por obtenção de descarga aduzível.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

i) Inundação do pavimento

Tabela - Uso permitido de ruas para escoamento de descargas da chuva inicial de projeto, em termos de inundação do pavimento

CLASSIFICAÇÃO DAS RUAS	INUNDAÇÃO MÁXIMA
TRÁFEGO MUITO LEVE (SECUNDÁRIA)	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento pode atingir até a crista da rua
TRÁFEGO LEVE (PRINCIPAL)	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre
TRÁFEGO PESADO (AVENIDA)	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve conservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção
TRÁFEGO MUITO PESADO (VIA EXPRESSA)	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito
VIELA SANITÁRIA	O escoamento pode ocupar toda a extensão da viela. A profundidade e a velocidade de escoamento não devem ocasionar risco de vida aos pedestres

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

i) Inundação do pavimento

✓ O sistema de galerias deverá iniciar-se no ponto onde é atingida a capacidade admissível de escoamento na rua, e deverá ser projetado com base na chuva inicial de projeto.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

ii) Cálculo da capacidade teórica

✓ A capacidade teórica de descarga das sarjetas pode ser computada, usando-se a fórmula de Manning modificada por IZZARD, ou seja:

$$Q = 0{,}375\left(\frac{z}{n}\right) i^{1/2} . y^{8/3}$$

em que:

Q – vazão escoada (m^3/s)

z – inverso da declividade transversal (m/m)

i – declividade longitudinal (m/m)

y – profundidade junto à linha de fundo (m)

n – coeficiente de rugosidade (asfalto = 0,016)

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

iii) Descarga admissível na sarjeta

✓ Ela deve ser calculada multiplicando-se a capacidade teórica pelo fator de redução correspondente, em relação à declividade longitudinal.

✓ Esse fator de redução tem por objetivo levar em conta:

- ❑ a menor capacidade efetiva de descarga das sarjetas de pequena declividade, devido às maiores possibilidades de sua obstrução por material sedimentável;

- ❑ levar em conta os riscos para os pedestres, no caso de sarjetas com grande inclinação, em virtude das velocidades de escoamento elevadas.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

✓ São elementos colocados nas sarjetas com a finalidade de captar as águas veiculadas por elas.

- **Pontos intermediários das sarjetas:** localizam-se em trechos contínuos e de declividade constante. A entrada das águas pluviais ocorre apenas em uma das extremidades;

- **Pontos baixos de sarjetas:** pontos de mudança de declividade da rua ou próximo à curvatura das guias no cruzamento das ruas. A entrada das águas pluviais ocorre pelas duas extremidades.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

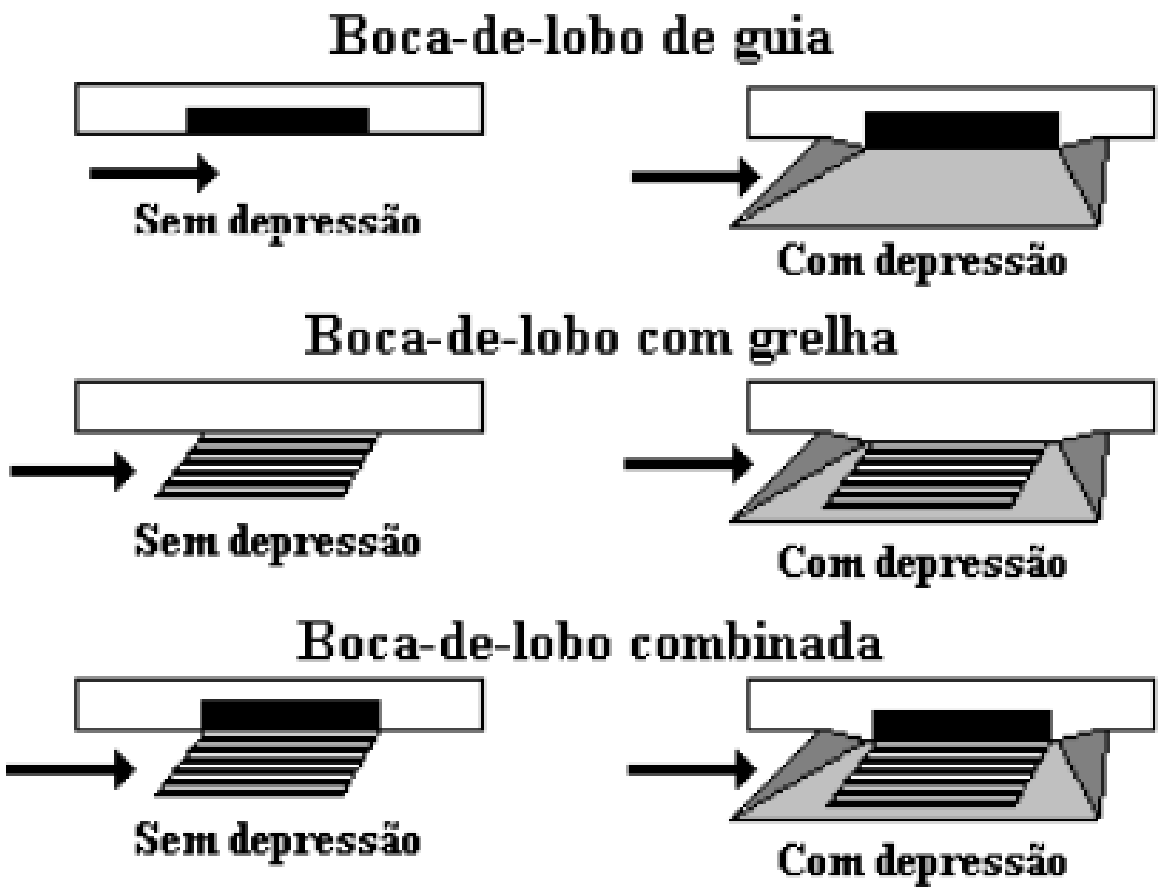


Figura - Tipos de bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b) Bocas-de-lobo

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b.1) Boca-de-lobo simples

✓ Constituída de uma abertura vertical no meio-fio denominada guia-chapéu, através da qual se permite a entrada da água pluvial que escoa sobre as sarjetas.

✓ Principal vantagem: as obstruções por detritos, embora sejam inevitáveis, são menos frequentes, por serem as aberturas maiores.

✓ Principal desvantagem: baixa eficiência quando utilizadas em sarjetas com declividades longitudinais acentuadas.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b.2) Boca-de-lobo com grelha

✓ Possui uma abertura coberta com barras metálicas longitudinais ou transversais formando grelhas.

✓ Principal desvantagem: obstrução com detritos transportados pelas enxurradas, acarretando redução substancial em sua capacidade de esgotamento.

✓ Numerosas experiências têm mostrado que as grelhas constituídas de barras longitudinais são mais eficientes e menos sujeitas às obstruções do que as transversais.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

b.3) Boca-de-lobo combinada

✓ É uma associação entre a boca-de-lobo simples e a grelha, funcionando como um conjunto único.

✓ Localiza-se em pontos intermediários das sarjetas ou em pontos baixos, sendo que normalmente a grelha é instalada em frente a abertura do meio-fio.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto baixo de sarjeta

✓ A boca-de-lobo simples pode funcionar basicamente sob duas condições de escoamento:

- ✓ Escoamento com superfície livre, no qual a boca-de-lobo funciona como um vertedor;
- ✓ Escoamento afogado, no qual a boca-de-lobo funciona como orifício.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto baixo de sarjeta

✓ A água, ao se acumular, sobre a boca de lobo com entrada pela guia, gera uma lâmina d'água mais fina que a altura da abertura no meio-fio ($y/h \leq 1$), fazendo com que a abertura se comporte como um vertedouro de seção retangular, cuja capacidade de engolimento é:

$$Q = 1{,}7Ly^{3/2}$$

Q = vazão máxima esgotada, em m^3/s;
y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia, em m;
L = comprimento da soleira, em m.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto baixo de sarjeta

✓ Se a altura da água superar o dobro da abertura no meio fio ($y/h \geq 2$), supõe-se que a boca-de-lobo funciona como orifício e a vazão é calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 3{,}101 L h^{3/2} \sqrt{\frac{2y - h}{2h}}$$

Q = vazão, em m^3/s;
h = altura do meio-fio, em m;
y = altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia, em m;
L = comprimento da soleira, em m.

A opção por uma ou outra fórmula para h < y < 2h, fica a critério do projetista.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ A capacidade de engolimento pode ser calculada pela seguinte expressão:

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

Q = vazão, em m^3/s;
g = aceleração da gravidade, em m/s^2;
C = constante, igual a zero para boca-de-lobo sem depressão;
y = altura do fluxo na sarjeta imediatamente antes da boca de lobo, igual a y_0 para boca-de-lobo sem depressão, em m;
y_0 = profundidade da lâmina d'água na sarjeta, em m
K = função do ângulo Ø (tabelado)

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

Tabela - K em função do ângulo θ

Tg θ	K
12	0,23
24	0,20
48	0,20

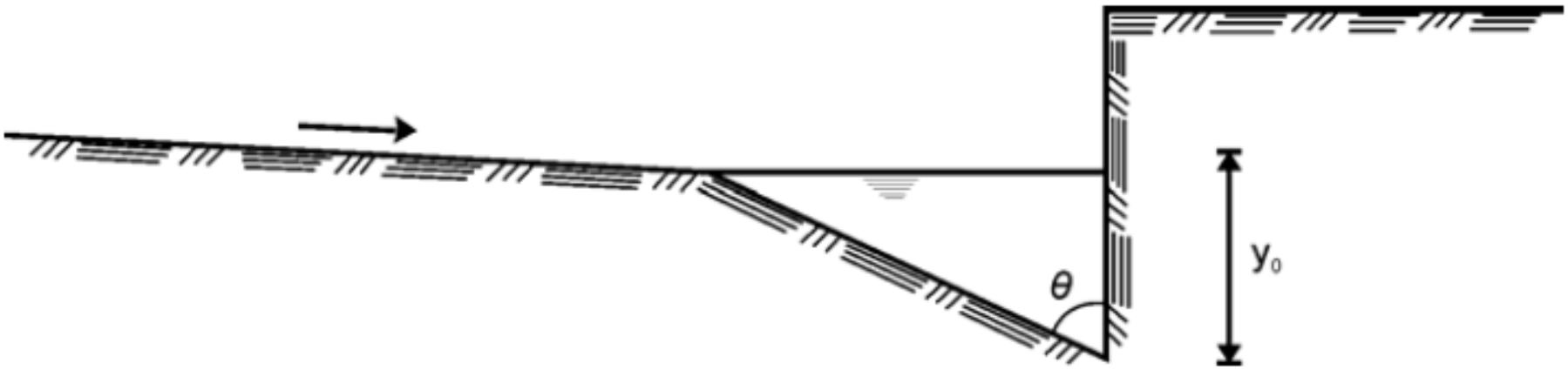
✓ Para bocas-de-lobo sem depressão, a equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{Q}{L} = K \times y_o \times \sqrt{g \times y_o}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

Figura - Seção na entrada de boca-de-lobo



Sem depressão.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

$$\frac{Q}{L} = (k + k_c)\, y^{1,5} \sqrt{g}$$

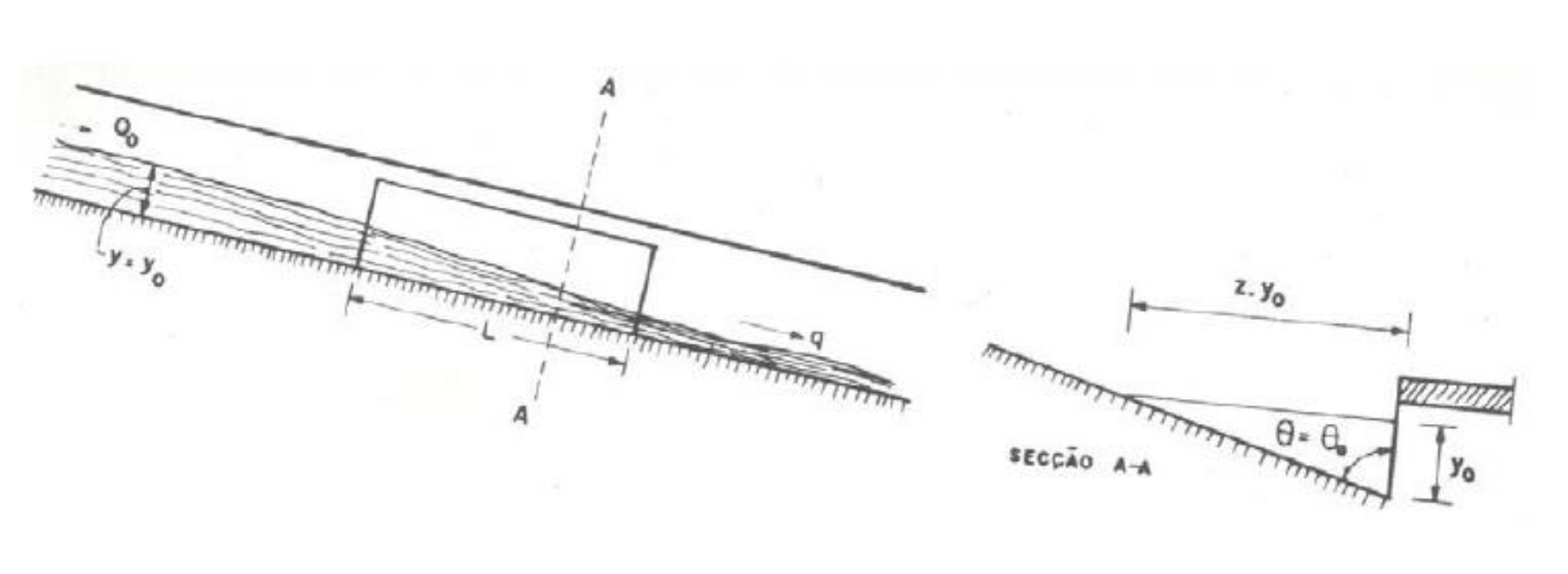
- ✓ k e k_c = c são valores adimensionais que dependem das características geométricas da sarjeta em relação à depressão;

- ✓ **Sem depressão**: a = 0; k_c = c = 0 e $tg\theta = tg\theta_0$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ Sem depressão:



DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ Sem depressão:

$$\frac{Q}{L} = 5{,}44\,k\left(\frac{Q_0}{\frac{z\sqrt{I}}{n}}\right)^{\frac{9}{16}}$$

Q/L = capacidade da boca-de-lobo ($m^3/s.m$) calculada a partir de Izzard considerando-se g = 9,81 m/s^2;

Q = vazão absorvida pela boca-de-lobo (m^3/s);

Q_0 = vazão da sarjeta a montante (m^3/s);

I = declividade longitudinal (m/m);

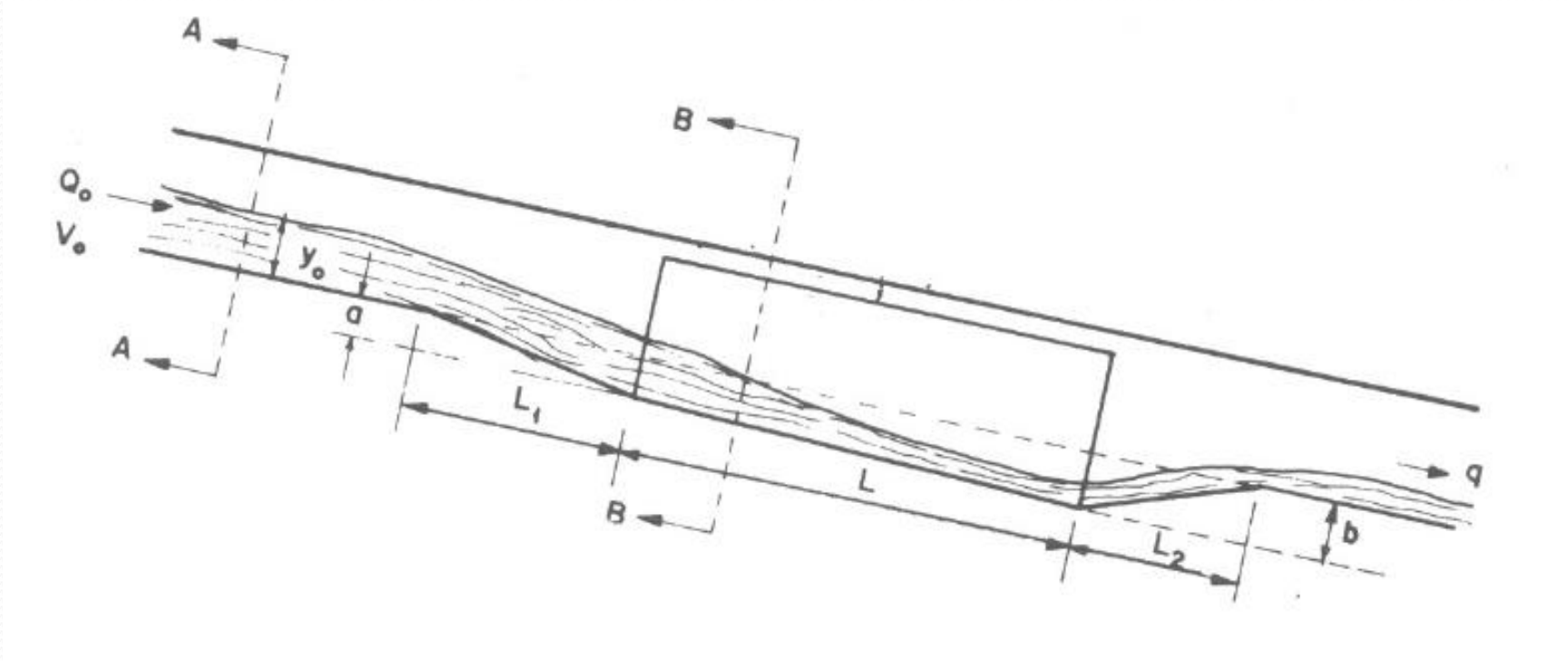
n = rugosidade da sarjeta;

q = Q_0 – Q = vazão que ultrapassa a boca-de-lobo (m^3/s)

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

- ✓ Com depressão:

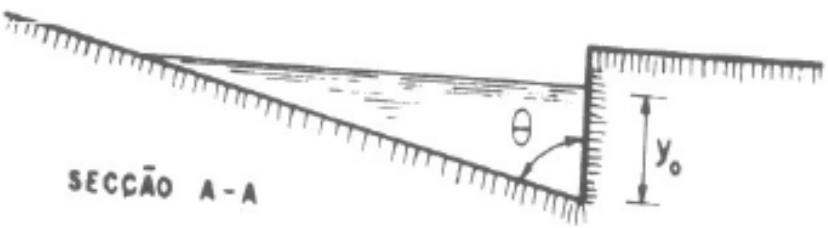


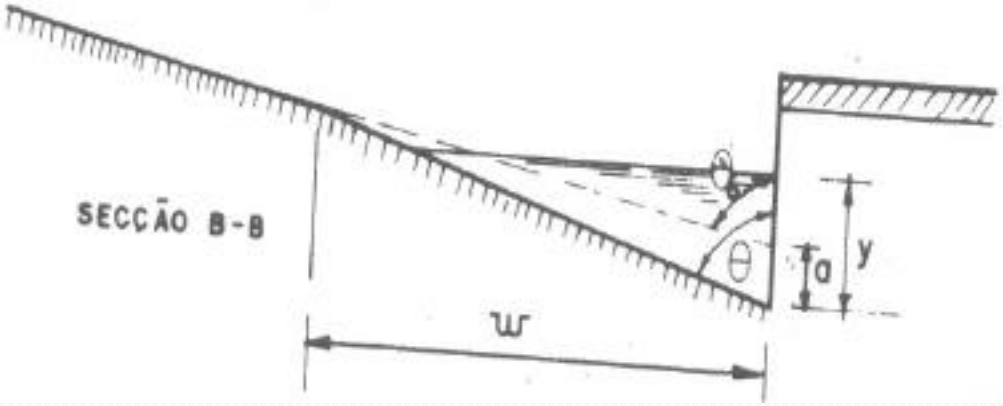
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ Com depressão:

$$\frac{Q}{L} = (k + k_c)\, y^{1,5} \sqrt{g}$$





DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ **Cálculo de Kc**

$L_2 = 4a$ e $b = a$ ➔

$$k_c = \frac{0,45}{1,12^M}$$

$$M = \frac{L\,F}{a\,\tan\theta}$$

onde

$$F = \frac{v^2}{g\,y}$$

ou

$$F = 2\left(\frac{E}{y} - 1\right)$$

$L_2 \neq 4a$ e $b \neq a$ ➔

$$k_c = \frac{0,45}{1,12^N}$$

$$N = \frac{L\,F}{a'\,\tan\theta}$$

onde

$$F = \frac{v^2}{g\,y}$$

$$a' = \frac{b - IL_2}{1 - 4I}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo simples em ponto intermediário de sarjeta

✓ **Com Depressão**

✓ a ≠ 0
✓ *L1 = 10 a*
✓ *w = 8 a*
✓ *K = 0,23*

$$\frac{Q}{L} = (0{,}23 + k_c)\, y^{1{,}5} \sqrt{g}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto baixo de sarjeta

- ✓ Experiências efetuadas pelo United States Corps of Engineers permitiram constatar que a grelha tem um funcionamento análogo ao de um vertedor de soleira livre, para profundidades de lâmina d'água de até 12 cm.

- ✓ A grelha passa a funcionar como orifício somente quando a lâmina d'água for superior a 42 cm e entre 12 e 42 cm o funcionamento é indefinido.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto baixo de sarjeta

✓ Para lâminas d'água de profundidade inferior a 12 cm essas bocas-de-lobo funcionam como um vertedouro de soleira livre, cuja equação é:

$$Q = 1{,}7Py^{3/2}$$

Q = vazão, em m^3/s;
y = altura da lâmina d'água na sarjeta sobre a grelha, em m; e
P = perímetro do orifício, em m.

Quando um dos lados da grelha for adjacente ao meio-fio, o comprimento Deste lado não deve ser computado no cálculo do valor de P.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto baixo de sarjeta

✓ Se a profundidade da lâmina for maior que 42 cm, a vazão deve ser calculada por:

$$Q = 2{,}91A\sqrt{y}$$

Q = vazão, em m^3/s;
y = altura da lâmina d'água na sarjeta sobre a grelha, em m; e
A = área útil, em m^2, ou seja, as áreas das grades devem ser excluídas.

Quando 12 cm < y < 42 cm o funcionamento é indefinido e o projetista deve se encarregar do critério a ser adotado.

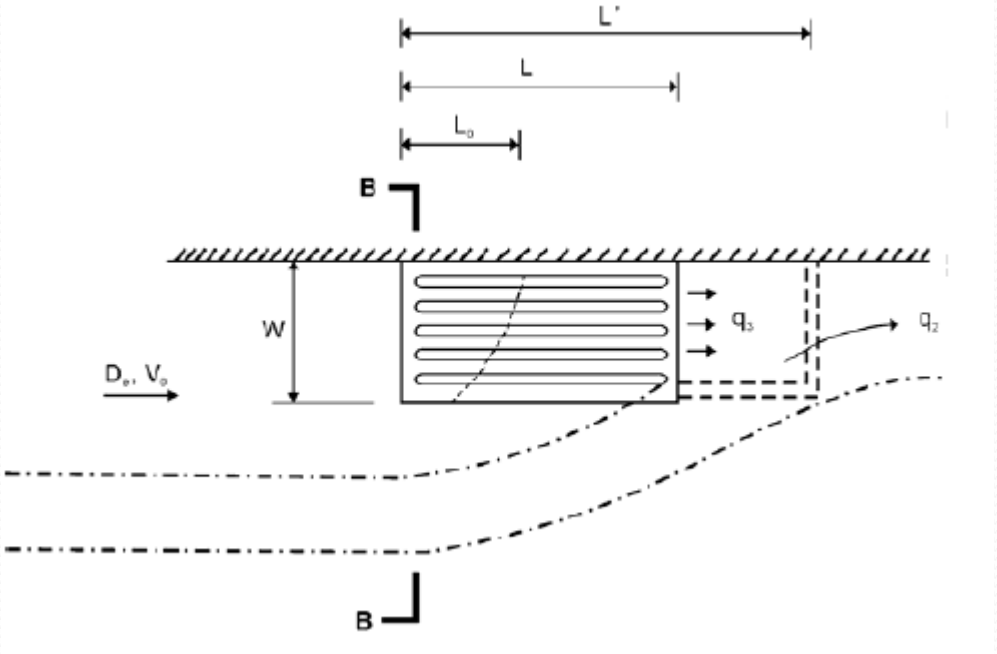
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto baixo de sarjeta

✓ Para bocas-de-lobo combinadas, a capacidade teórica de esgotamento é, aproximadamente, igual ao somatório das vazões isoladas da grelha e da abertura no meio-fio.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta



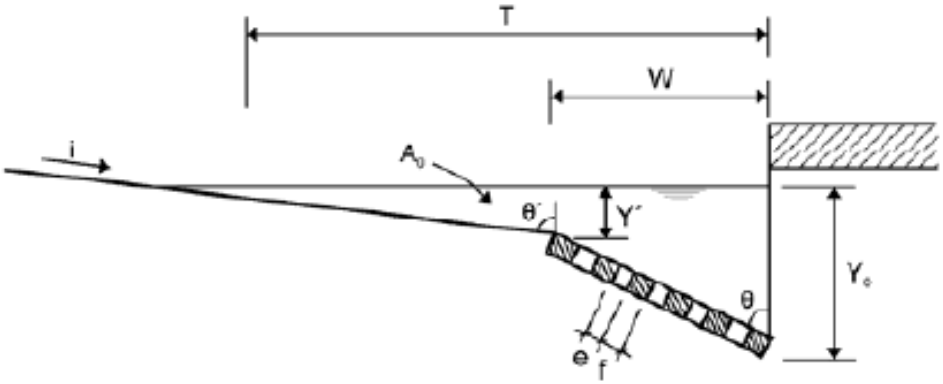


Figura - Esquema geral de grelha

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- ✓ A importância da profundidade y':

  - ❑ Se considerarmos que a parcela d'água na sarjeta ao longo da largura W da grelha irá escoar longitudinalmente para seu interior, então a parcela restante, com lâmina de largura (T – W) e profundidade y' escoará lateralmente em direção à grelha como se fosse uma boca-de-lobo simples.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- Para que toda essa água seja esgotada longitudinalmente e lateralmente, a grelha deverá possuir um comprimento mínimo L', calculado a partir da fórmula empírica seguinte:

$$L' = 1{,}2 \times v_o \times tg\varnothing \times \left(\frac{y'}{g}\right)^{0{,}5}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- Se for adotado um valor de L menor que L' haverá um excesso de água q_2 que não será esgotado pela grelha, sendo calculado como:

$$q_2 = 0{,}25 \times (L' - L) \times \sqrt{g \times (y')^{1,5}}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- Por outro lado, o comprimento da grelha deverá ser maior ou igual a L_0 para que todo o escoamento longitudinal na sarjeta dentro da faixa W da grelha seja esgotado. Se L for menor que L_0, as águas pluviais não esgotadas ultrapassam as grelhas. O valor de L_0 é calculado por:

$$L_o = m \times v_o \left(\frac{y}{g}\right)^{0,5}$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

- O fator m é uma constante que depende da configuração da grelha e os seus valores são tabelados em função do tipo de boca-de-lobo.

Tipologia da Boca-de-Lobo		Valor de *m*
Boca-de-Lobo com Grelha	Grelha com barras longitudinais	4,0
	Grelha com algumas barras transversais	8,0
Boca-de-Lobo Combinada	Grelha com barras longitudinais	3,3
	Grelha com algumas barras transversais	6,6

Fonte: Cetesb (1986, p.311)

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- Em condições normais, as grelhas devem ser dimensionadas tal que $L \geq L_0$.

- Se, por algum motivo, $L < L_0$, a vazão que ultrapassa a grelha pode ser calculada como:

$$q_3 = Q_o \times \left(1 - \frac{L_2}{L_o^2}\right)^2$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

- Assim sendo, a vazão total que ultrapassa a grelha é calculada por:

$$q = q_2 + q_3$$

- Finalmente, a vazão esgotada pela grelha será:

$$Q = Q_o - q$$

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

Símbolos empregados na formulação matemática:

y' = profundidade da lâmina d'água junto à borda externa da grelha, em m;
y_o = profundidade da lâmina d´água na sarjeta, em m;
W = largura da grelha, em m;
T = largura da seção molhada de escoamento, em m;
L' = comprimento da grelha necessário para interceptar, lateralmente, toda a água que escoa fora da grelha q_2, em m;
V_o = velocidade média de escoamento nas sarjetas, em m/s = Q_o/A_o
Q_o = vazão que escoa na sarjeta, em m^3/s;
A_o = área da seção transversal de escoamento da sarjeta, em m^2;
Ø' = ângulo formado entre o plano da superfície do pavimento e o plano vertical na grelha (tgØ'=1/i);
i = declividade transversal do pavimento da pista de rolamento;

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

Boca-de-lobo com grelha em ponto intermediário de sarjeta

Símbolos empregados na formulação matemática:

g = aceleração da gravidade, em m/s^2;
Ø' = ângulo formado entre o plano da sarjeta e o plano vertical;
L = comprimento da grelha, em m;
Q_o = vazão que escoa lateralmente à grelha, em m_3/s;
L_o = comprimento da grelha necessário para captar toda a água que escoa sobre a grelha, em m;
q = vazão total não esgotada pela boca-de-lobo, em m_3/s;
Q = vazão esgotada pela boca-de-lobo, em m_3/s;
t = espessura das barras longitudinais das grelhas, em m;
e = espaçamento entre as barras longitudinais das grelhas, em m.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

- ✓ **Bocas-de-lobo**

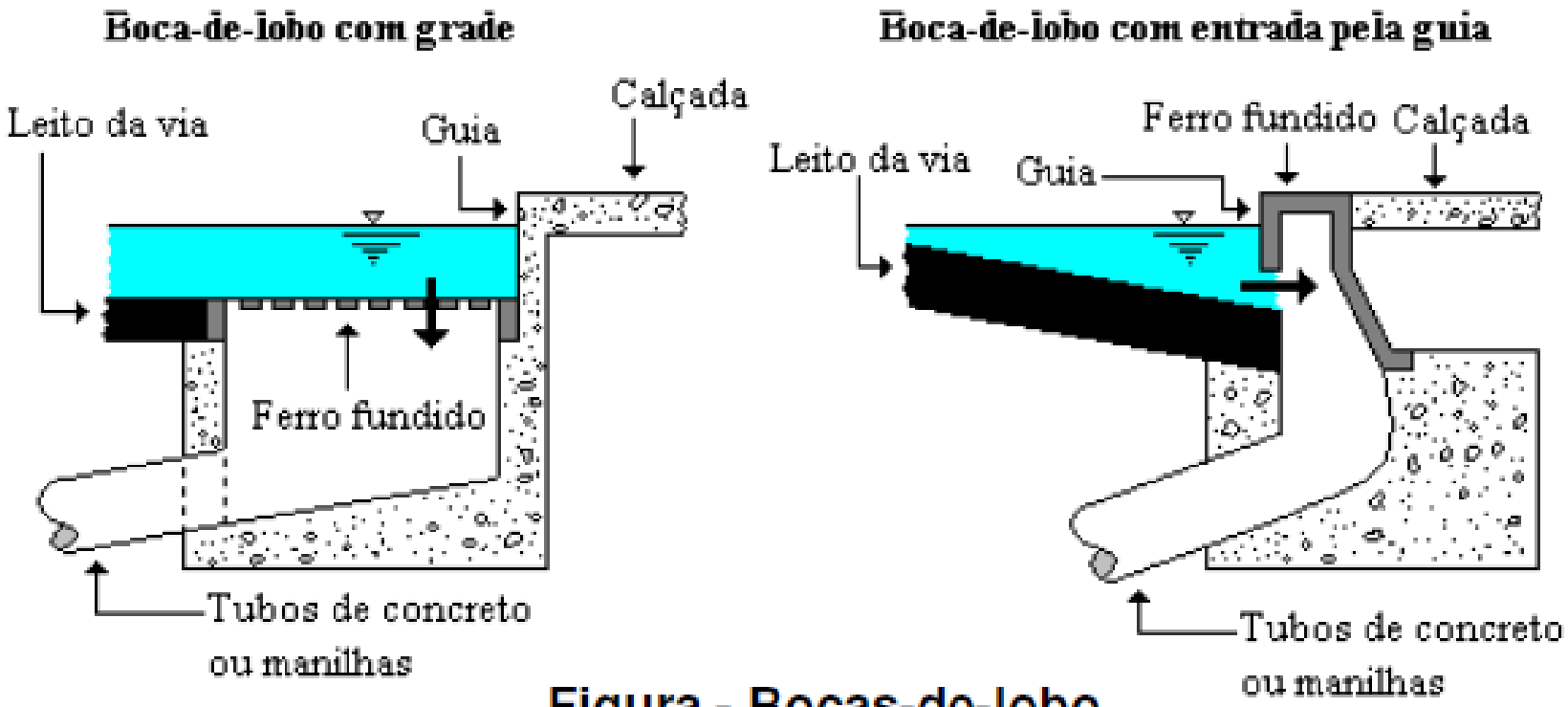


Figura - Bocas-de-lobo.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COMPONENTES

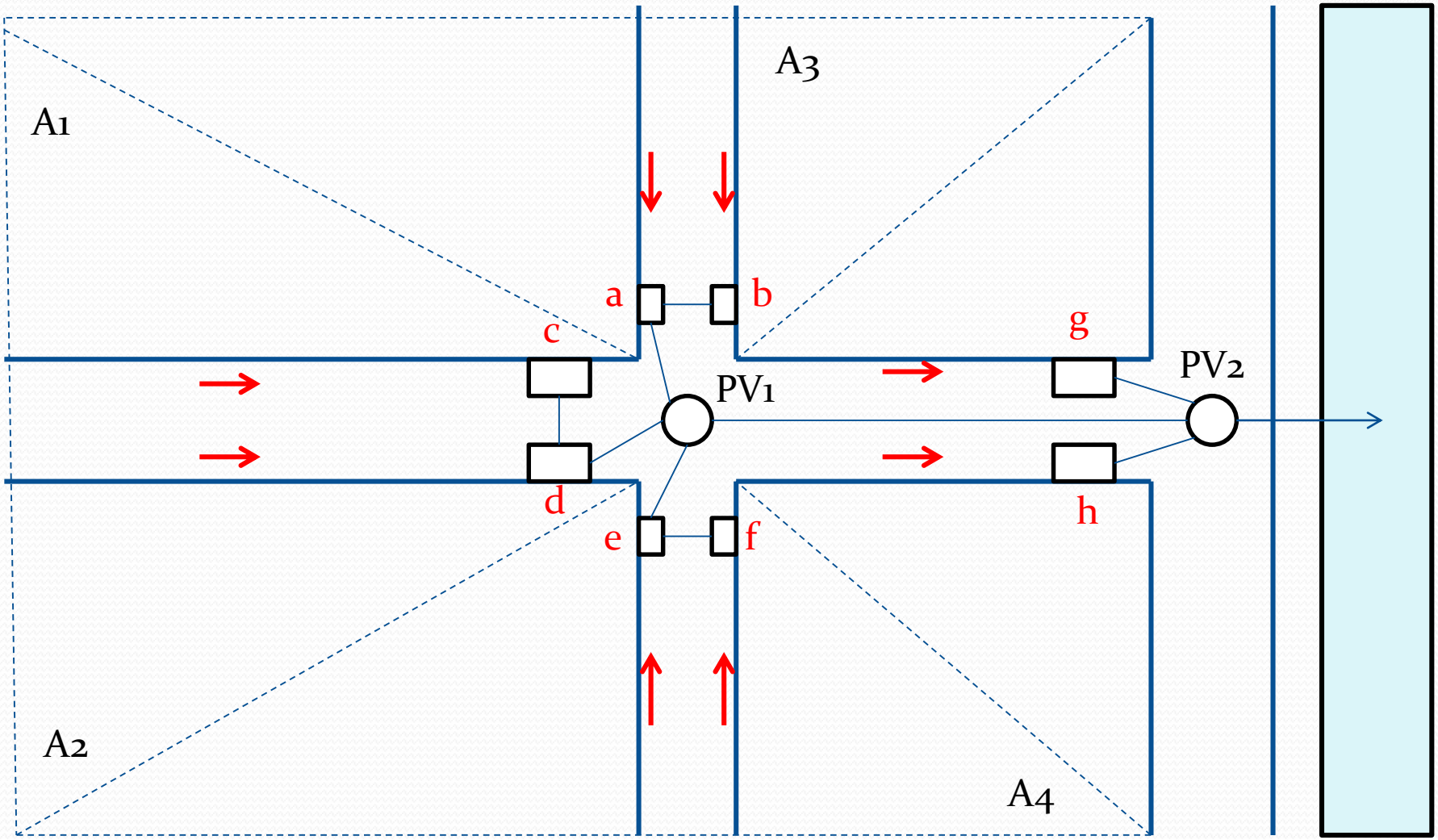
✓ **Eficiência de uma Boca-de-Lobo**

✓ A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a fatores como a obstrução causada por detritos e irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas (DAEE/CETESB, 1980).

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

GALERIAS

DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS



MICRODRENAGEM

DISCIPLINA: DRENAGEM URBANA

Prof. Dr. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/