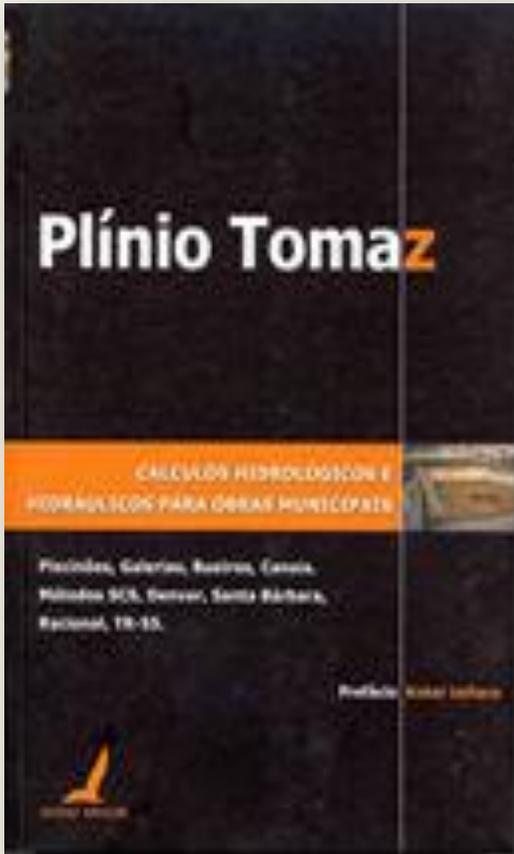


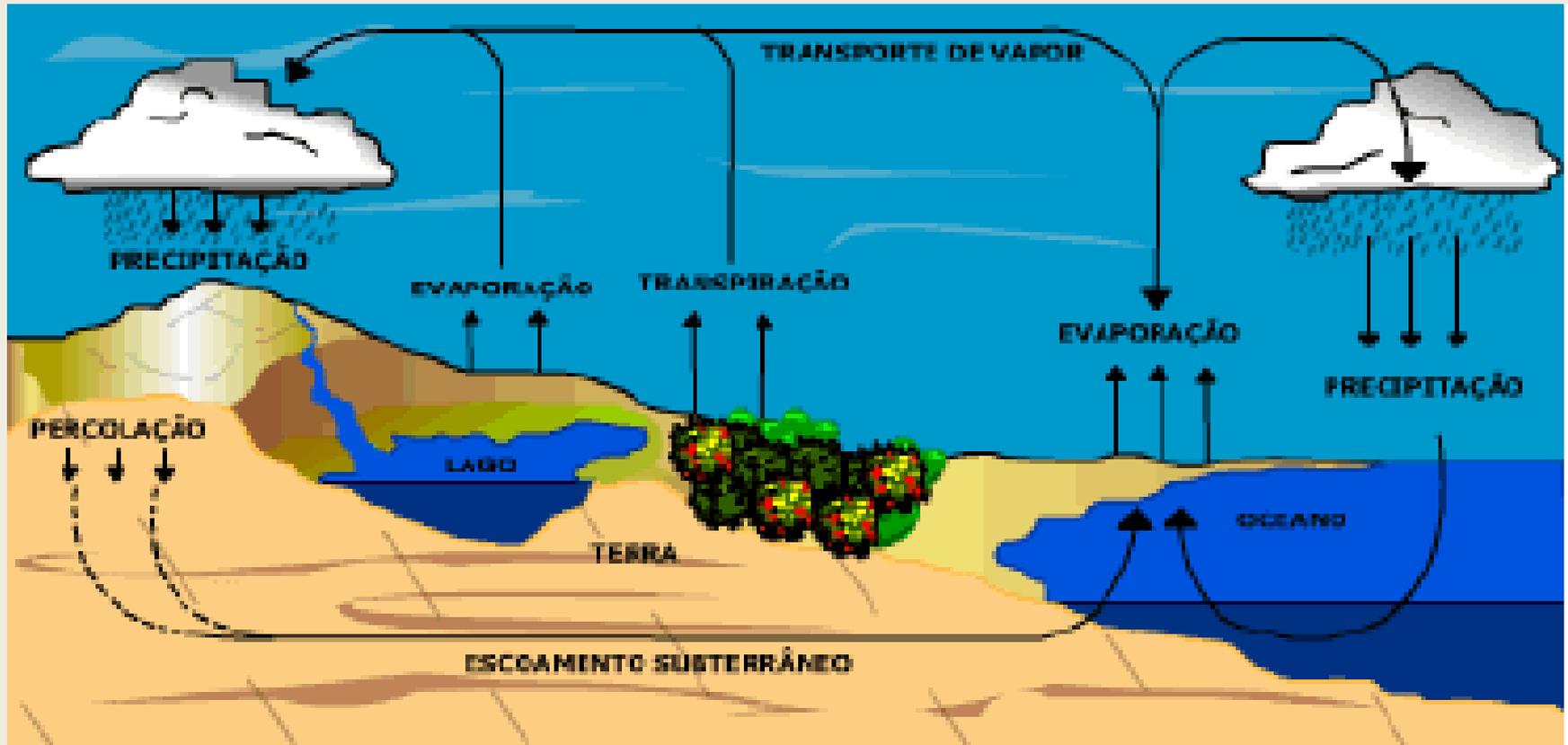
Manejo de águas pluviais (quantidade)



- **Hidrologia:** fornece as vazões
- **Hidráulica:** dimensiona as tubulações, canais e reservatórios.

Ciclo hidrológico natural

Eclesiastes 1:7



Os problemas da água são dois:

prof. Dr. José Meiches EPUSP

- **Excesso** de água
- **Falta** de água

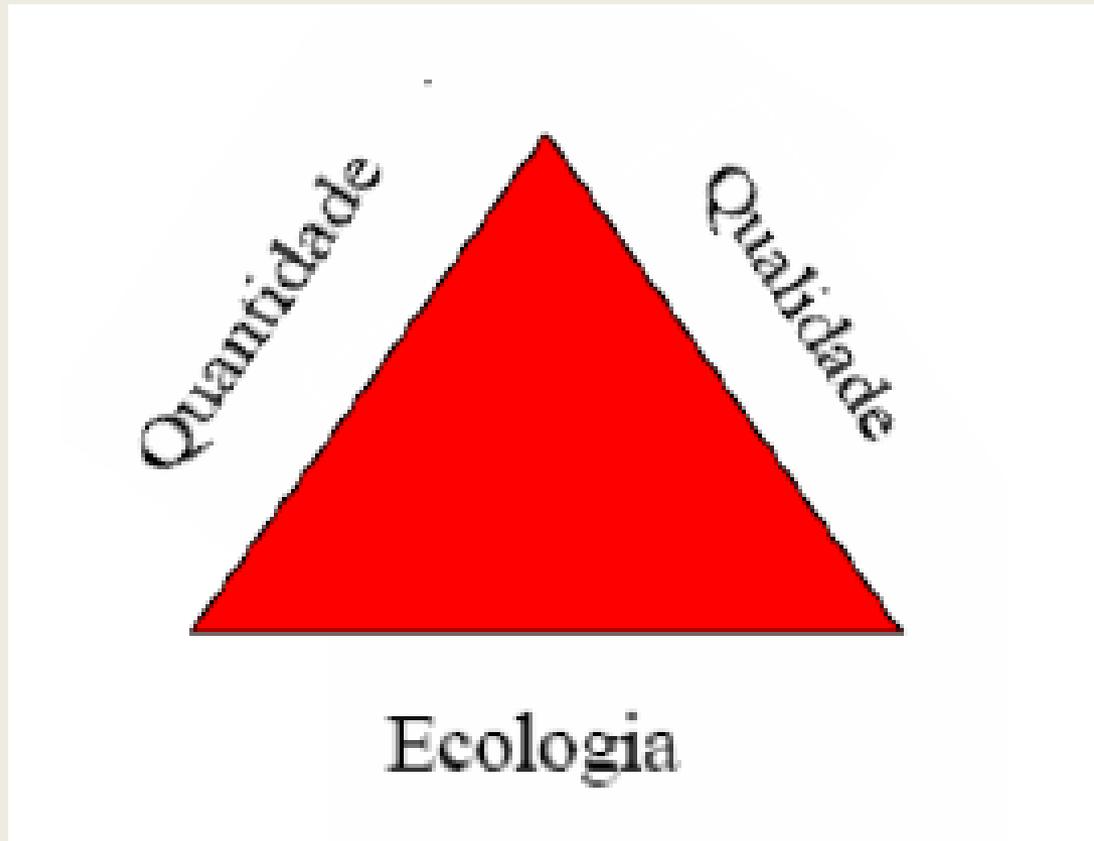
Excesso de água: enchente



Seca (drought) no reservatório do rio Jaguari Sistema Cantareira, 2014



Manejo de águas pluviais



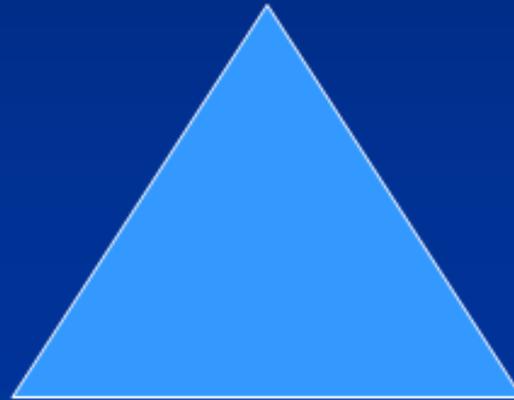
Manejo de águas pluviais

- Quantidade de água
 - **Microdrenagem (definição não existe)**
 - **Macro drenagem**
- Qualidade da água
- Ecologia (meio ambiente)

Prof. dr. Antonio Carlos Rossin

Três pontos importantes

Decisão política



**Recursos:
Financeiros
Técnicos**

**Legislação
e
Instituição**

Período de retorno

$$P=1/T$$

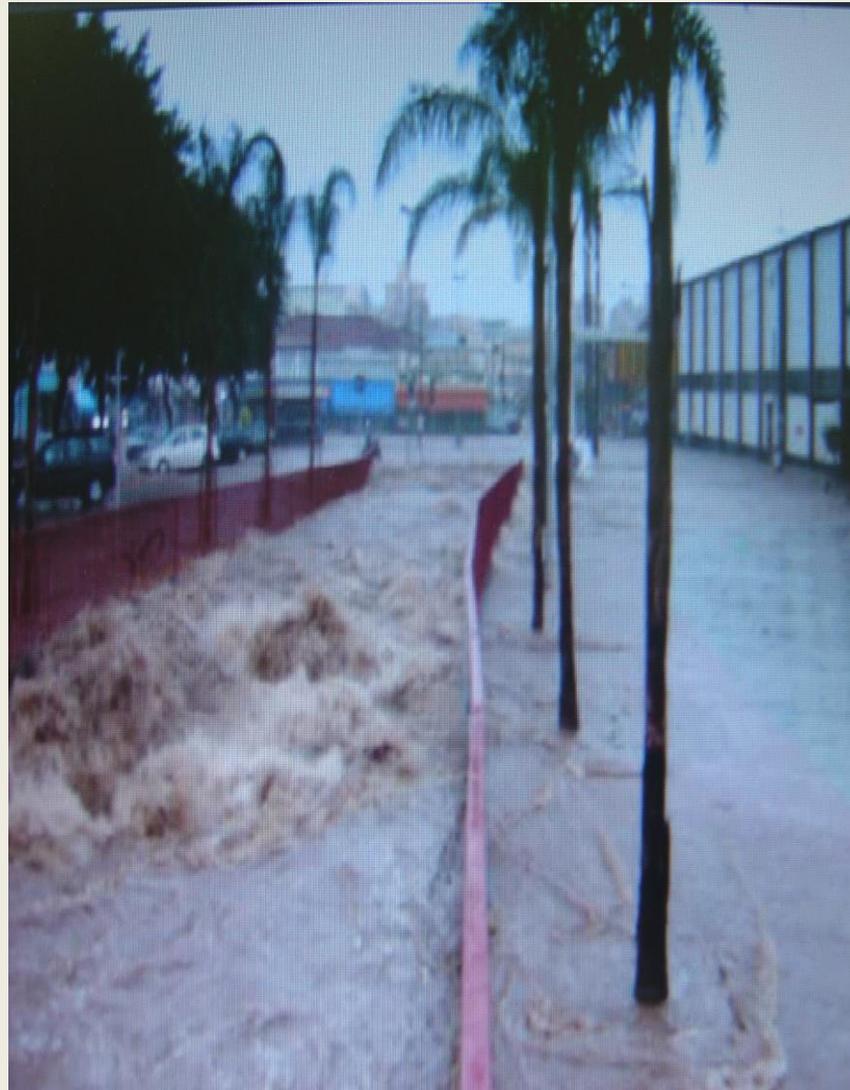
T= freqüência

P=probabilidade

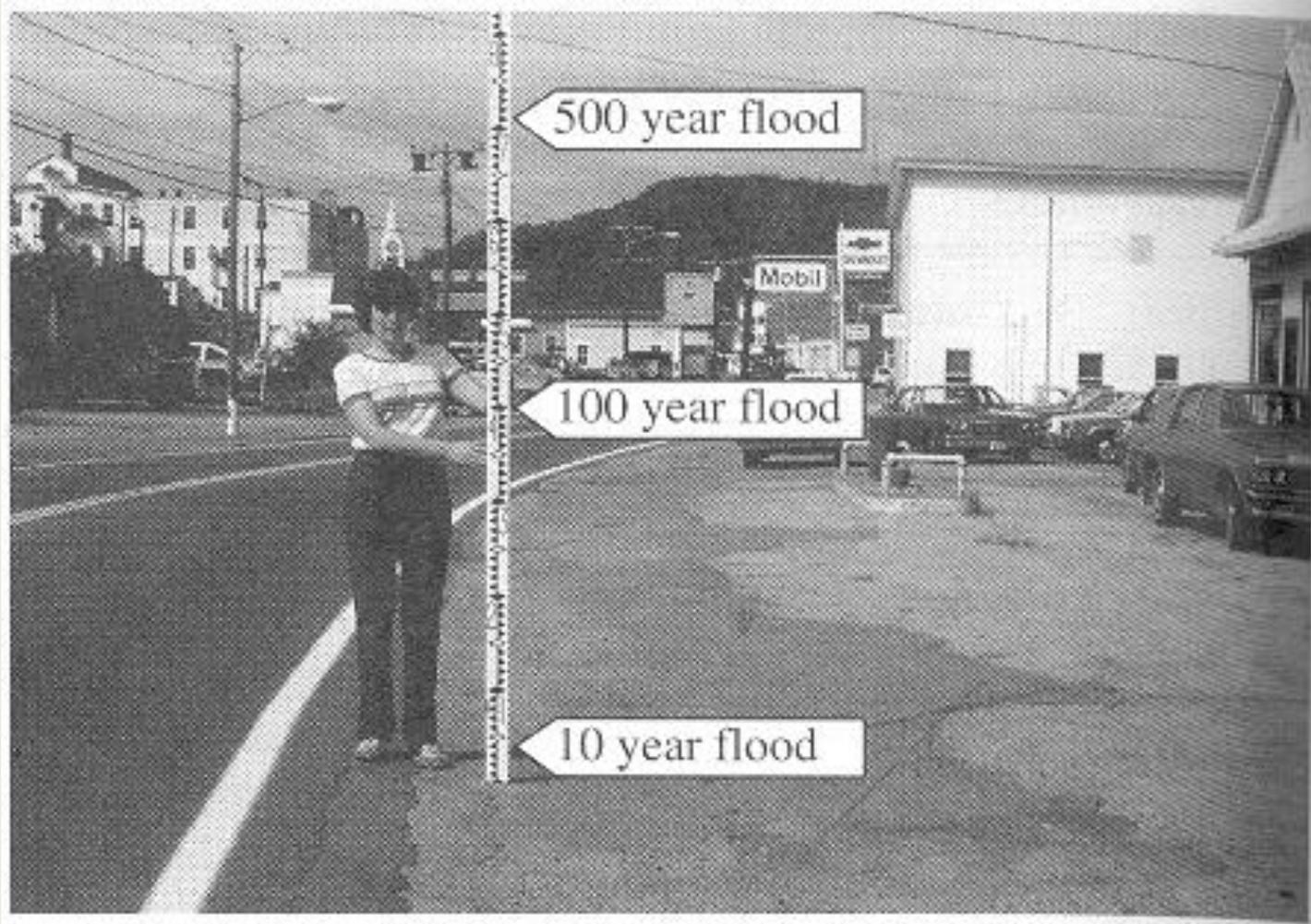
- É o período de tempo em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.
 - Galerias de águas pluviais prediais e públicas ≥ 25 anos ($P=1/25=0,04$ 4%)
 - Reservatório de detenção dentro do lote: 25anos
 - Rios e canais : $T_r=100$ anos ($P=1/100 =1\%$)
 - Bueiros: ≥ 100 anos

São Carlos 23 de outubro 2013

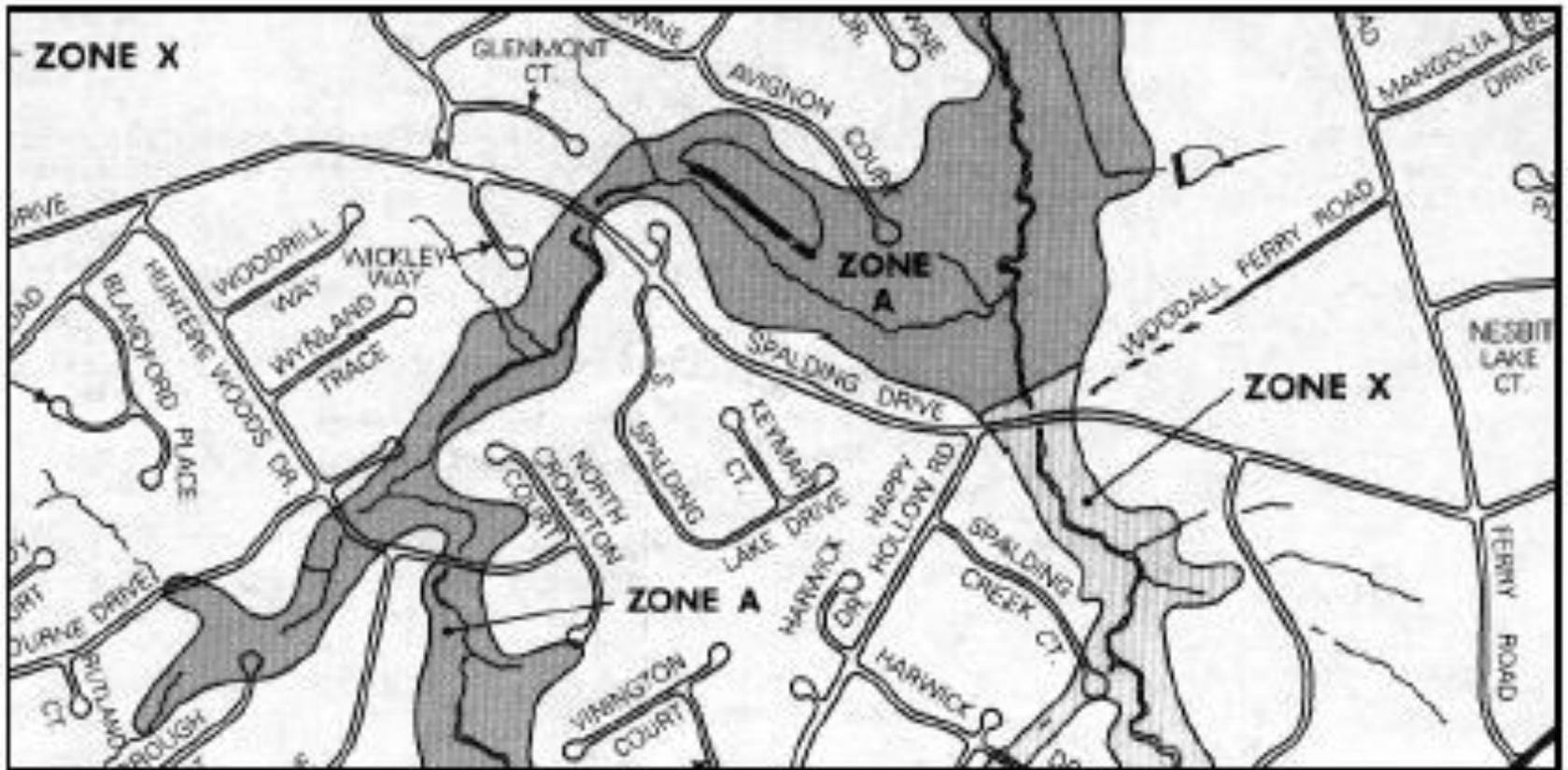
Tr= 5 anos



Níveis de enchentes

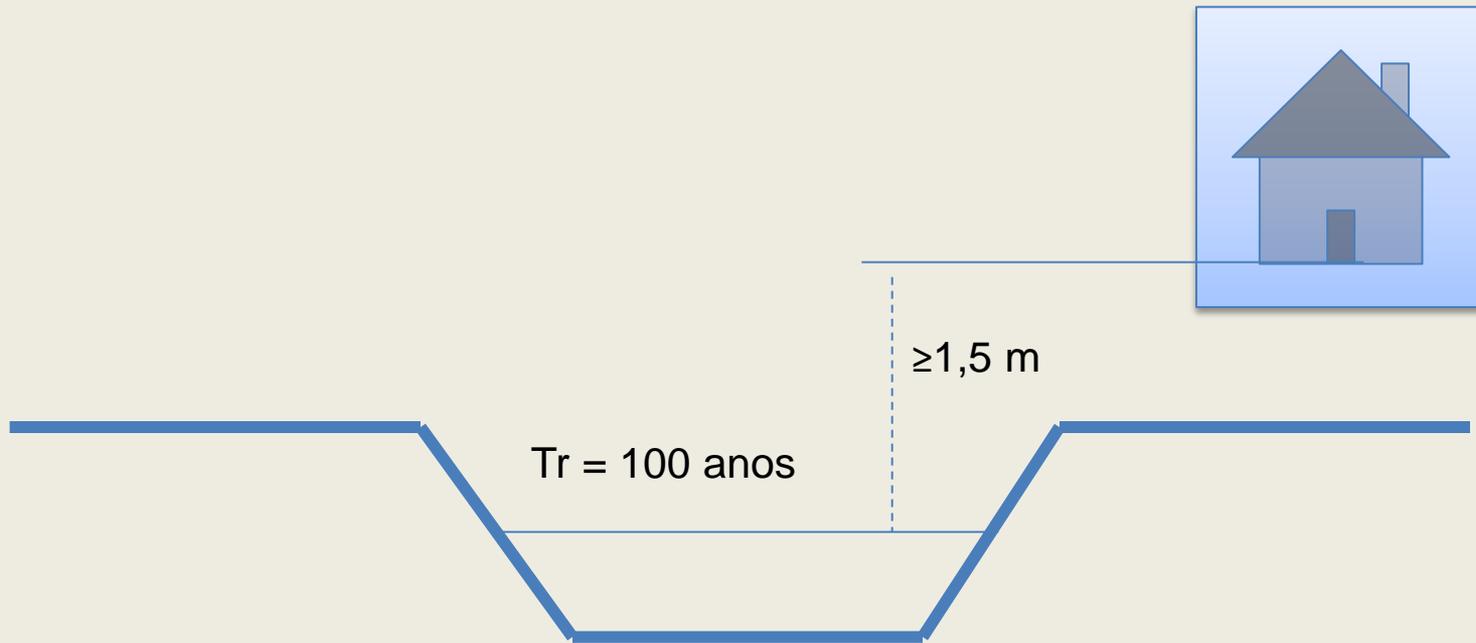


Mapa com a inundação chuva de 100anos (USA Fema-Federal Management Emergency Agency)

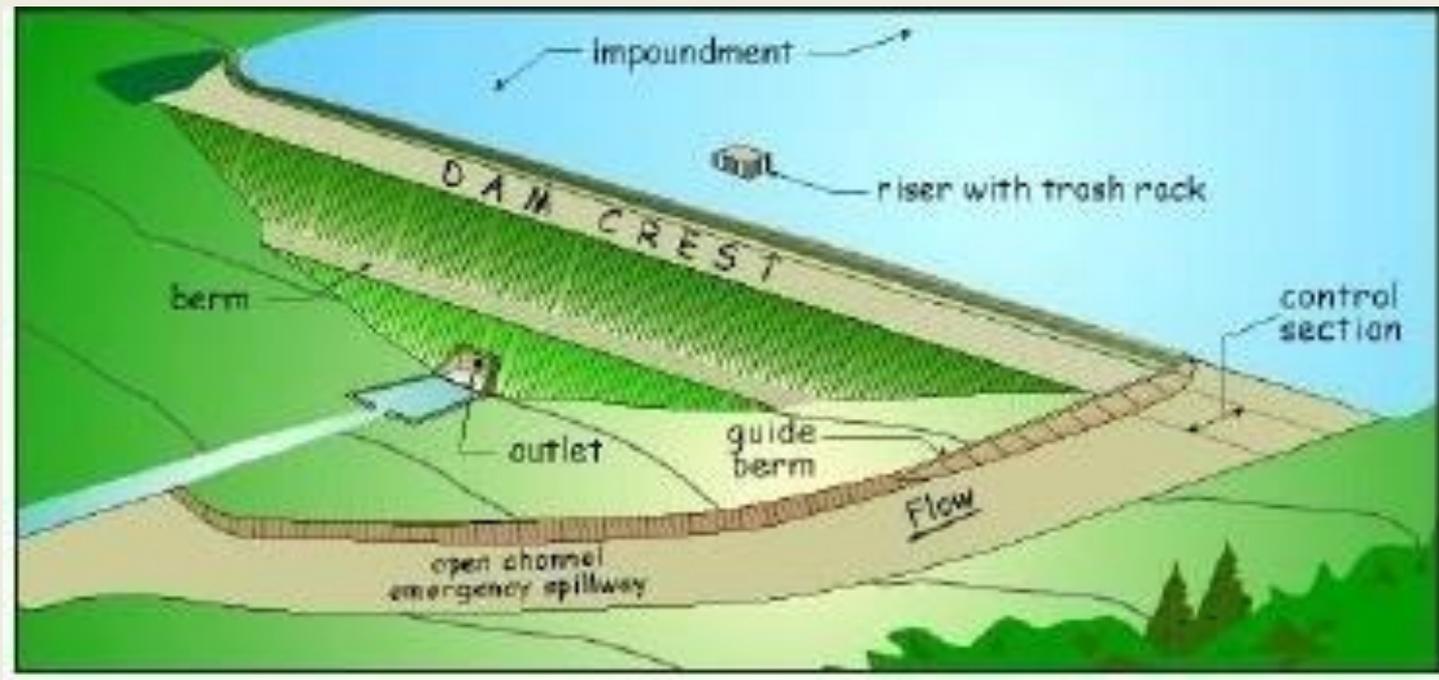


Leed: piso 1,5m acima de Tr=100anos

(não há lei e nem normas mundiais)



Período de retorno de vertedor de barragem



Barramentos

Período de retorno T_r para dimensionamento do **vertedor**

DAEE, Instrução DPO 02/2007

Maior altura do barramento H (m)	Sem risco para habitações ou pessoas a jusante	Com risco para habitações ou pessoas a jusante
$H \leq 5$	100	500
$5 < H \leq 10$	500	1.000
$H > 10$	1.000	10.000

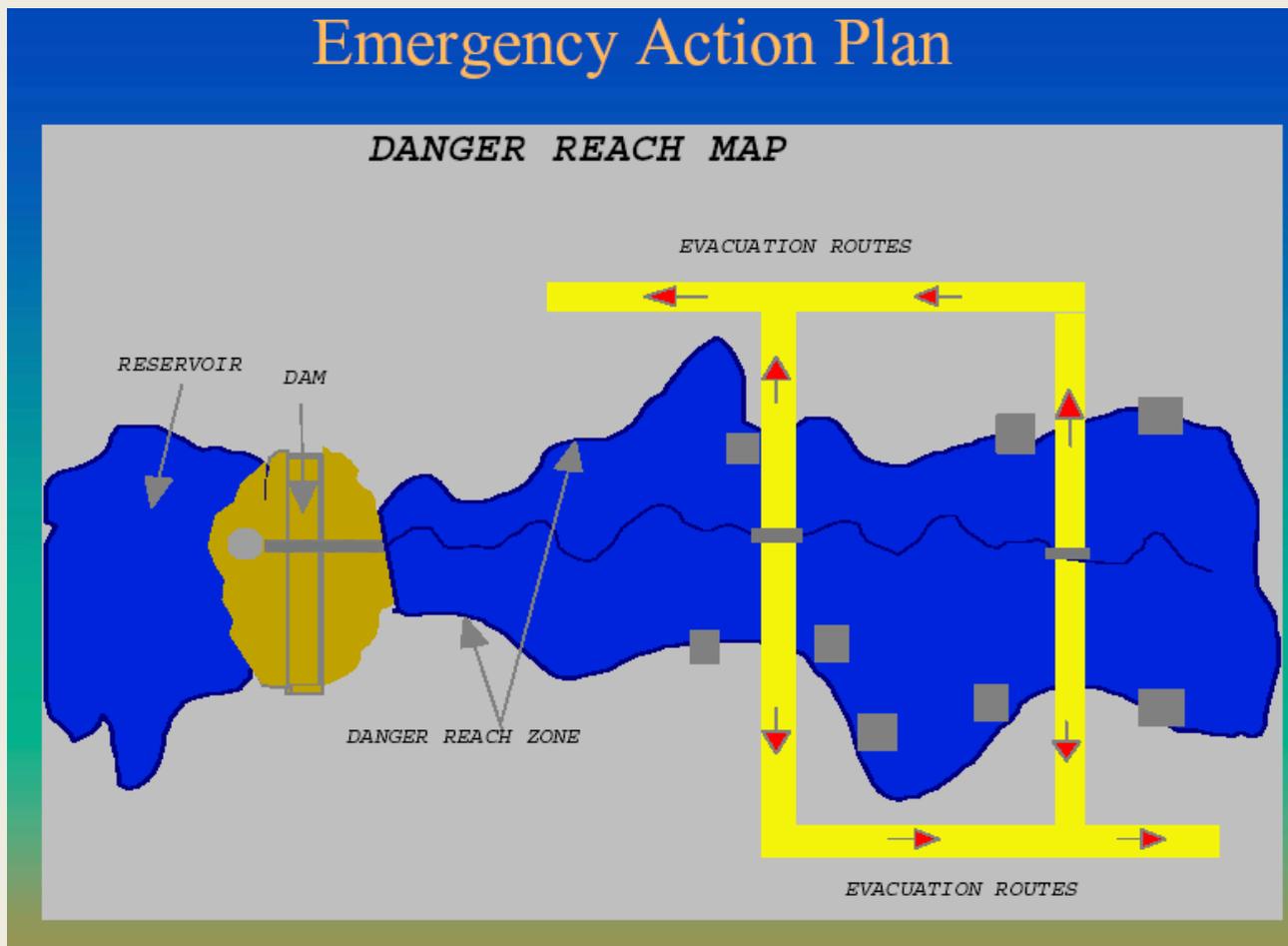
Instrução DPO 002/ 2007 DAEE

Obra hidráulica	Folga (<i>freeboard</i>) f (m)
Canalização aberta ou fechada e galerias	$f \geq 0,20 h$
Pontes	$f \geq 0,20 h$ com $f \geq 0,40m$
Barramento	$f \geq 0,10 h$ com $f \geq 0,50m$
Bueiro	Não tem recomendação

Lei Federal 12.334 de 20 de setembro de 2010

- Estabelece a política nacional de segurança de barragens.
- Barragens altura maior ou igual a 15m
- Maior ou igual a 3milhões de m³
- Contenha resíduos perigosos
- Risco médio e alto
- Nota: estudos de segurança

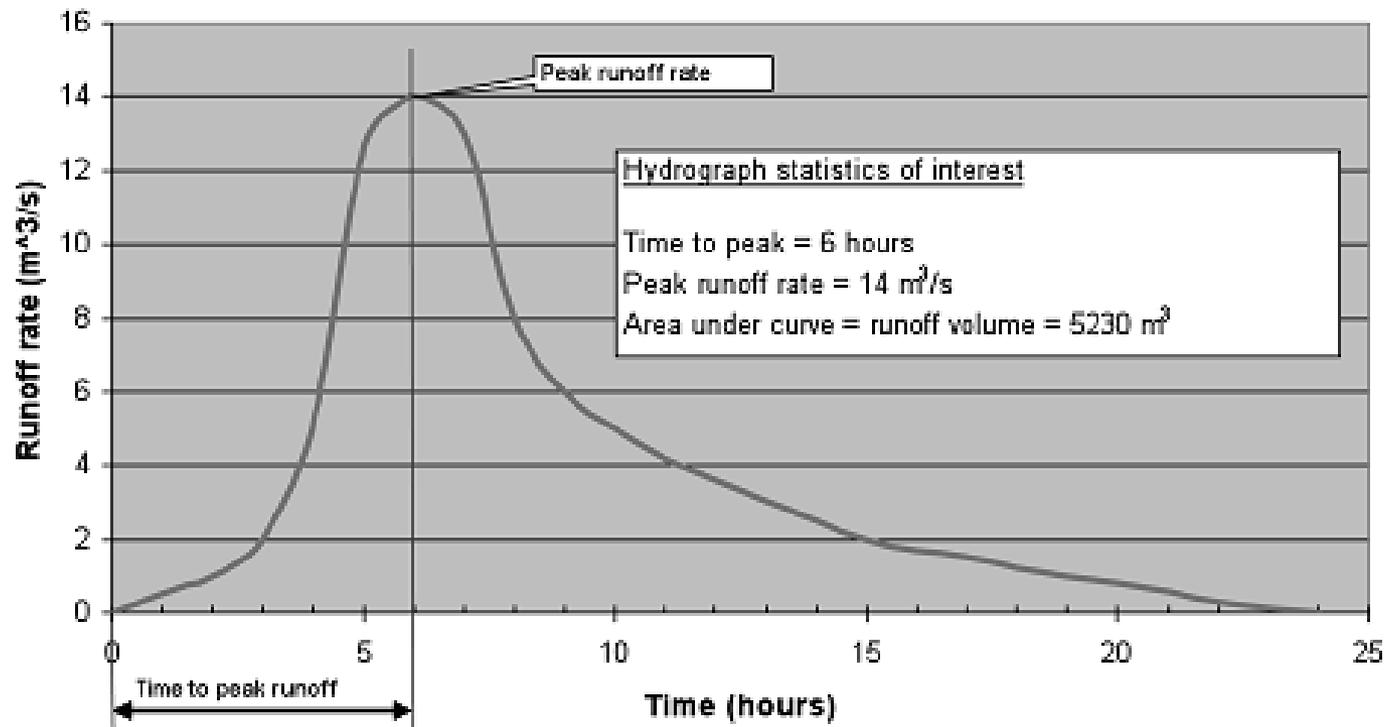
Plano de evacuação



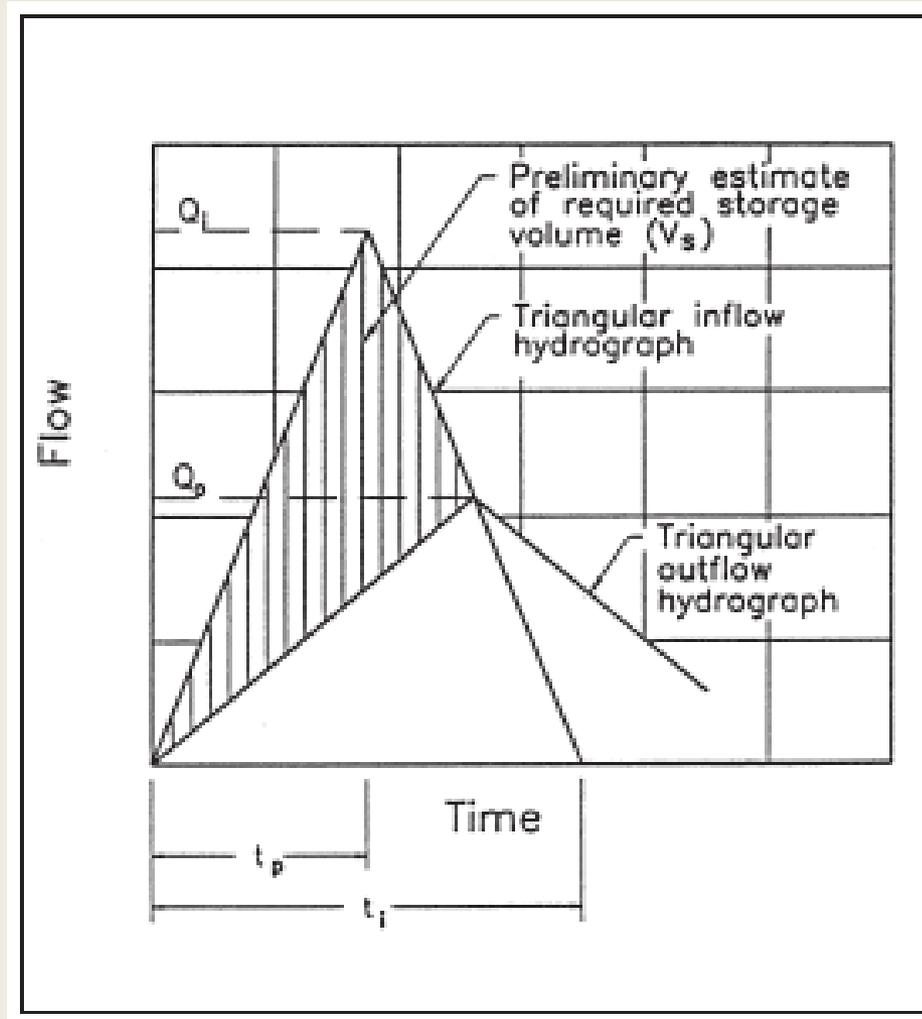
Horizonte de projeto

- Horizonte de projeto: 30anos
- Não há normas técnicas da ABNT para drenagem de águas pluviais em logradouros públicos (somente instalações de águas pluviais **prediais** possuem norma)

Hidrograma obtido



Q_{pos} , $Q_{pré}$, $t_b = 2,67 \cdot t_c$



Reservatório de detenção

(Método Racional)

- **$V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) t_b \times 60$**
- Sendo:
- V = volume de detenção (m^3)
- $Q_{\text{pós}}$ = vazão de pico no pós-desenvolvimento (m^3/s)
- $Q_{\text{pré}}$ = vazão de pico no pré-desenvolvimento (m^3/s)
- t_c = tempo de concentração no pós desenvolvimento (min)
- $t_b = 2,67 \times t_c$

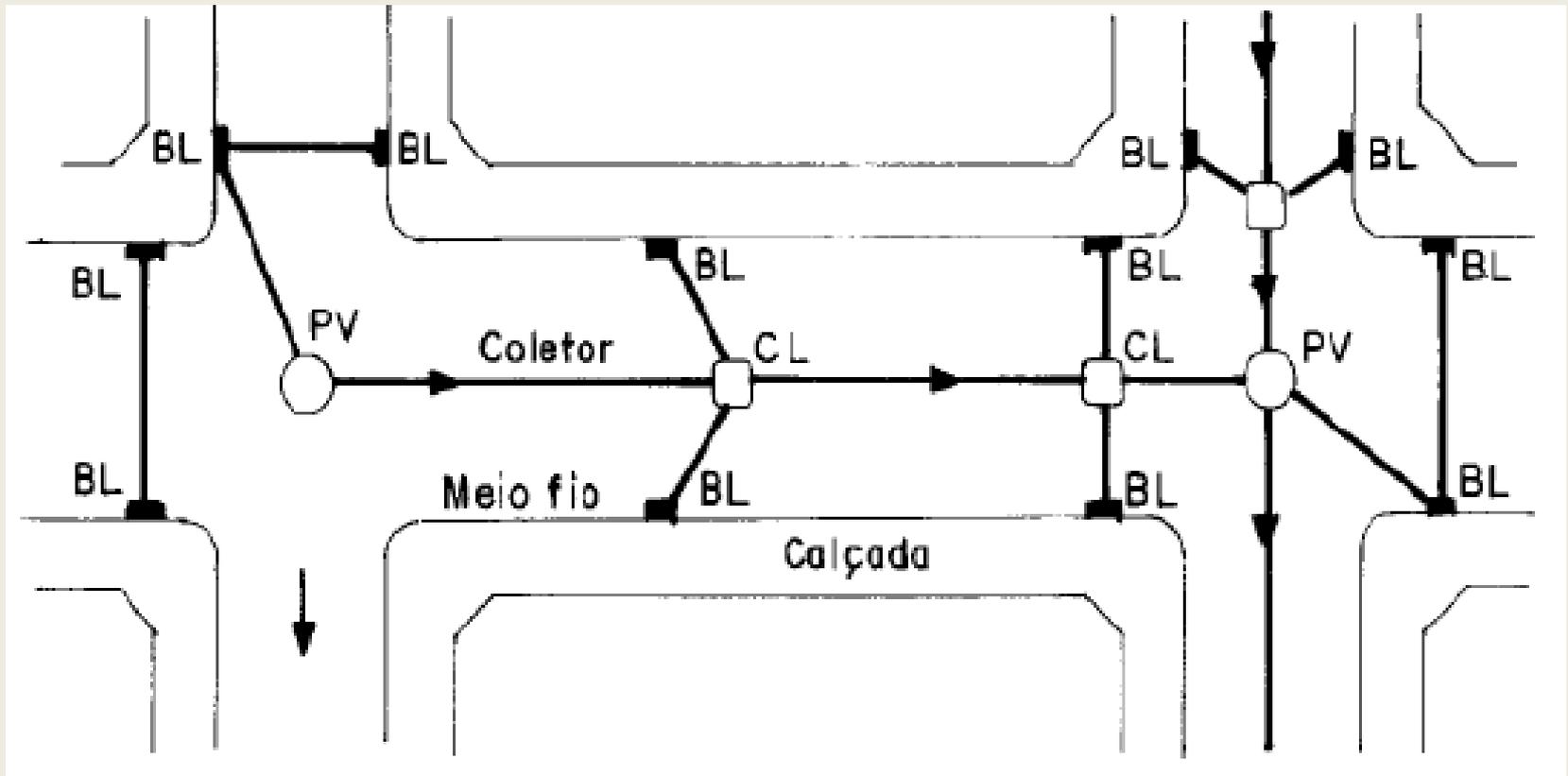
Reservatório de detenção

(exemplo) Area bacia $\leq 3\text{km}^2$

- $V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) \times t_b \times 60$
- Exemplo:
- $t_c = 15\text{min}$ $t_b = 2,67 \times t_c = 40,5\text{min}$
- $Q_{\text{pré}} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{\text{pós}} = 65 \text{ m}^3/\text{s}$
- $V = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) \times t_c \times 60$
- $V = 0,5 \times (65 - 13) \times 45 \times 60 = 63.751 \text{ m}^3$
- O orifício só deixará passar $Q_{\text{pré}} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$

Microdrenagem

Poços de visita, galerias, caixa de ligação, boca de lobo
ASCE, 1992: boas práticas- a água não chegar na rua próxima



Discussões sobre microdrenagem

- Velocidade mínima $\geq 0,75\text{m/s}$ (0,90m/s $\gamma/D=1$ FHWA)
- Velocidade máxima $\leq 5\text{m/s}$. Nota $<7\text{m/s}$ em trecho muito curto.
- Diâmetro mínimo : 0,30m ou 0,40m ou **0,60m**
- Tubos a seção plena (PMSP, Porto Alegre, FHWA); 0,80D (Plínio) ou 2/3 D (instalações prediais pluviais)
- **Não há normas da ABNT**
- Período de retorno: 10, **25** ou 50 anos ; 30 anos (Inglaterra-mudanças climáticas)
- Adotar conforme o risco do local: hospital, edifícios públicos, etc. São Paulo: $Tr=50\text{anos}$

Linha Amanco Novafort GD (velocidade máxima= 7m/s) Escavações menores Deflexão: 3 graus Até 600mm: encaixe manual



500 mm

630 mm

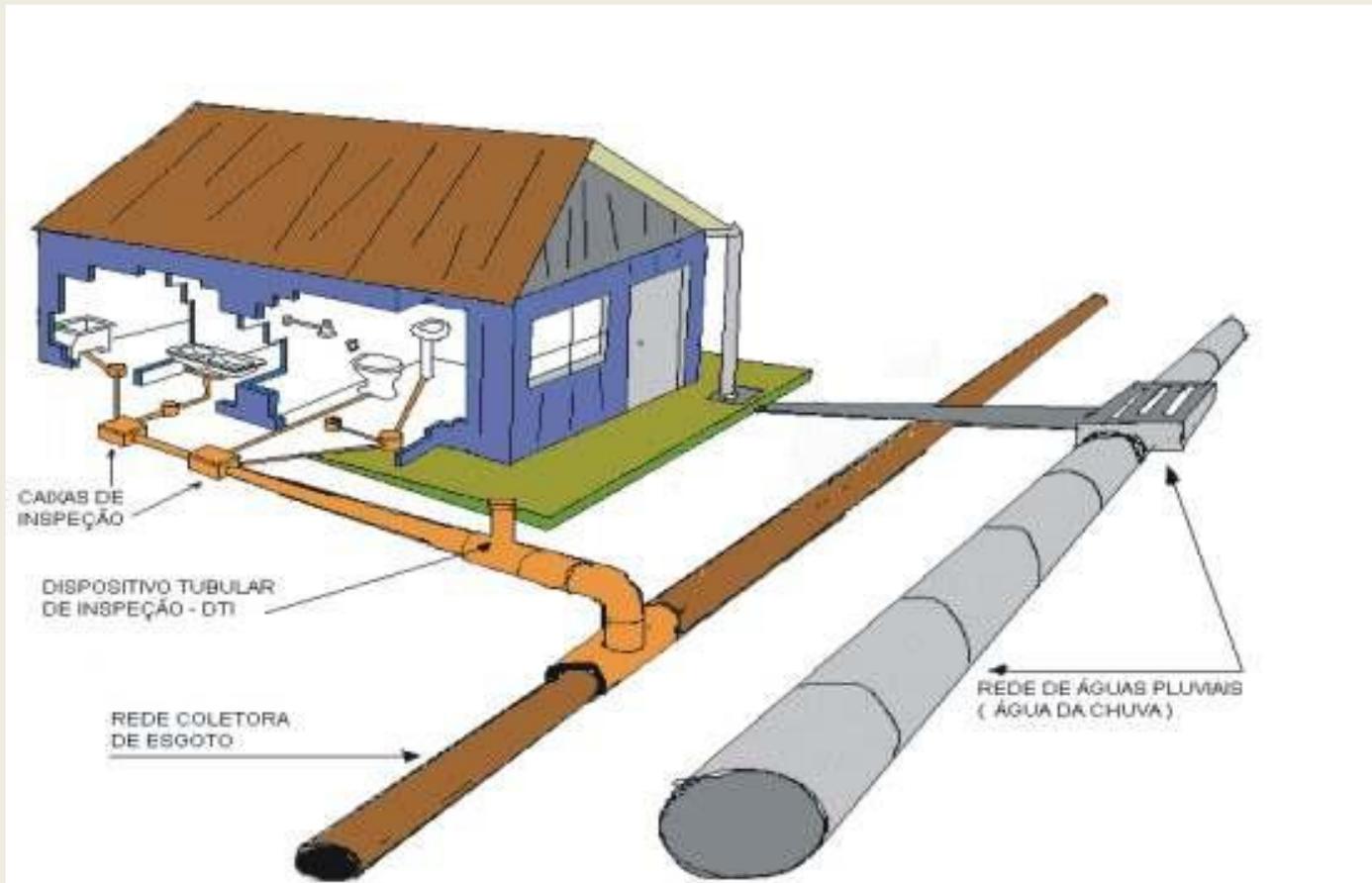
800 mm

1000 mm

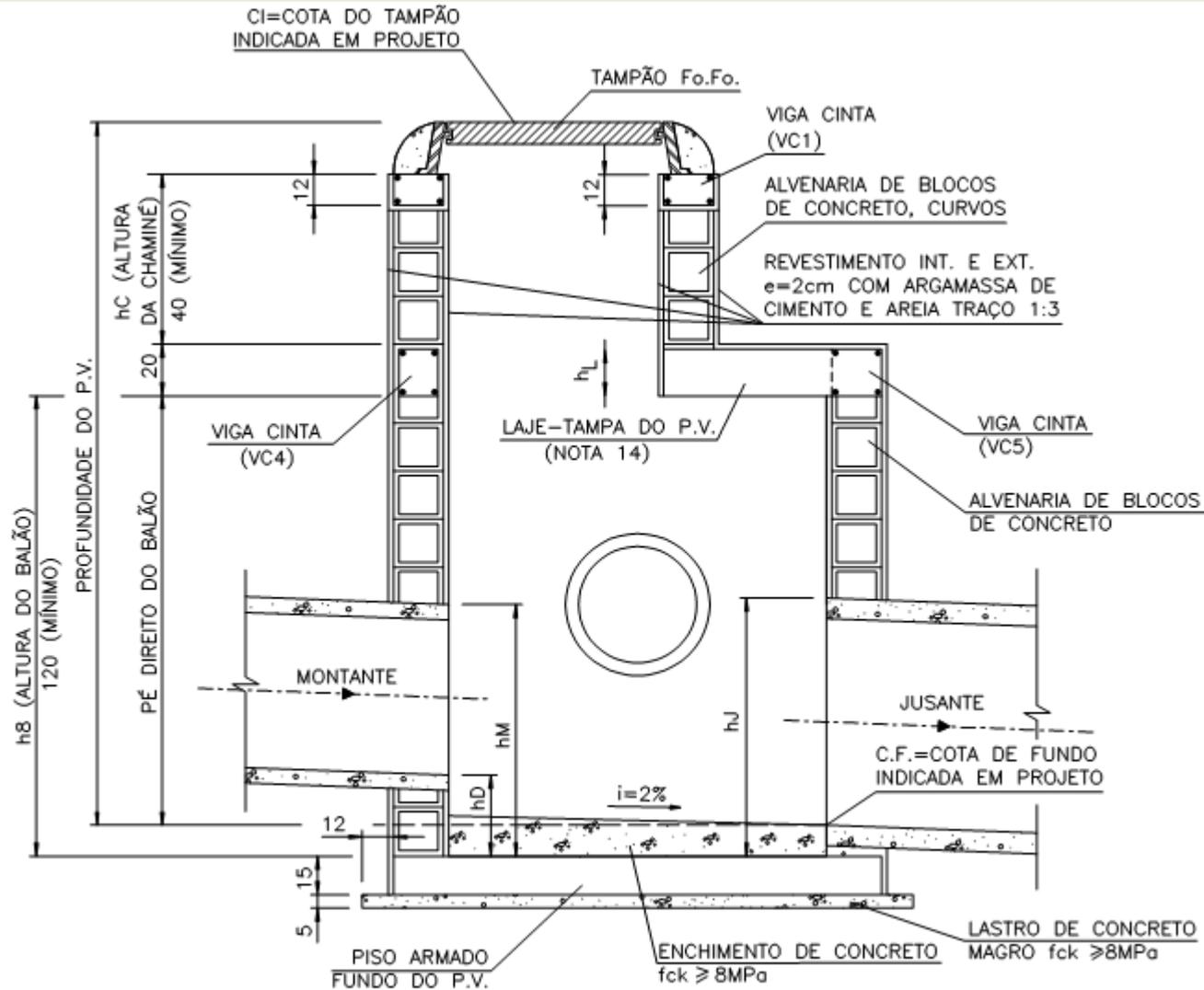


Ligações de esgoto sanitário e águas pluviais

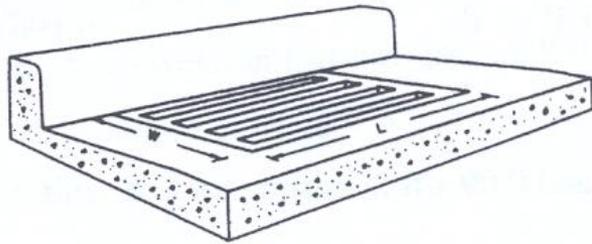
Brasil adota sistema separador absoluto, isto é, esgoto separado das águas pluviais



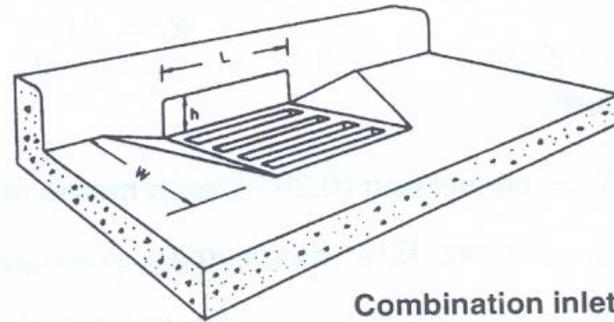
PV padrão PMSP



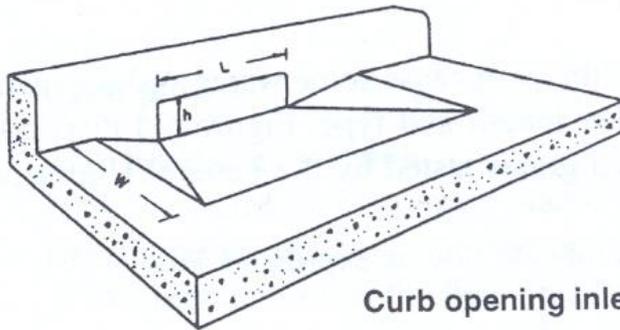
Grade; Boca de leão Boca de lobo; *slotted*



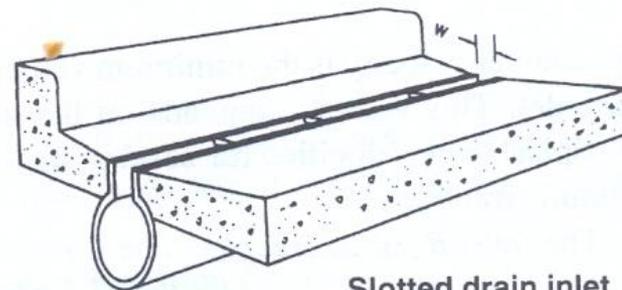
Grate inlet



Combination inlet

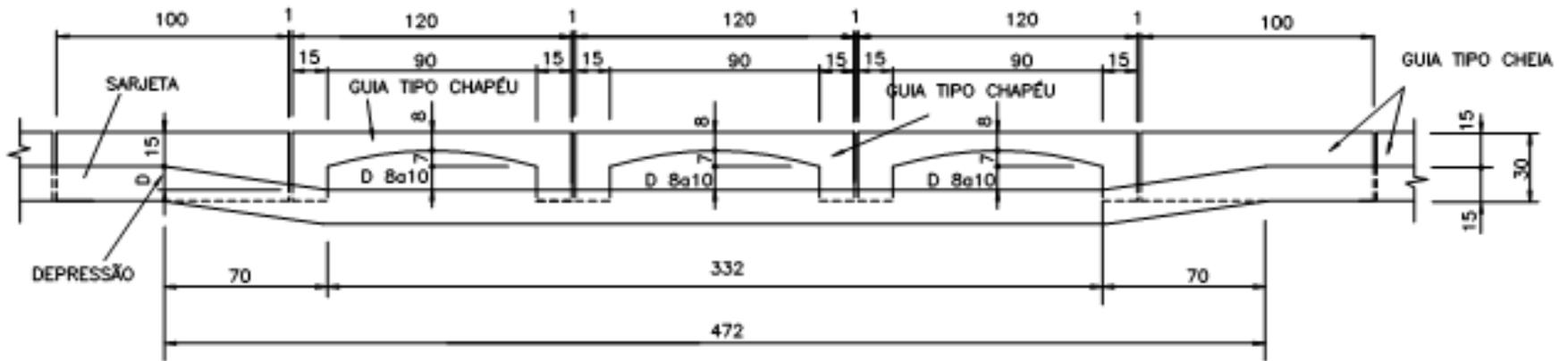


Curb opening inlet



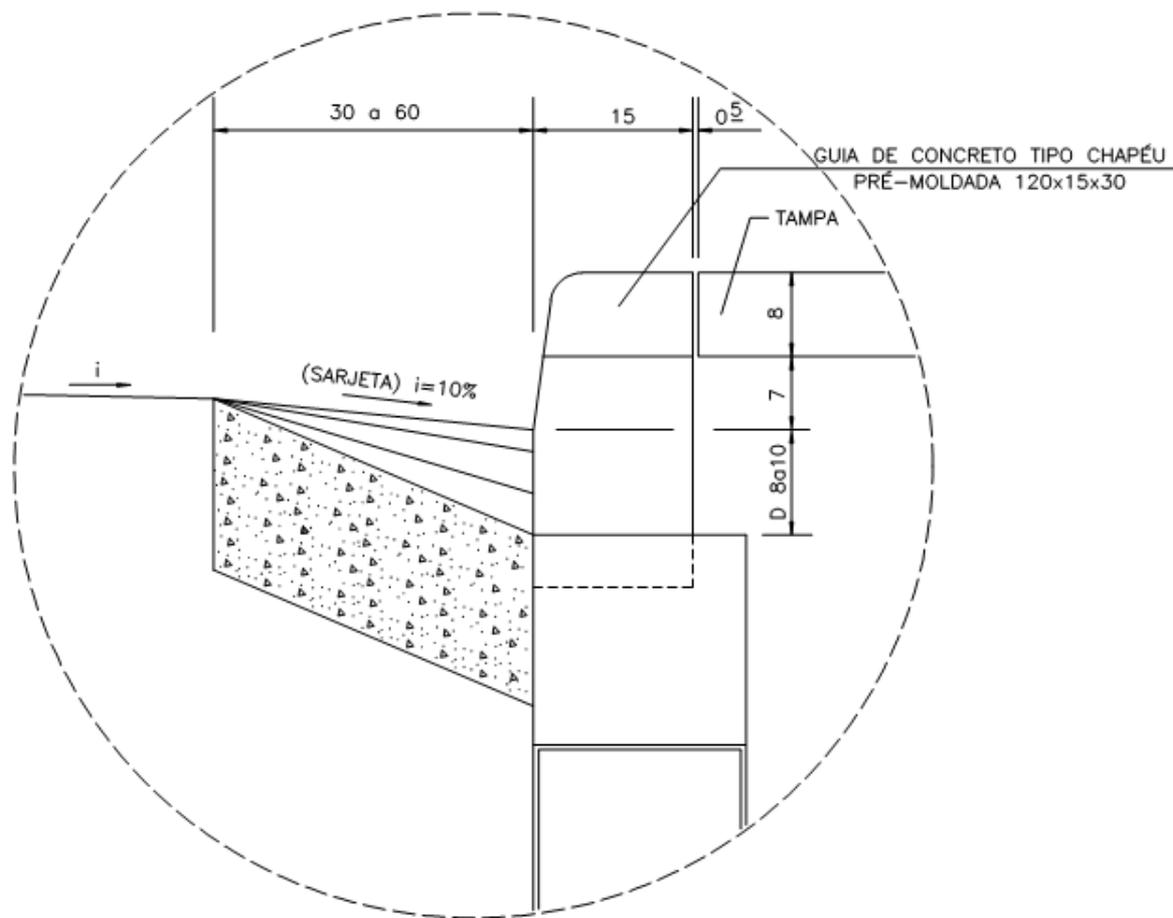
Slotted drain inlet

Boca de lobo tripla padrão PMSP



VISTA FRONTAL

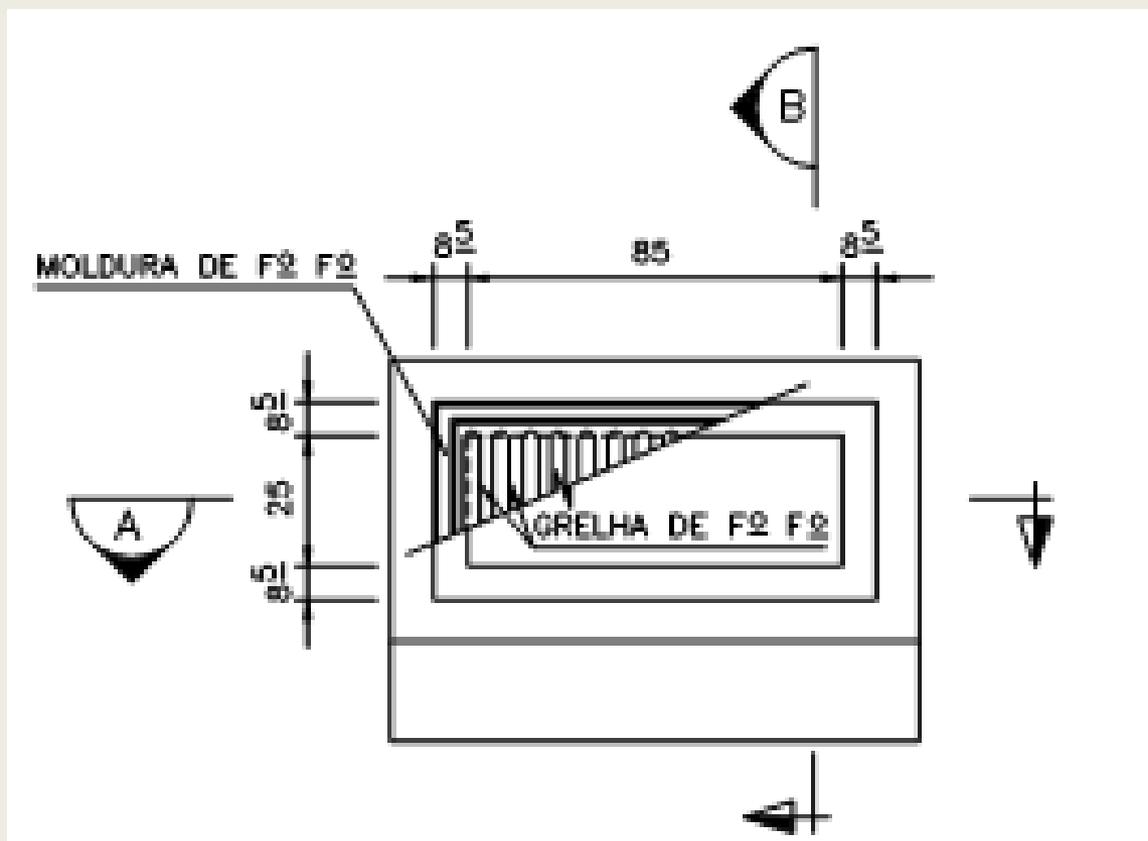
Sarjeta padrão PMSP



Boca de leão simples

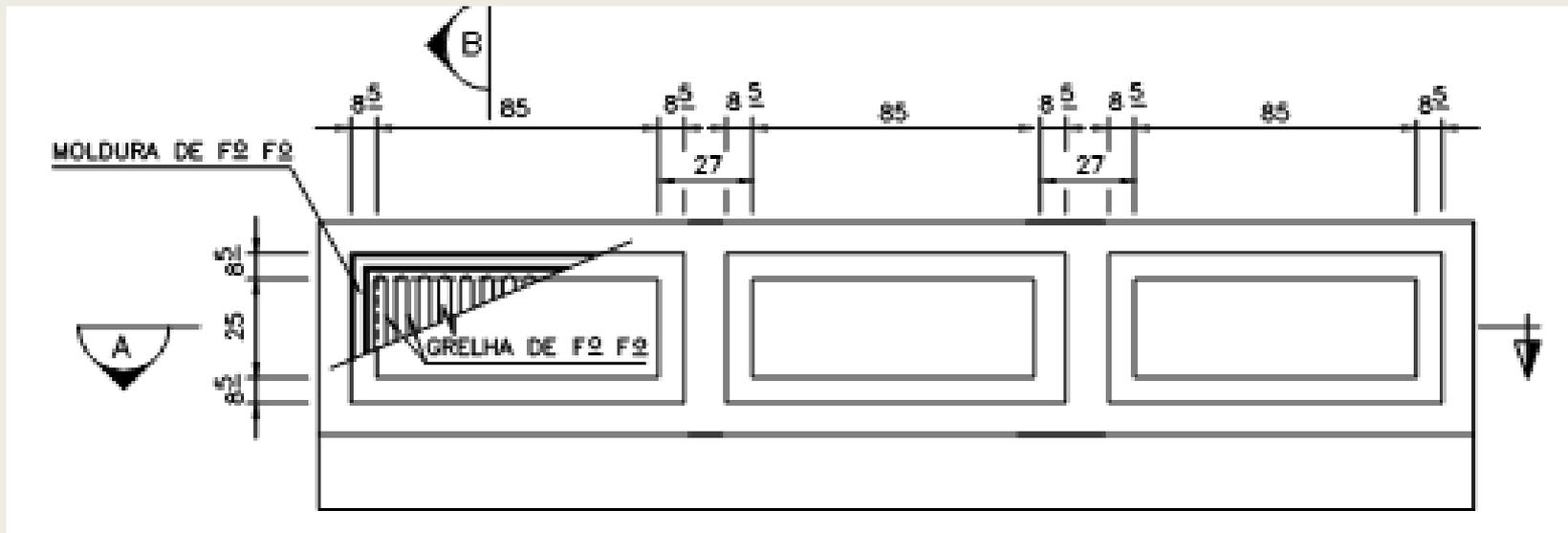
Padrão PMSP

Instalada no rebaixo de entrada de veículos



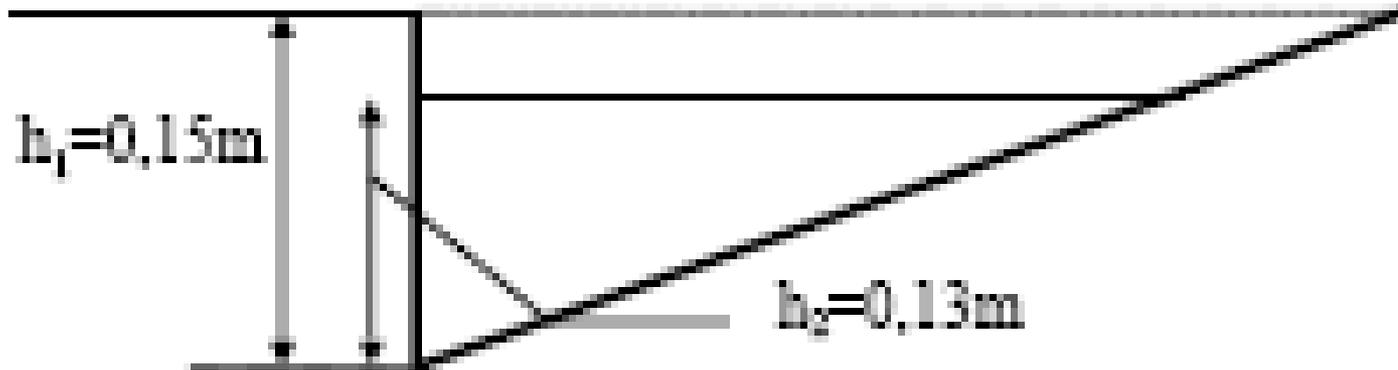
Boca de leão tripla

Padrão PMSP



Guia e Sarjeta

velocidade na sarjeta = **3,0m** (P.S.W.) 3,5m/s ou 4m/s
(entrada máxima **15cm** Cuidado !!!)



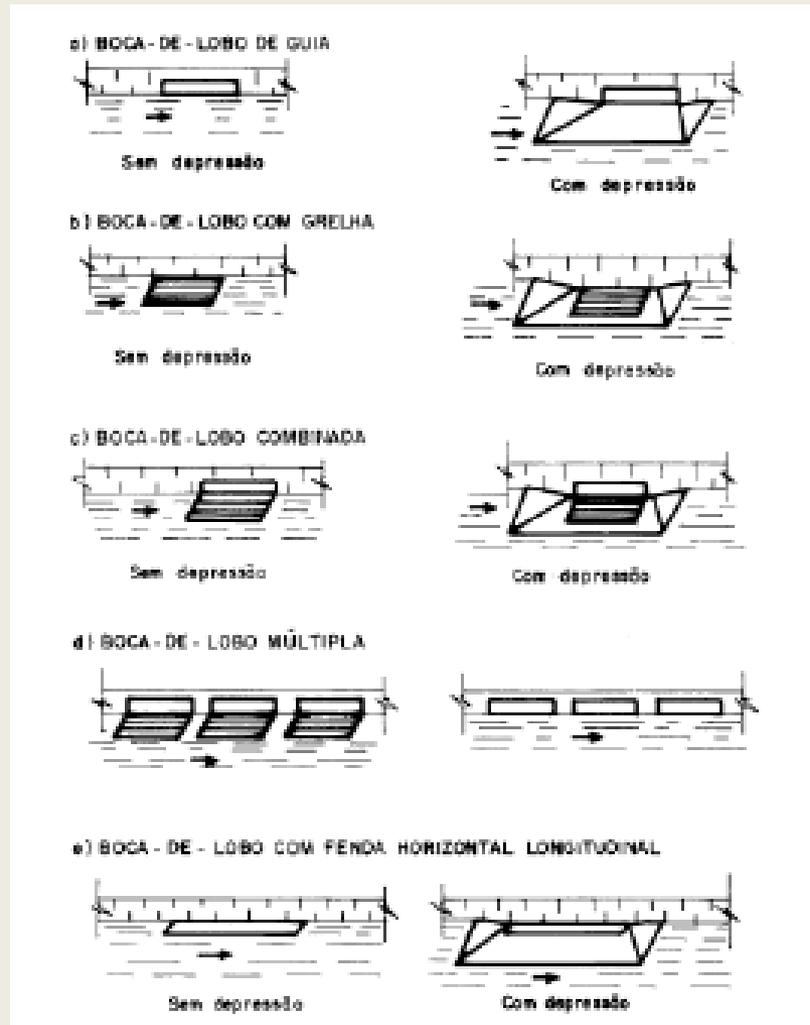
Dados práticos

- Altura da guia normalmente adotado= 0,15m
- Altura da guia tipo Alphaville= 0,075m
- Altura de água na boca de lobo normalmente adotada= 0,10m a 0,12m

- Declividade lateral S_x normalmente adotado:
2% ou 3%

Tipos de boca de lobo (*Curb*)

simples, com grelha e combinadas



Capacidade das boca de lobo e boca de leão (boca de lobo +grelha)

- Boca de lobo simples: 50 L/s
- Boca de lobo dupla: 100 L/s
- Boca de lobo tripla: 150 L/s
- Grelha simples: 100 L/s
- Grelha dupla: 200 L/s
- Grelha tripla: 300 L/s
- Boca de leão (grelha): 150 L/s
- Boca de leão dupla: 300 L/s
- Sugestão: padronizar as bocas de lobo

Espaçamento de poços de visita

- **Conduto livre (Manning)**
- **Prática: 30 a 40m**
- Mudança de direção ou de declividade
- **Conduto forçado.**
- Lançamento em praias com variação da maré.
Fórmula de Hazen-Williams para conduto forçado. A água não deve chegar a 0,30m da tampa do PV.
- Redes pressurizadas e sem PV nas curvas (USA)

Critérios de perigosidade

- **Zona sem perigo: $V.D < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ (Cor verde):**
Risco baixo para a vida humana e aquaplanagem
- **Zona de transição $0,5 \leq V.D \leq 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$ (cor amarela) Risco médio para a vida humana**
- **Zona perigosa $V.D > 1,0 \text{ m}^2/\text{s}$ (cor vermelha)**
- **Alto Risco para a vida humana**
-

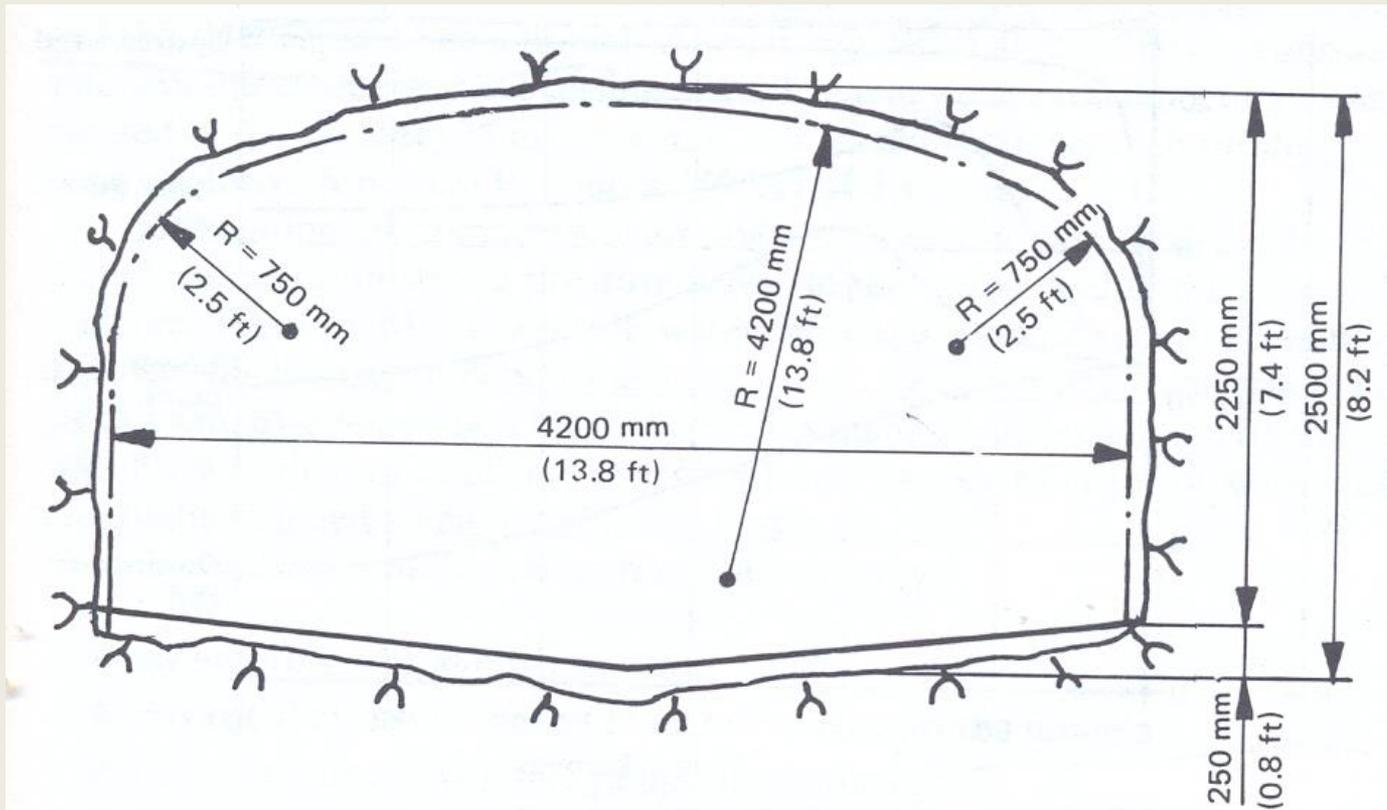
- Exemplo: verificar se o pedestre pode ser levado pela enxurrada se a velocidade na guia e sarjeta for 3,5m/s e altura do nível de água 0,15m +0,05m (acima da guia)=0,20m.
- **V.D= 3,5 x 0,20= 0,7 > 0,5 m²/s** será levado pela enxurrada
- **Altura da água= 0,13m**
- **V.D= 3,5 x 0,13= 0,46 < 0,5 m²/s** **OK** Não haverá aquaplanagem

Grande problema em microdrenagem

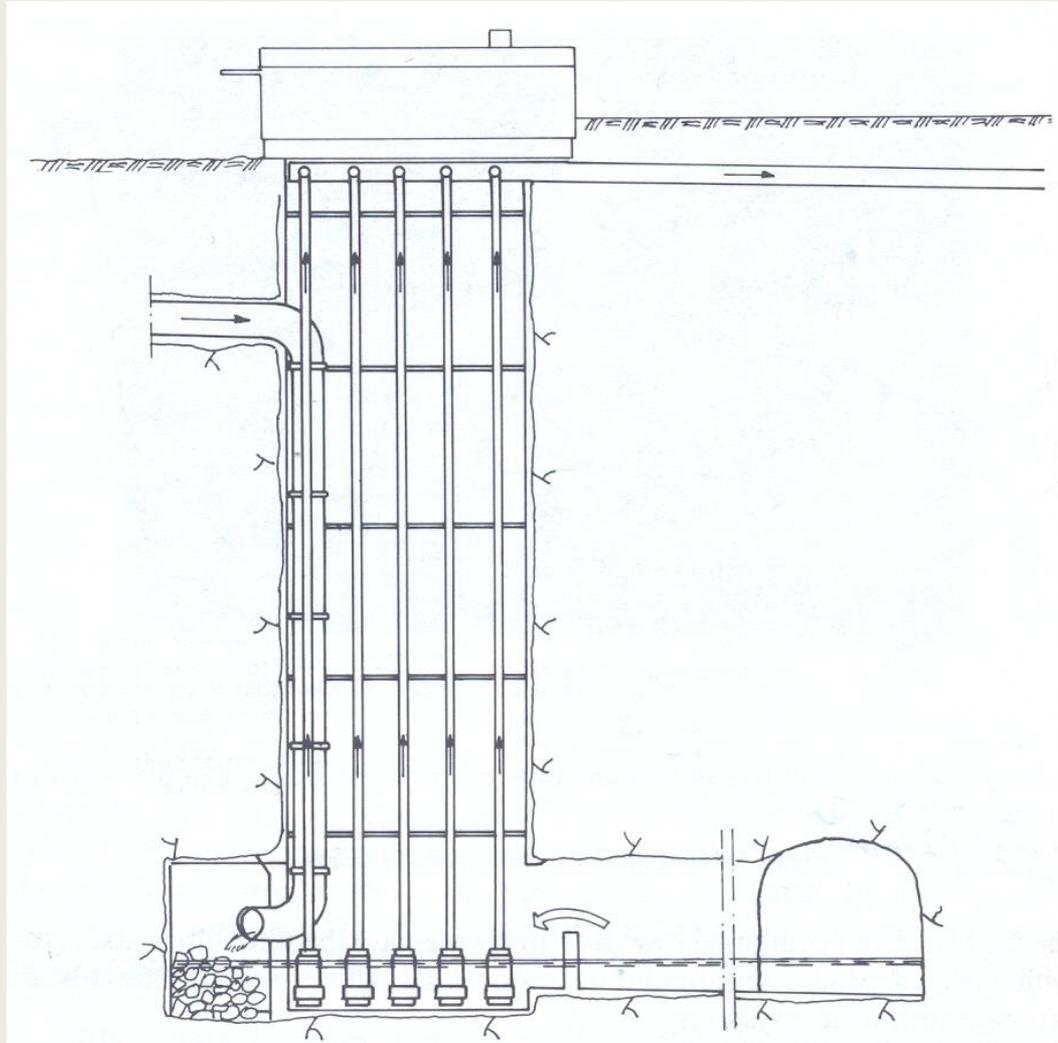
- Não há normas da ABNT
- Cada cidade faz o que quer
- Mortes: processo para os engenheiros responsáveis pela manutenção (boca de lobo, inundação, sistema superficial)
- Processos na Comissão de Meio Ambiente do CREA-SP : não se pode fazer nada
- Necessidade de projeto de norma de águas pluviais.

- Armazenamento em túneis

Seção típica de túnel



Bombeamento para fora do túnel



Túnel em Hong Kong

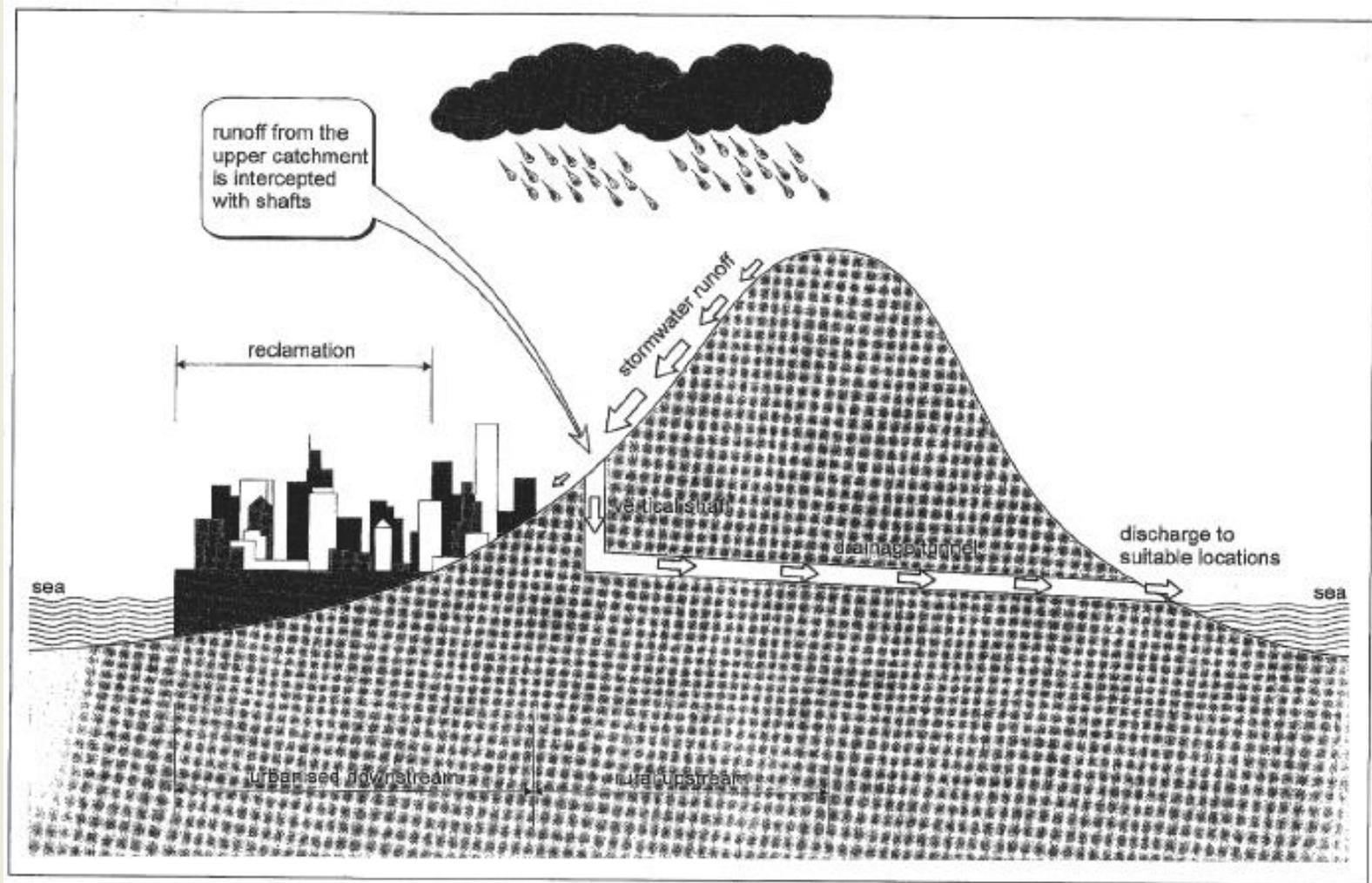
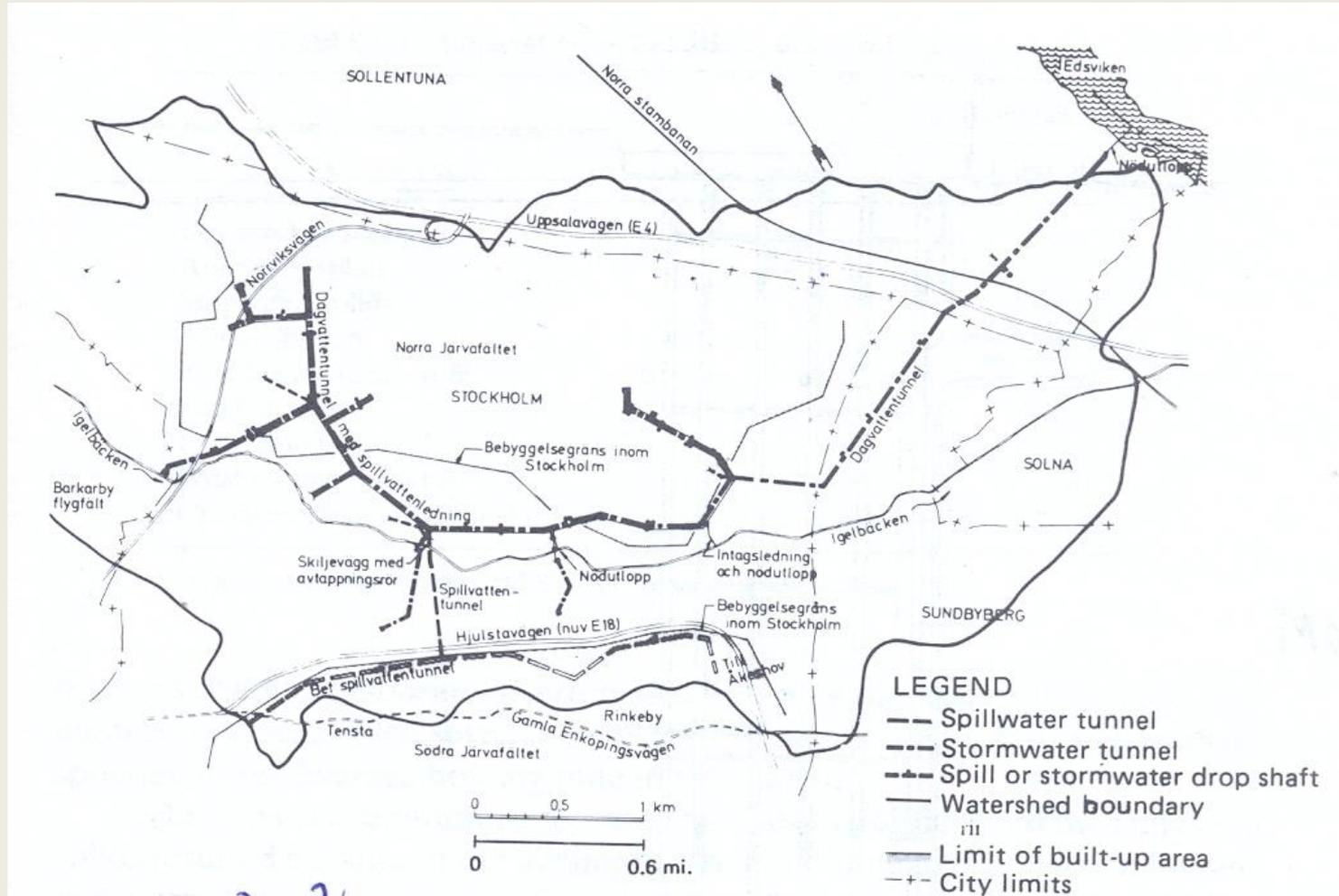


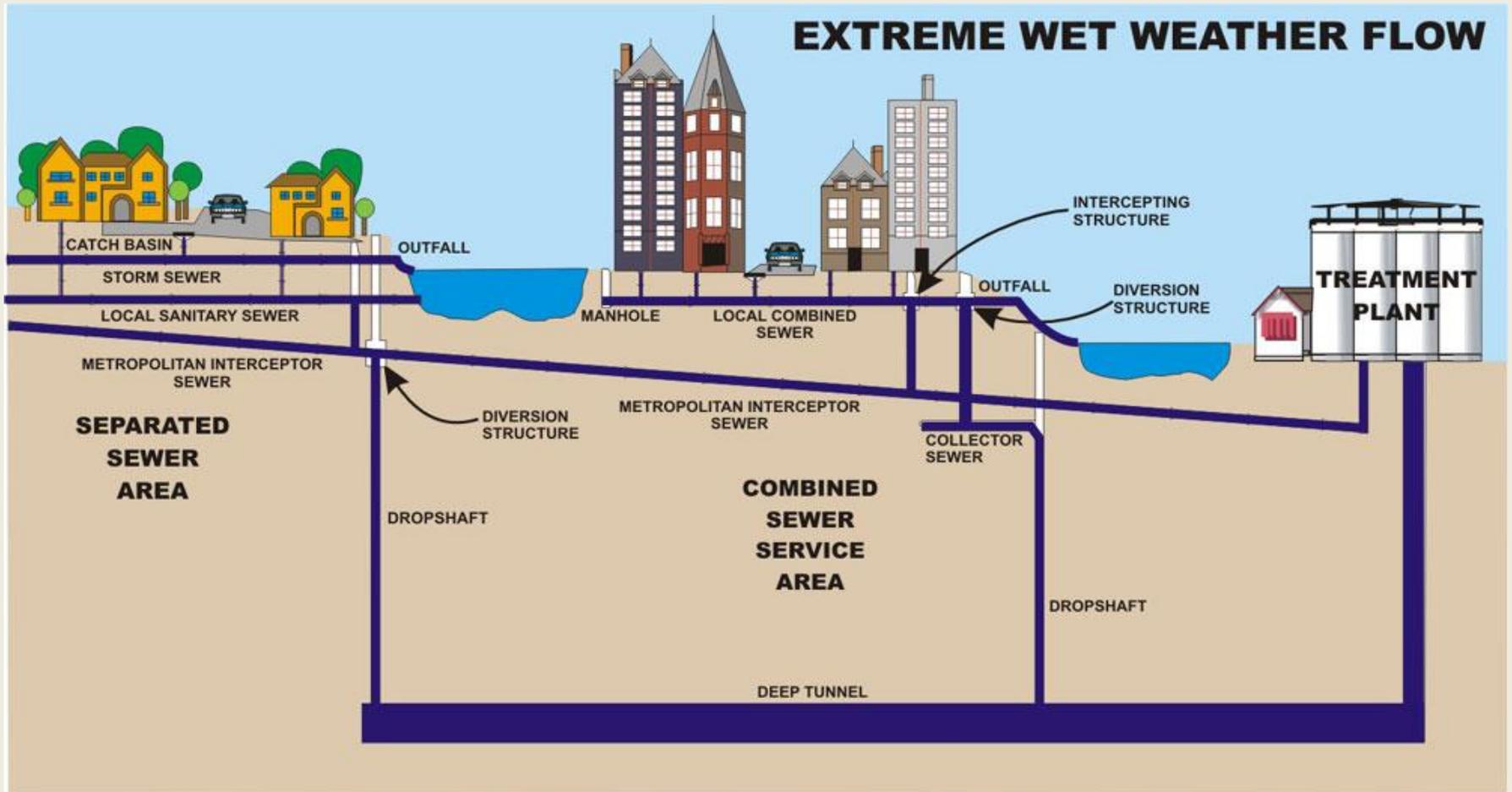
Figure 1. Schematic layout of stormwater drainage system

Túneis na Suécia- Peter Stahre e Ben Urbonas

Área= 12km² 12km de túneis e área transversal de 25m²



)
Abaixo: *Milwaukee/USA- Tunnel Storage*



- Bueiros (*culvert*)

Dimensionamento **errado** do bueiro

(máximo duas seções conforme FHWA) Quantidade



São Paulo- Renato Zucollo

Fusca Rolha



Manutenção nos bueiros

Quantidade

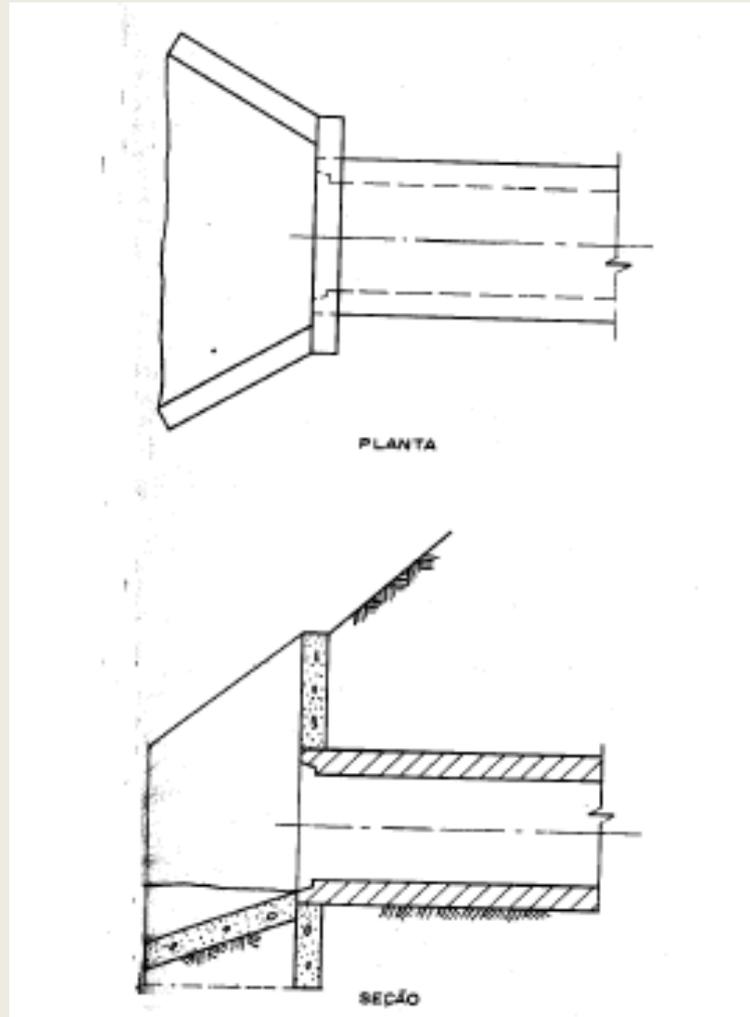


FHWA: bueiro c/máximo duas células

Casos: entupimento na entrada



Entrada com muro de testa e muro de ala



Bueiro ou travessias

travessias: ruas, estradas rodagem, ferrovias, passagens de animais,
passagens de peixes



Bueiro com passagem de peixes e pequenos animais na parte superior

Box culvert with fish passage



Fall 2009

CE154

6

Na saída do bueiro

- Podemos ter no fim do bueiro:
 - 1. Degrau
 - 2. Rip-rap
 - 3. Escada hidráulica
 - 4. Dissipador de energia (impacto)
 - 5. Não precisar de nada

- Ribloc
- Ribloc steel

Ribloc steel



Bueiro em Ribloc

(tecnologia Australiana. Ainda não temos normas da ABNT. Usado: Sabesp, Petrobras

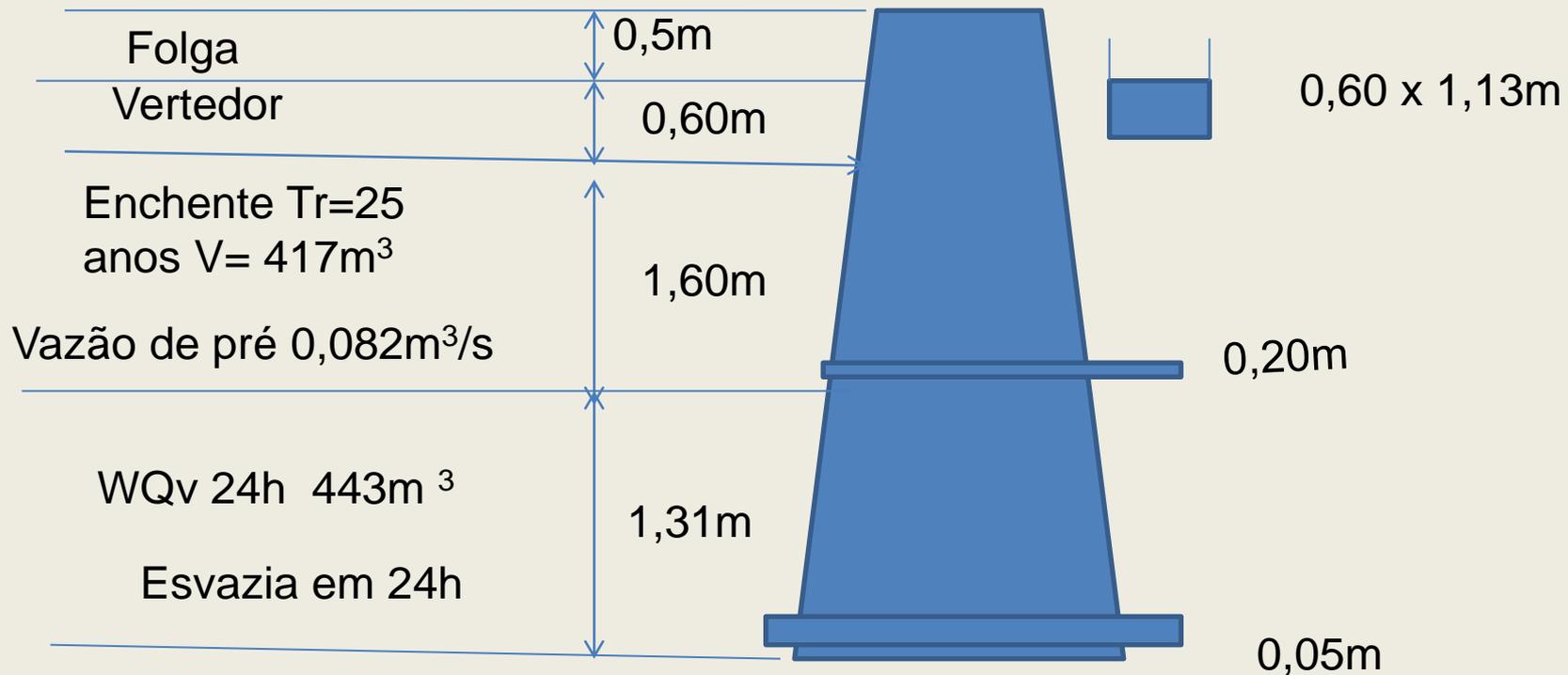


Reservatório de detenção estendido

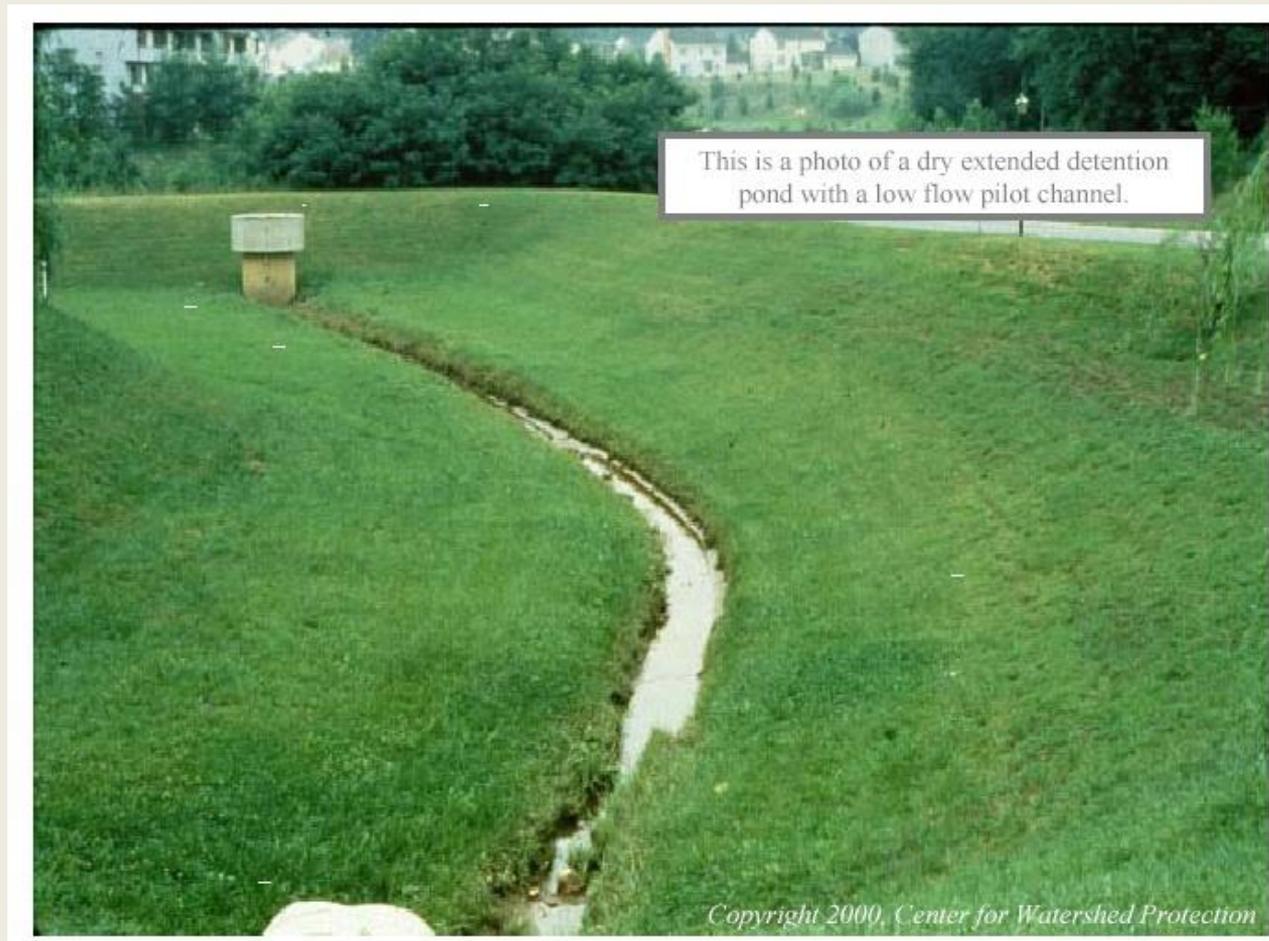
- Dupla função: Enchentes e Qualidade
- Detem a enchente e parte do reservatório esvazia em 24h através de orifício e parte esvazia conforme $Q_{pré}$.
- Muito usado nos USA e Europa

Reservatório para melhoria da qualidade da águas pluviais usando WQv e enchente $Tr=23$ anos

Notar tubo de 0,05m para escoamento em 24horas.



Reservatório de detenção estendido (enchente+melhoria da qualidade das águas pluviais)



Reservatório de detenção estendido



Reservatório de detenção estendido



Reservatório de detenção estendido



Lei das piscininhas

esvaziamento em 1 h com bombas ?

- Histórico: cidade de São Paulo (2002); Estado de São Paulo (2007); várias cidades do Brasil.
- **$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$**
- V= volume do reservatório (m³)
- A_i= área impermeável (m²)
- IP= índice pluviométrico igual a 0,06mh
- t= tempo de duração da chuva igual a 1h
- Guarulhos: usa 6 L/m² de toda a área para área >5000m²
- **Novidade**: PMSP: pré-desenvolvimento= 25 L/s x ha
- Supondo Tr=10anos. Automaticamente o volume será aumentado para poder sair no máximo 25 L/sxha

Para áreas até 100 ha- RMSP (Plinio)

- $Tr = 25$ anos
- $V = 5,42 \cdot A \cdot AI$ para $Tr = 25$ anos
 - Sendo:
 - $V =$ volume (m^3)
 - $A =$ área da bacia (ha) ≤ 100 ha
 - $AI =$ área impermeável (%)

$Q_n = 28 \text{ L/s} \times \text{ha}$

Exemplo: $AI = 70\%$ $A = 100$ ha

$V = 5,42 \times 70 \times 100 = 37.940 \text{ m}^3$

Vazão pré-desenvolvimento = $28 \times 100 = 2800 \text{ L/s} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$

Volume de detenção

RMSP PARA AREAS ATÉ 100 ha

Período de retorno Tr (anos)	Vazão de pré- desenvolvimento (L/s x ha)	Coefficiente K	Volume de detenção (m ³) AI (%)
1	16	3,02	V= 3,02xAlxA
2	18	3,45	V= 3,45xAlxA
10	24	4,63	V= 4,63xAlxA
25	28	5,42	V= 5,42xAlxA
100	36	6,78	V= 6,78xAlxA

- **Itatiba**
- **Muito obrigado!**
- Engenheiro civil Plínio Tomaz
Guarulhos, 19 de maio de 2016
www.pliniotomaz.com.br
pliniotomaz@uol.com.br