

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
PHA 3337 – Água em Sistemas Urbanos

MICRODRENAGEM

Prof. Dr. Joaquin Bonnacarrere
joaquinbonne@usp.br

Aula 3

Objetivos da Aula

- Função e Importância.
- Componentes.
- Elementos e Princípios de Projeto.
- Drenagem de vias.
- Concepção e verificação.
- Exercício Prático: dimensionamento de sarjetas.



Porque drenagem urbana?

- Uso urbano do solo: **gerador de impactos sobre os recursos hídricos**
- Enchentes: **fenômenos naturais nas bacias hidrográficas**
- Gerenciamento da drenagem: **responsabilidade municipal**



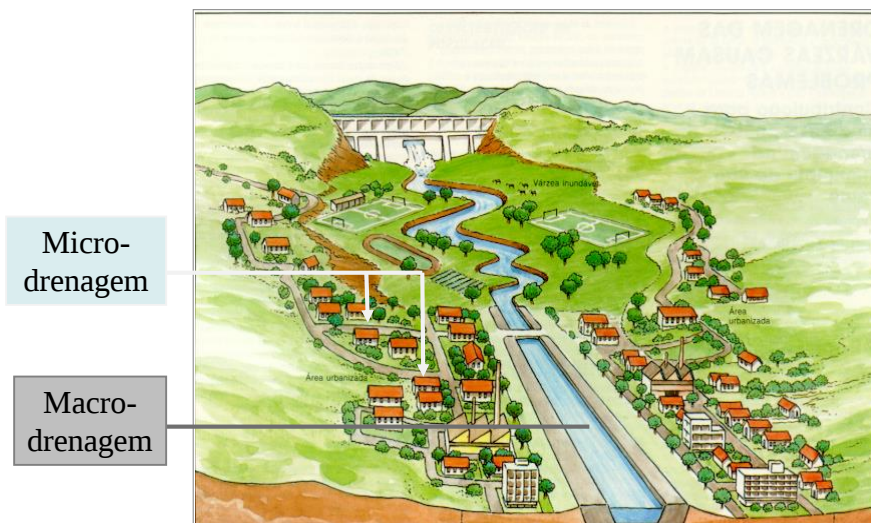
Responsabilidade municipal

- São Paulo – **Plano Municipal Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**
- Diagnóstico apontou a existência de 65 órgãos com atuação sobre o sistema de drenagem
 - Muitas ações desarticuladas e sem integração

Manejo de Águas Pluviais e Revitalização do Ambiente Urbano

Visão Tradicional	Tendência
Drenagem	Manejo sustentável de águas urbanas
Visão higienista	Visão ambiental
Afastar a água	Conviver com a água
Rio como conduto	Rio como ambiente de lazer, contemplação, desenvolvimento de ecossistemas, manancial
Solução: canalizar	Solução: reter, armazenar, retardar, infiltrar, tratar, revitalizar, renaturalizar
Gestão isolada	Gestão integrada: abastecimento, esgoto, águas pluviais, lixo, ocupação territorial, meio ambiente
Investimentos dependem do orçamento	Cobrança pelo serviço
Controle da poluição: sistema separador	Controle da poluição: sistemas unitários ou mistos, tratamento das águas de primeira chuva

Visão Geral do Sistema de Drenagem



Conceitos

- **Cheias:** aumento das vazões nos rios devido, principalmente, ao aumento do escoamento superficial (chuva excedente ou parcela da chuva que não infiltra); ocorrem no período chuvoso: (no hemisfério sul de outubro a março)
- **Inundações:** são eventos excepcionais, fazendo com que os rios extravasem, ocupando áreas maiores, os chamados leitos maiores;

MICRODRENAGEM

- **Definição:** obras de afastamento das águas pluviais do lote e das vias públicas de modo a garantir o acesso das edificações, o tráfego e a segurança dos pedestres – conceitos: alto risco, rapidez, facilidade de manutenção
- **Objetivos:** garantir o escoamento das águas a partir das edificações até os macro-drenos, para períodos de retorno compatíveis com o uso das vias públicas (tipicamente $T = 2$ a 25 anos)



MICRODRENAGEM

Funções e Importâncias

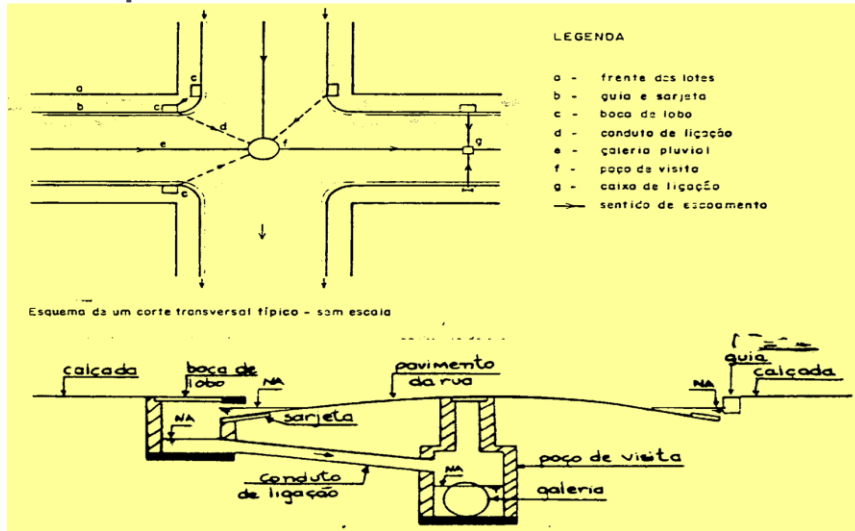
- Coletar águas de chuva no meio físico urbano
- Retirar águas de chuva dos pavimentos das vias públicas
- Impedir alagamentos
- Oferecer segurança
- Reduzir danos



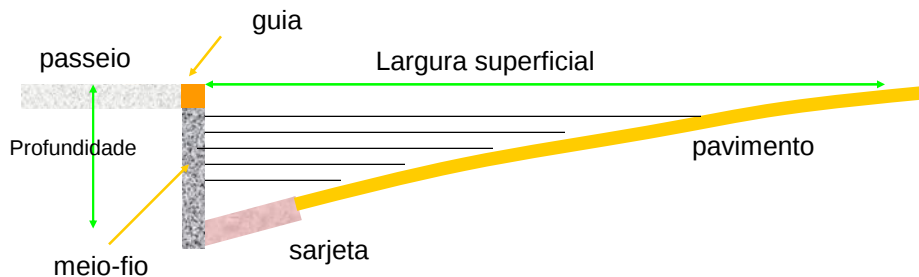
Componentes do Sistema

- Meio-fio
- Sarjetas e Sarjetões
- Bocas de Lobo, Leão e Grelhas
- Tubos de ligação
- Galerias
- Poços de Visita
- Condutos Forçados
- Estações Elevatórias

Componentes do Sistema



Componentes do Sistema



- **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

Guias/Sarjetas/BL's



Sarjetas, bocas de lobo e lixo



Site "Zelando pela cidade" (PMSP)



Sarjetas e bocas de Lobo



Sarjeta e bocas de Lobo



Boca de Lobo e grelha



Boca de Lobo e grelha



Sarjeta sem Meio-Fio

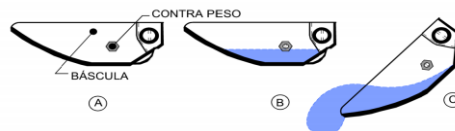
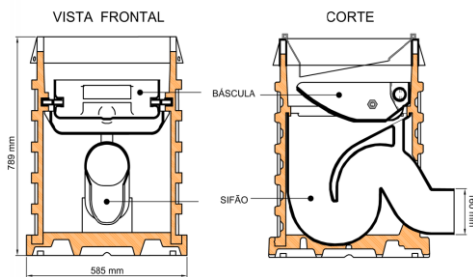


Boca de Lobo Dupla e grelha

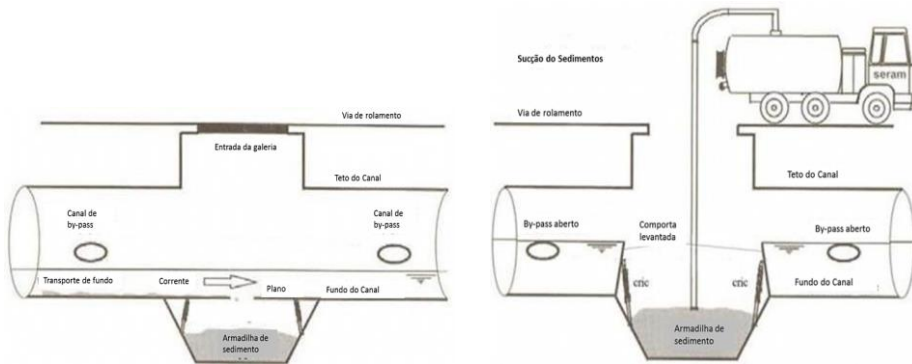




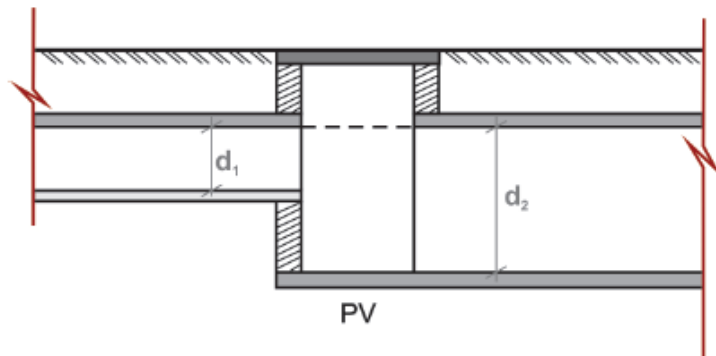
Boca de lobo auto limpante



Boca de lobo auto limpante



Galerias

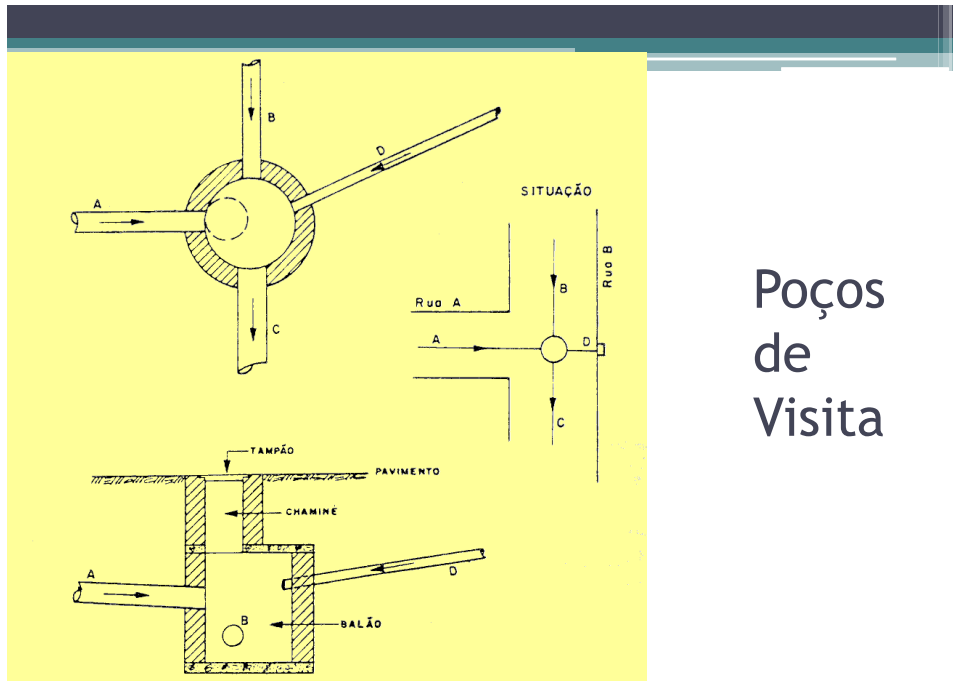


Galerias



Galerias





Poços de Visita

Requisitos para o projeto

- Planejamento viário
 - Plani-altimétrico do arruamento esc 1:2000
 - Pontos cotados (pontos baixos)
 - Edifícios principais, acessos, utilidades...
- Drenagem existente
 - Traçado das galeiras
 - Bocas de lobo e grelhas
 - PV's
 - Cotas do terreno, fundo dos pv's, diâmetro e extensão das galerias



Concepção e Arranjo dos Elementos

- Definições do esquema geral da rede de microdrenagem
 - Traçado preliminar através de critérios usuais de drenagem urbana
 - concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema
 - deve se desenvolver simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras



Concepção e Arranjo dos Elementos

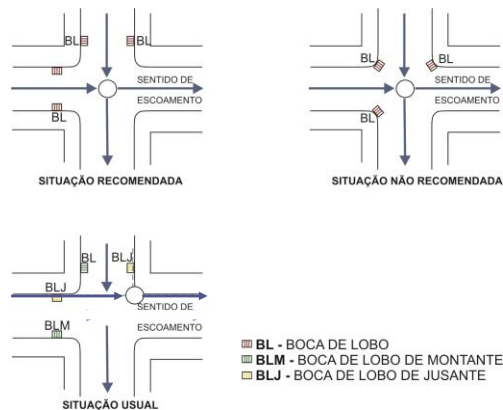
- Coletores
 - Existem duas hipóteses para a locação da rede coletora de águas pluviais:
 - sob a guia (meio-fio)
 - sob o eixo da via pública

Concepção e Arranjo dos Elementos

- Bocas de lobo
 - Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais
 - Localização em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas
 - Não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes motivos

Concepção e Arranjo dos Elementos

- Coletores e bocas de lobo



Concepção e Arranjo dos Elementos

- Poços de Visita

- Permitir o acesso as canalizações para limpeza e inspeção.
- Localização em pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas, mudanças de declividade, mudanças de diâmetro e quando existir diferenças superiores a 0,70 m de nível do tubo afluente e o efluente.

Espaçamento dos poços de visita em m (DAEE/CETESB, 1980)

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 - 0,90	80
1,00 ou mais	100

Princípios de Projeto

- **Vazão de Projeto:** Método Racional

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

C – coeficiente de deflúvio (depende do uso e estado da área drenada)

i - intensidade pluviométrica de projeto, função da duração adotada (igual ou maior do que o tempo de concentração da bacia de contribuição e do tempo de retorno (risco adotado))

A – área de contribuição da drenagem

Cuidado com as unidades!!!!

Princípios de Projeto

- **Coefficiente de Deflúvio - C**

Área comercial	
central	0.70 a 0.95
bairros	0.50 a 0.70
Área residencial	
residências isoladas	0.35 a 0.50
unidades múltiplas (separadas)	0.40 a 0.60
unidades múltiplas (conjudadas)	0.60 a 0.75
lotes com 2000 m ² ou mais	0.30 a 0.45
Área com prédios de apartamentos	0.50 a 0.70
Área industrial	
indústrias leves	0.50 a 0.80
indústrias pesadas	0.60 a 0.90
Parques, cemitérios	0.10 a 0.25
Playgrounds	0.20 a 0.35
Pátios de estradas de ferro	0.20 a 0.40
Áreas sem melhoramentos	0.10 a 0.30

Fonte: Fugita (1980)

Princípios de Projeto

- **Equação IDF**

- para $10 \text{ min} \leq t \leq 4320 \text{ min}$ (3 dias)

$$i = \frac{27,96T^{0,112}}{(t + 15)^{0,86T^{-0,0144}}}$$

$$h_{t,T} = (t - 6)^{0,242} \cdot \left\{ 12,6 - 4,49 \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T - 1} \right) \right] \right\}$$

Equações ajustadas para os dados do Posto IAG-USP por Wilken (1979) e Martines (1999)

Princípios de Projeto

- Tempo de Concentração - Duração da Chuva**

$$t_c = t_e + t_p$$

$$t_e = \left(\frac{2,187Ln}{\sqrt{I}} \right)^{0,467}$$

$$t_p = \frac{0,0913(nL)^{0,8}}{P_2^{0,5} S_0^{0,4}}$$

superfícies uniformes (concreto, asfalto, cascalho ou solo nu)	0,011
solos arados sem resíduos	0,05
solos cultivados	
cobertura residual ≤ 20%	0,06
cobertura residual > 20%	0,17
grama	
grama baixa	0,15
grama densa	0,24
grama de Bermuda	0,41
pastagem (natural)	0,13
florestas	
com pouca vegetação rasteira	0,40
com vegetação rasteira densa	0,80

Adaptado de Akan (1994)

Adaptado de NOTAS DE AULA EM SISTEMAS URBANOS DE MICRODRENAGEM
Cesar Augusto Pompêo UFSC/2001

Princípios de Projeto

- Risco e Período de Retorno**

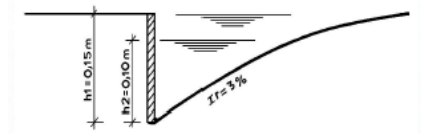
Tipo de ocupação da área	Período de Retorno [anos]
áreas residenciais	2
áreas comerciais	5
áreas com edifícios públicos	5
aeroportos	2-5
áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	5-10

Fonte: Fugita (1980)

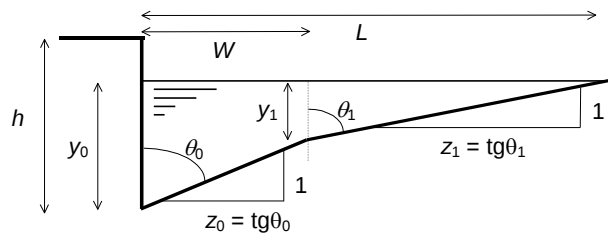
Adaptado de NOTAS DE AULA EM SISTEMAS URBANOS DE MICRODRENAGEM
Cesar Augusto Pompêo UFSC/2001

Drenagem de Vias - Sarjetas

- Controle das vazões para evitar:
 - alagamento das ruas e construções nas adjacências;
 - inundação de calçadas;
 - velocidades exageradas.
- A capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses:
 - água escoando por toda a calha da rua; ou
 - água escoando somente pelas sarjetas.



Sarjetas



W : largura da sarjeta

L : largura do escoamento

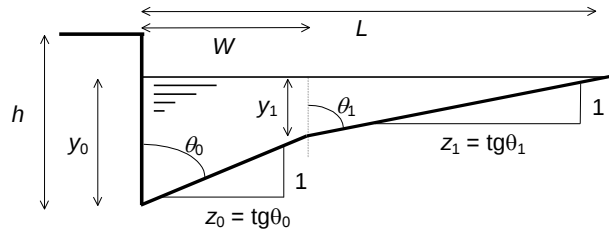
y_0 : lâmina d'água

h : altura do meio-fio

z_0 : declividade transversal da sarjeta

z_1 : declividade transversal do pavimento

Dimensões Padronizadas



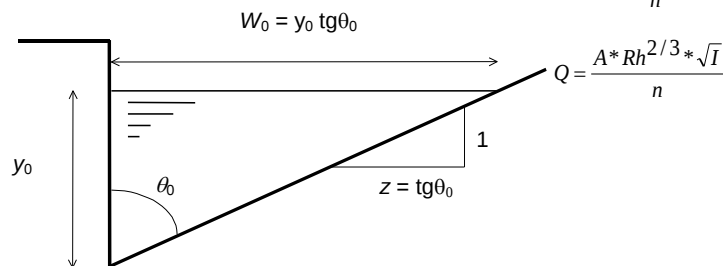
Profundidade máxima	$h = 15 \text{ cm}$
Lâmina d'água máxima maximorum	$y = 15 \text{ cm}$
Lâmina d'água máxima para evitar transbordamento	$y_0 = 13 \text{ cm}$
Largura	$W = 60 \text{ cm}$
Declividade mínima	$l = 0,004 \text{ m/m}$
Velocidade mínima do escoamento	$v_{\min} = 0,75 \text{ m/s}$
Velocidade máxima do escoamento	$v_{\max} = 3,50 \text{ m/s}$

Modelo simplificado

Sarjeta Simples: $z_0 = z_1$

fórmula de Manning, desprezando o meio-fio: $Rh = y$

$$v_0 = \frac{Rh^{2/3} \sqrt{I}}{n}$$



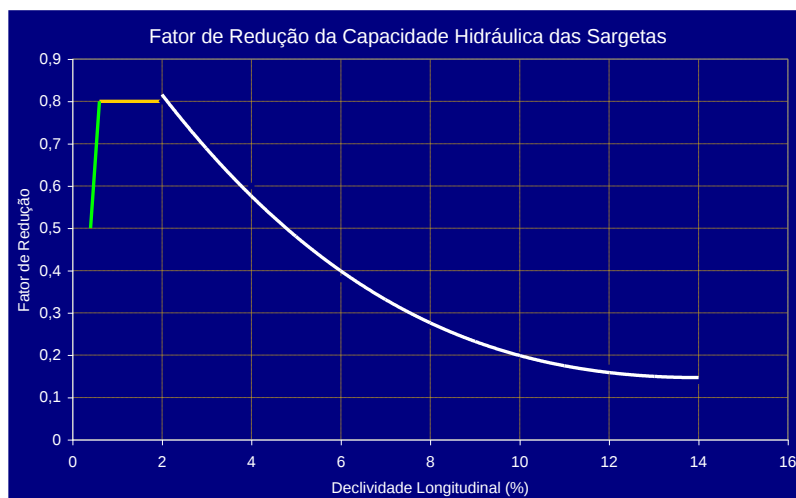
$$Q_0 = 0.375 y_0^{8/3} \left(\frac{z}{n} \right) \sqrt{I} \quad \text{ou} \quad V_0 = 0.958 \left(\frac{\sqrt{I}}{n} \right)^{3/4} \left(\frac{Q_0}{z} \right)^{1/4}$$

Unidades: Q_0 [m³/s] V_0 [m/s] l [m/m] y_0 [m]

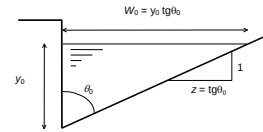
Redução da capacidade

- reduz o valor da capacidade de descarga Q_o
 $\Rightarrow Q_{\text{projeto}} = FR \cdot Q_o$
- baixa declividade: obstrução por sedimentação
 $\Rightarrow I < 0,4 \% : FR = 0,5$
- alta declividade: velocidades elevadas (riscos aos pedestres)
 $\Rightarrow 0,6 \% < I < 2,0 \% : FR = 0,8$
- outras declividades:
 $\Rightarrow FR$ dependerá do tipo de via e da relação com outras vias

Fator de Redução



Exercício



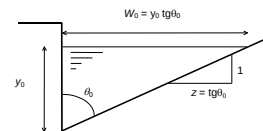
Pretende-se projetar uma sarjeta situada em uma área com as seguintes características:

- $A = 2,0$ ha
- $i = 57,7 \cdot T^{0,172} / (t+22)^{1,025}$ (Wilken para SP) c/ "i" em mm/min e "t" em min
- $C = 0,40$, $Tr = 2$ anos e $t_c = 30$ min.

Considerar a sarjeta com as seguintes características iniciais:

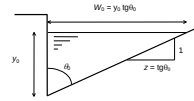
- $l = 0,01$ m/m, $z = 16$ e $n = 0,016$.

Exercício



- Determinar a vazão máxima teórica na extremidade de jusante da sarjeta
- Verificar a lâmina teórica de água junto a guia.
- Verificar a velocidade de escoamento.
- Calcular a capacidade máxima admissível da sarjeta.

Exercício



Pretende-se projetar uma sarjeta situada em uma área com as seguintes

características

A = 2 ha Tr = 2anos

C = 0,4

t = 30 min

equação IDF de São Paulo (Prof.

Wilken)

$$i = \frac{57,7 \cdot T^{0,172}}{(t + 22)^{1,025}} \quad \begin{matrix} I = \text{mm/min} & i = 1,13 \text{mm/min} \\ t = \text{min} \end{matrix}$$

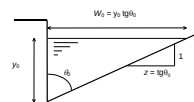
Considerar a sarjeta com as seguintes características iniciais:

I = 0,01m/m

z = 16

n = 0,016

Exercício



a. Determinar a vazão máxima teórica na extremidade de jusante da sarjeta

$$Q = 0,1667 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Q = m³/s

i = mm/min

A = ha

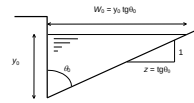
$$Q = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Verificar a lâmina teórica de água junto a guia.

$$Q_0 = 0,375 \cdot I^{0,5} \cdot \frac{z}{z_0} y_0^{3/8} \quad y_0 = \left(\frac{Q}{0,375 \cdot I^{0,5} \cdot \frac{z}{z_0}} \right)^{3/8}$$

$$y_0 = 0,13 \text{ m} \text{ está no limite (13cm)}$$

Exercício



c. Verificar a velocidade de escoamento.

$$v = Q/A$$

$$A = (y_0 \cdot W_0)/2$$

$$W = z \cdot y_0$$

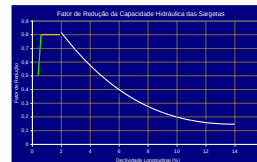
$$v = 1,18 \text{ m/s}$$

d. Calcular a capacidade máxima admissível da sarjeta.

$$Q_{adm} = F \cdot Q_0$$

$$P/I = 1\%, F = 0,80$$

$$Q_{adm} = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$



Quiz

1/3

1. Algumas vezes, se utilizam bocas de lobo dupla para:

- a) Facilitar a manutenção.
- b) Para ter uma capacidade compatível com a contribuição de vazão um trecho da rua.
- c) Para evitar entupimentos por folhas e outros detritos.

Quiz

2/3

2. Um período de retorno recomendado para a escolha da chuva de projeto de microdrenagem situa-se entre:

- ☒ a) 2 e 25 anos.
- b) 50 e 100 anos.
- c) 500 e 1000 anos.

Quiz

3/3

3. São partes constituintes de um sistema de microdrenagem:

- I. Sarjetões.
- II. Janelas de inspeção.
- III. Bocas de leão.

- a) V V F b) F V F ☒ c) V F V