Curso de Gestão de Águas Pluviais

Capítulo 3

DRENAGEM URBANA

Prof. Dr. Carlos E. M. Tucci

Rhama Consultoria Ambiental

blog.rhama.net

Versão 10-08-2013

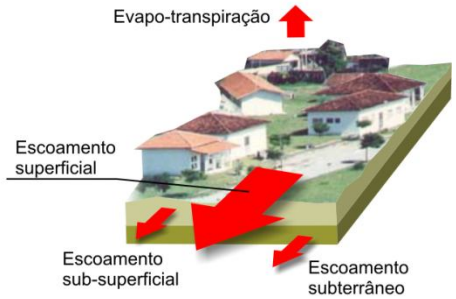
Drenagem Urbana

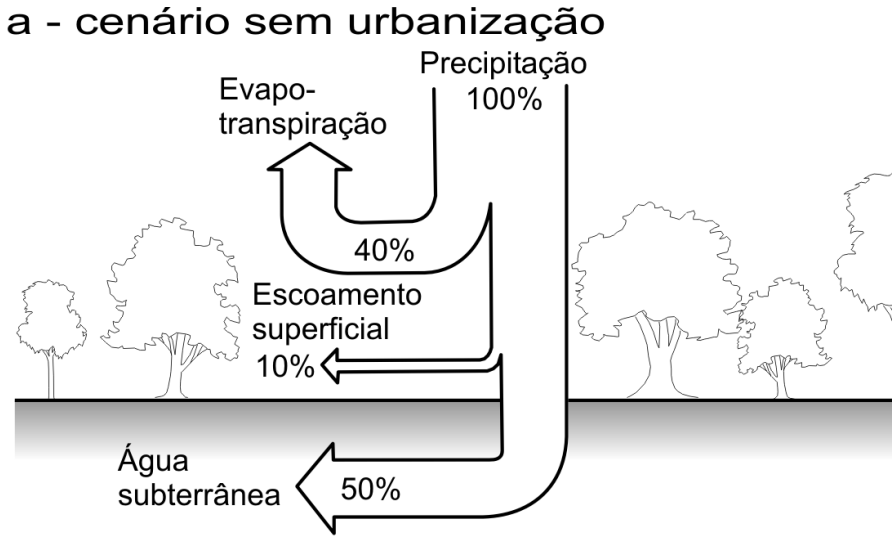
- Impactos da Urbanização na drenagem urbana
- Gestão mais freqüente da drenagem
- Medidas Sustentáveis
- Medidas na Micro-drenagem
- Medidas na Macro-drenagem
- Reurbanização

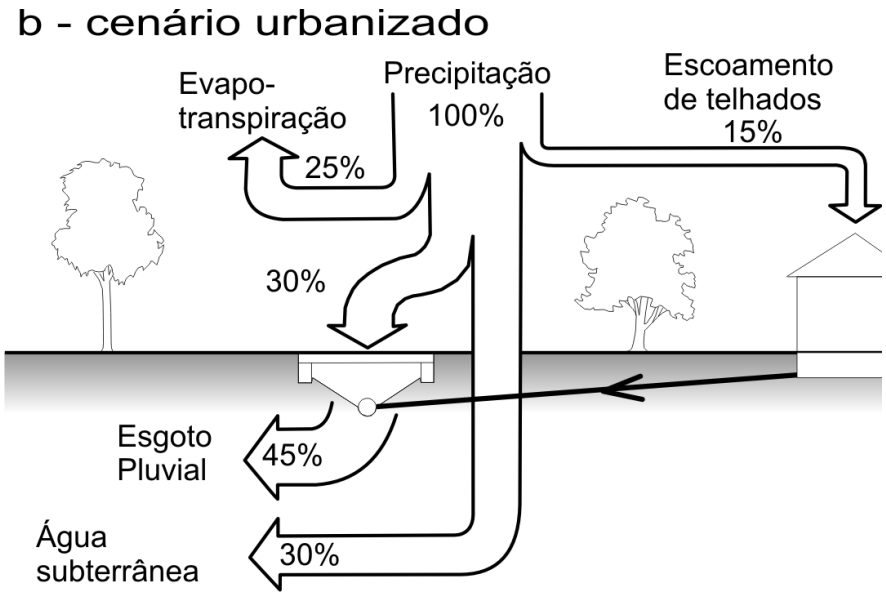
Impactos devido a urbanização

- *Quantidade*: aumenta a freqüência das inundações, vazão máxima e volume do hidrograma
- *Sólidos:* erosão do solo, transporte e deposição no sistema fluvial + resíduos urbanos = áreas degradadas e inundações
- *Qualidade:* poluição pela lavagem das superfícies urbanas contaminando a qualidade da água dos rios urbanos

Alterações no ciclo hidrológico







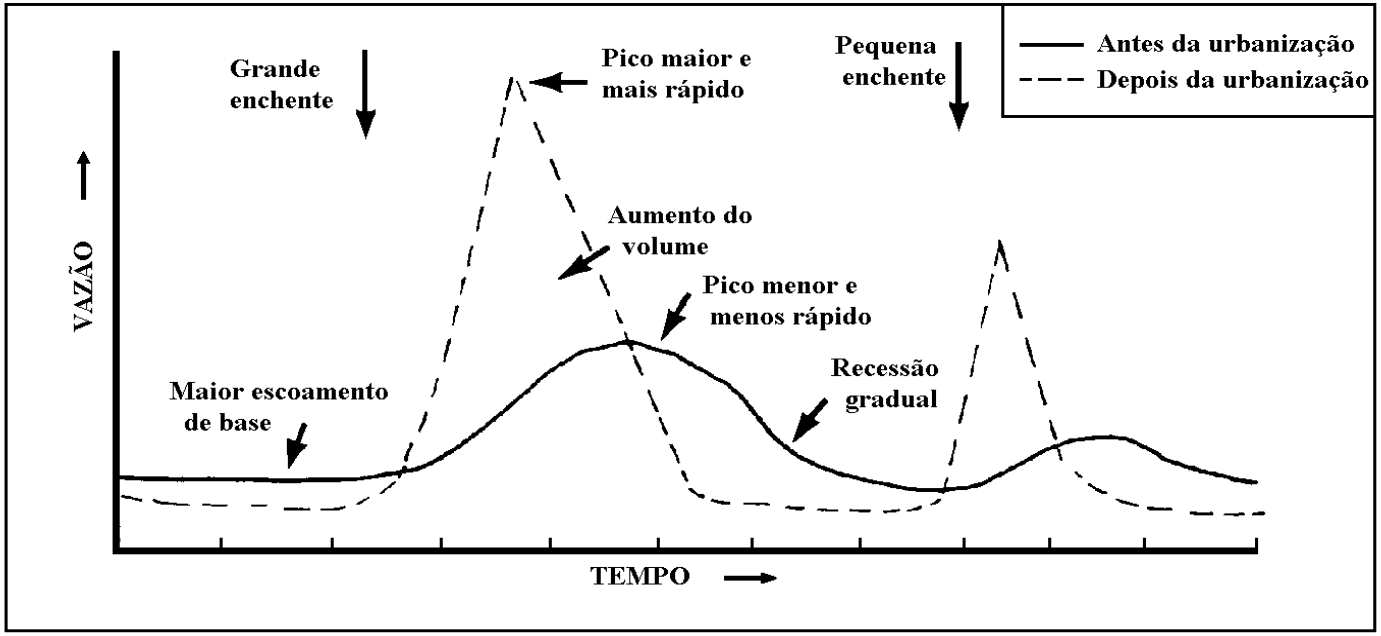
RHAMA

Os efeitos

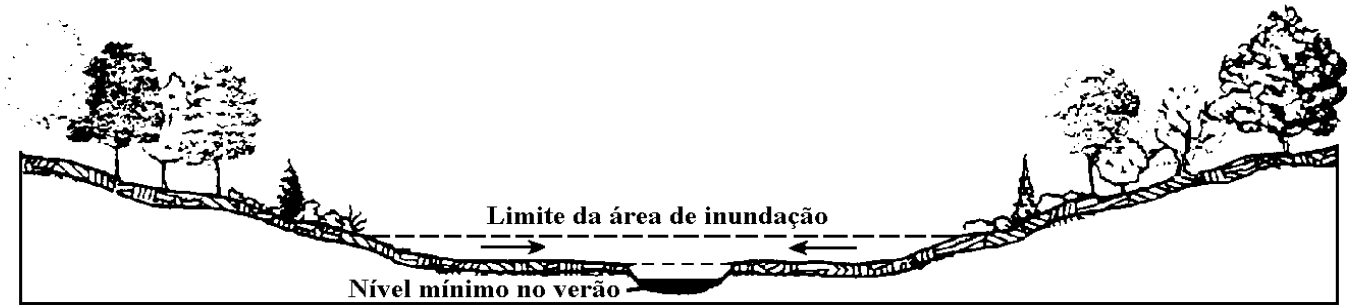
- A impermeabilização do solo faz com que maior volume escoe pela superfície;
- Os condutos fazem com a água chegue mais rápido a jusante, reduzindo o tempo de descolamento da água na bacia
- reduz o tempo de concentração que é o tempo de deslocamento da água na bacia
- A soma dos dois efeitos fazem com que eventos de chuva menores produzam inundações nos locais onde a rede na suporta o aumento da vazão.

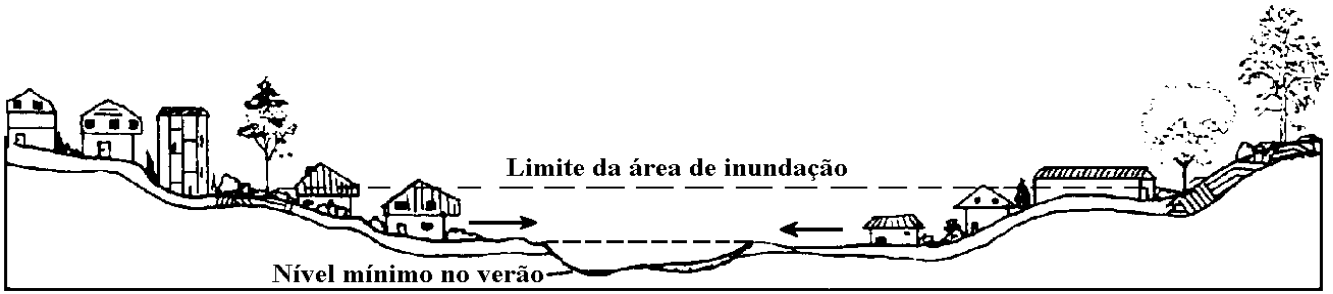
ALTERAÇÕES NO HIDROGRAMA

b. Escoamento

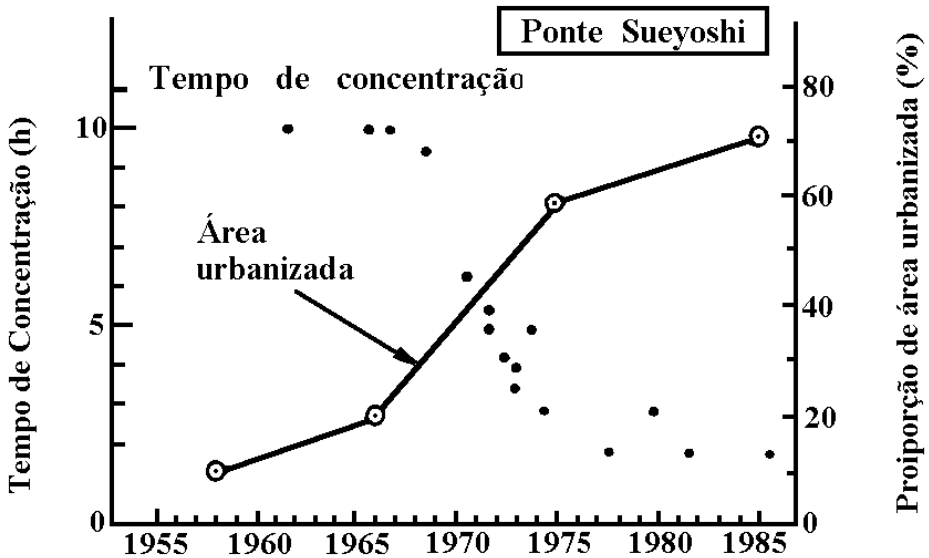


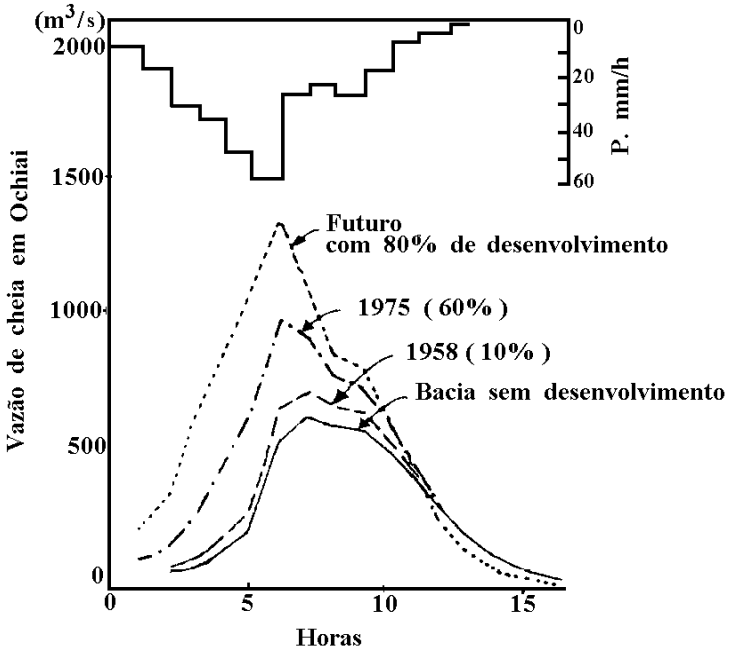
c. Resposta da geometria do escoamento





Exemplo de bacia japonesa



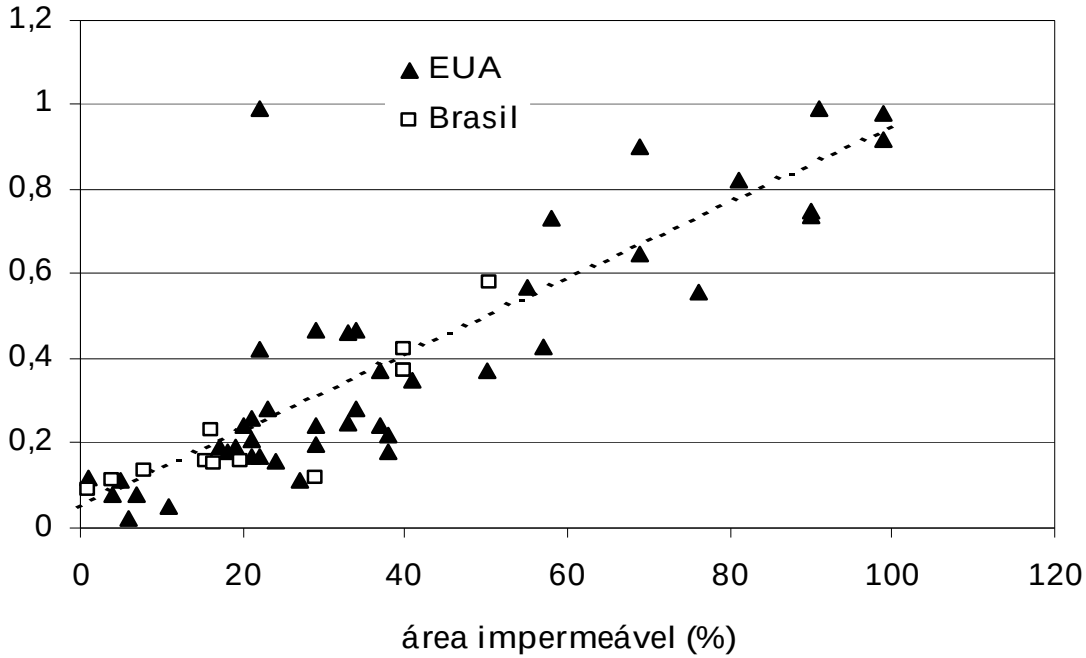


RHAMA

Coeficiente de escoamento

$$C = \frac{\text{vazão}}{\text{Precipitação}}$$

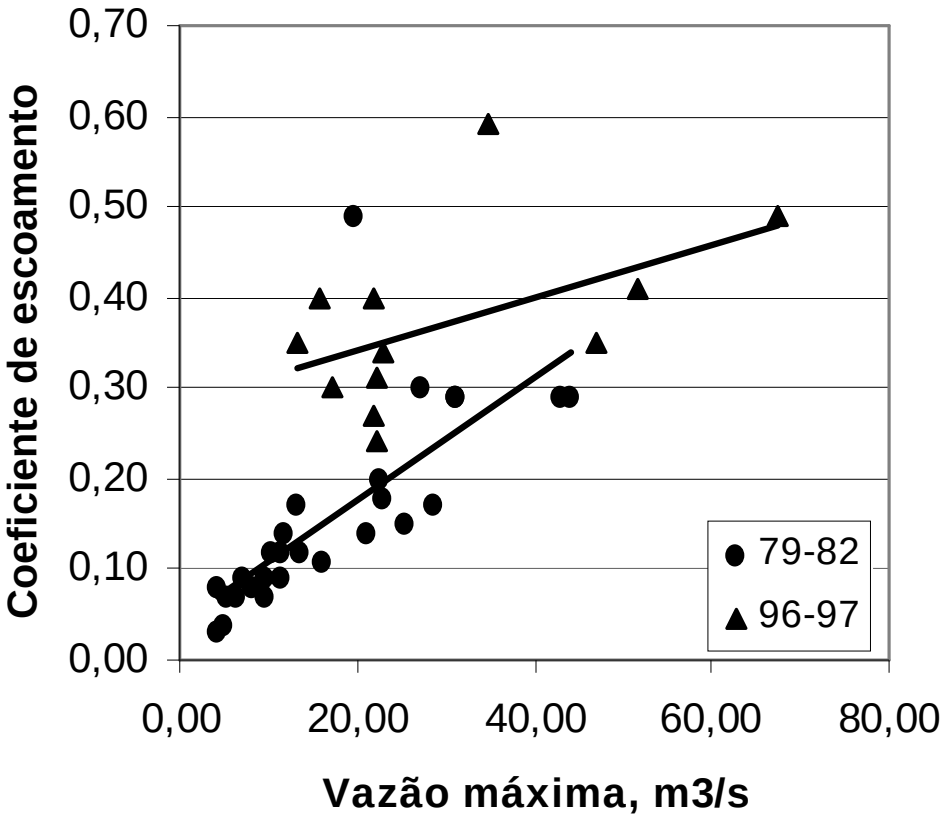
- Aumenta com impermeabilização
- Aumenta também com a magnitude da chuva
- Gráfico para inundações freqüentes



RHAMA

Mudança no coeficiente de escoamento

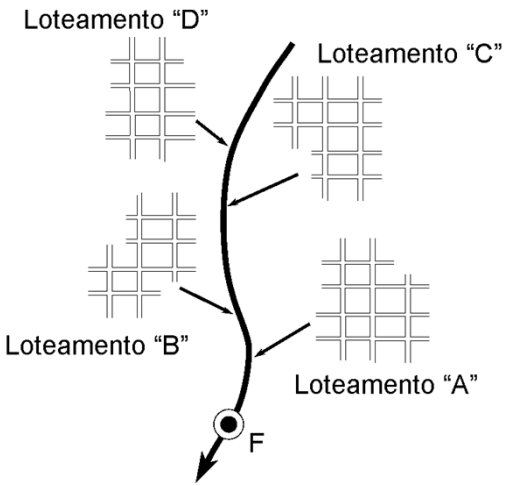
- Alteração da relação entre o coeficiente de escoamento e sua vazão máxima em função da urbanização no Dilúvio em Porto Alegre;
- A bacia alterou sua taxa de área impermeável de 15 a 40% entre os períodos.

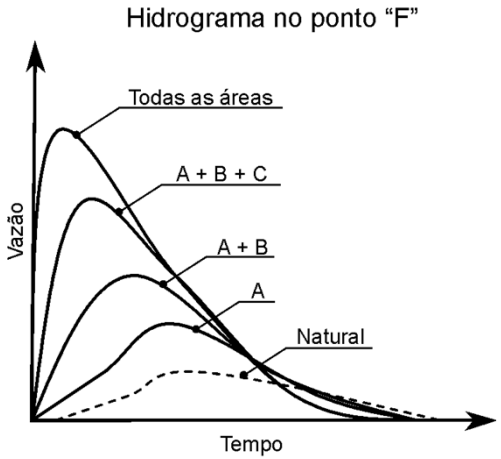


RHAMA

Efeito cumulativo

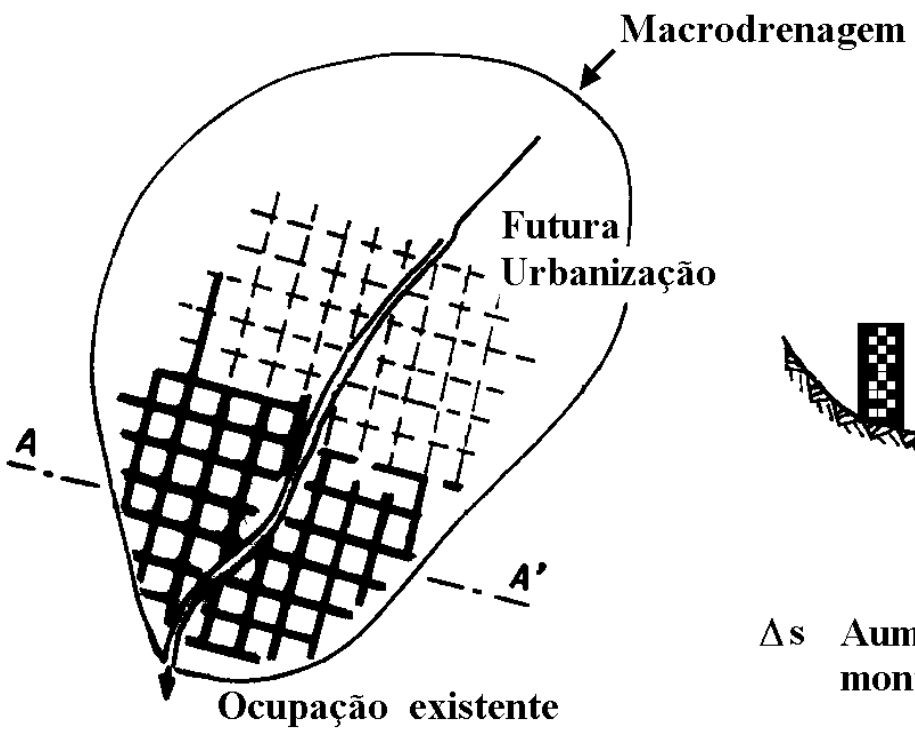
1. Crescimento da população
2. Urbanização de jusante para montante
3. Aumento da vazão com a entrada de novos empreendimentos na bacia;
4. Aumento da frequência da de inundação
5. Canalização dos locais de inundação
6. Aumento maior da inundação com grande prejuízos

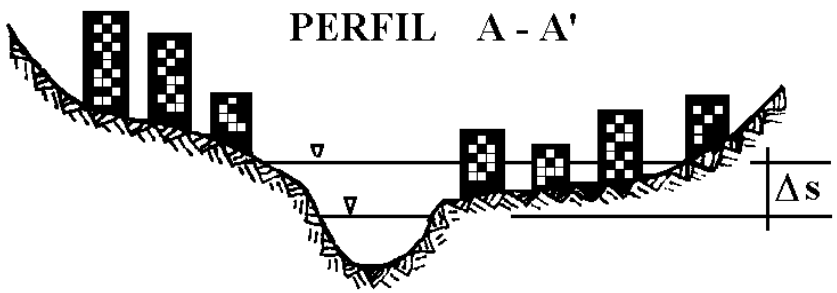




RHAMA

Processo na bacia





Δs Aumento do nível devido à urbanização a montante

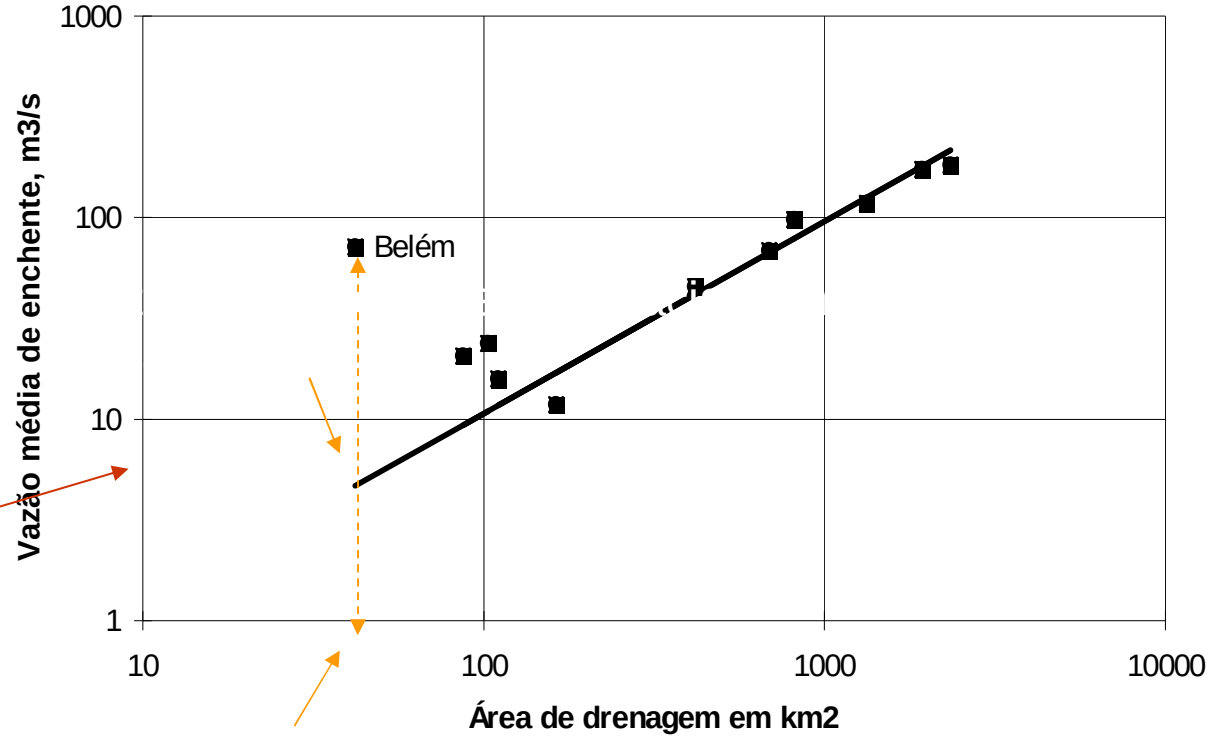
Tipos de inundações

Galerias

Macrodrenagem

Aumento da vazão média de cheia em Curitiba

Vazão média de cheia é a média das cheias máximas anuais



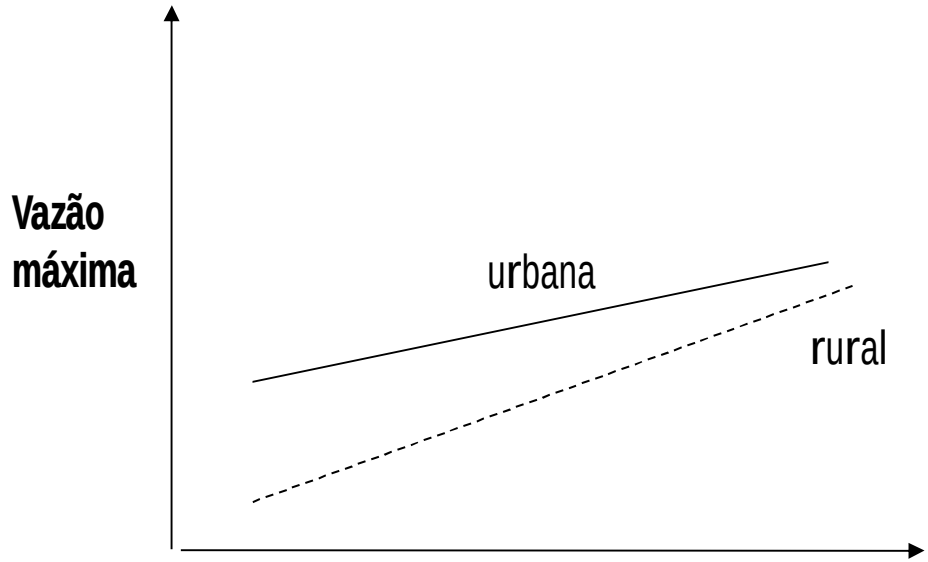
Bacia do rio Belém- 42 km^2

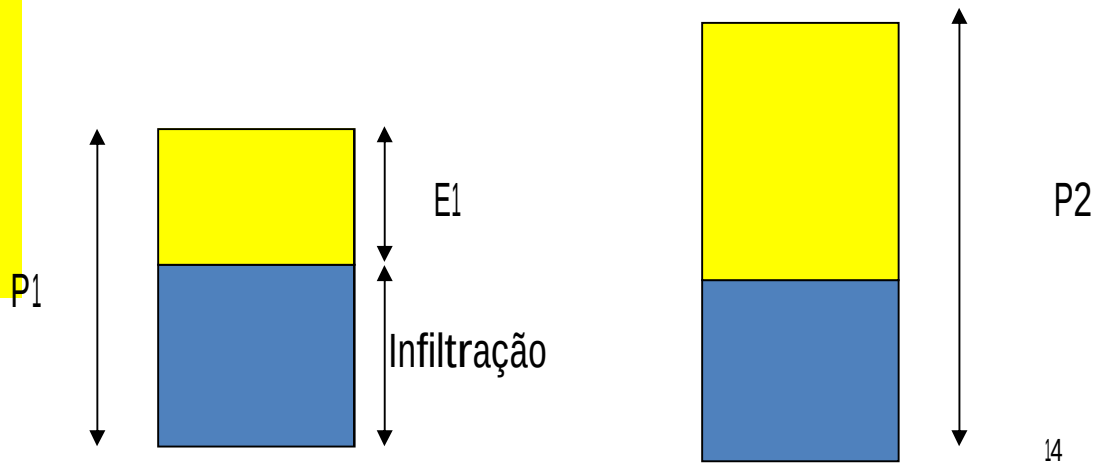
Aumento de 6 vezes

RHAMA

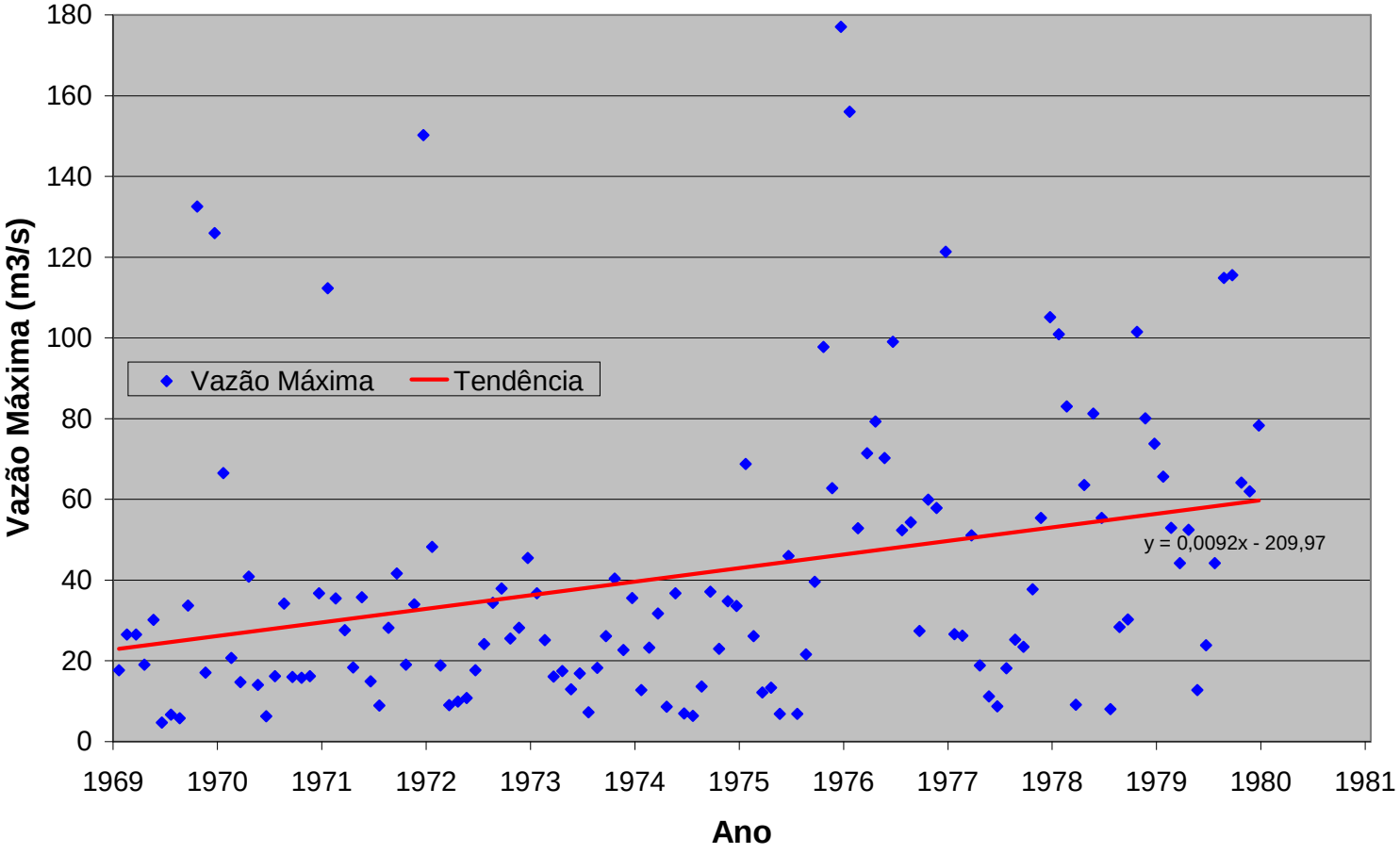
Relação com a urbanização

- a diferença entre as cheias de uma bacia urbana e rural variam com o risco (tempo de retorno)
- A diferença é maior para as inundações frequêntes
- Devido ao efeito da infiltração os efeito relativo diminui





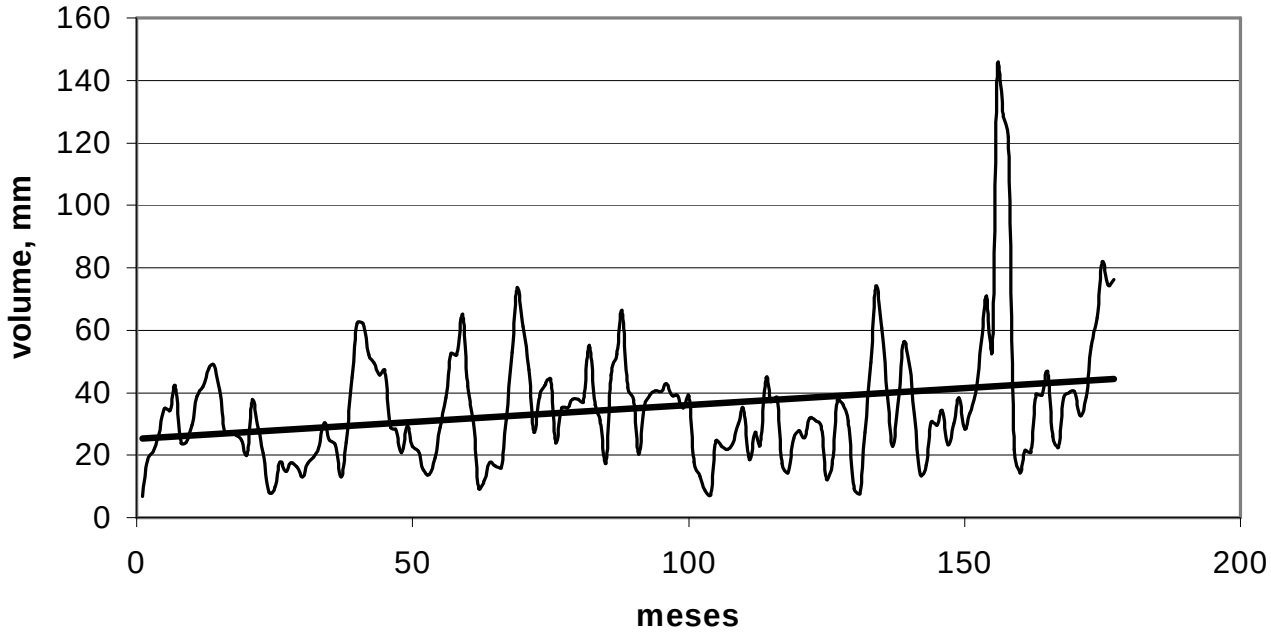
Aumento ao longo do tempo das vazões no Tamanduateí (SP)



Fonte: Eng. Orsini

RHAMA

Aumento do volume de escoamento no Diluvio ao longo do tempo



Com a urbanização de 15% mudando ao longo do tempo para 40% observa-se a tendência do aumento do volume de escoamento superficial

RHAMA

Inundações urbanas

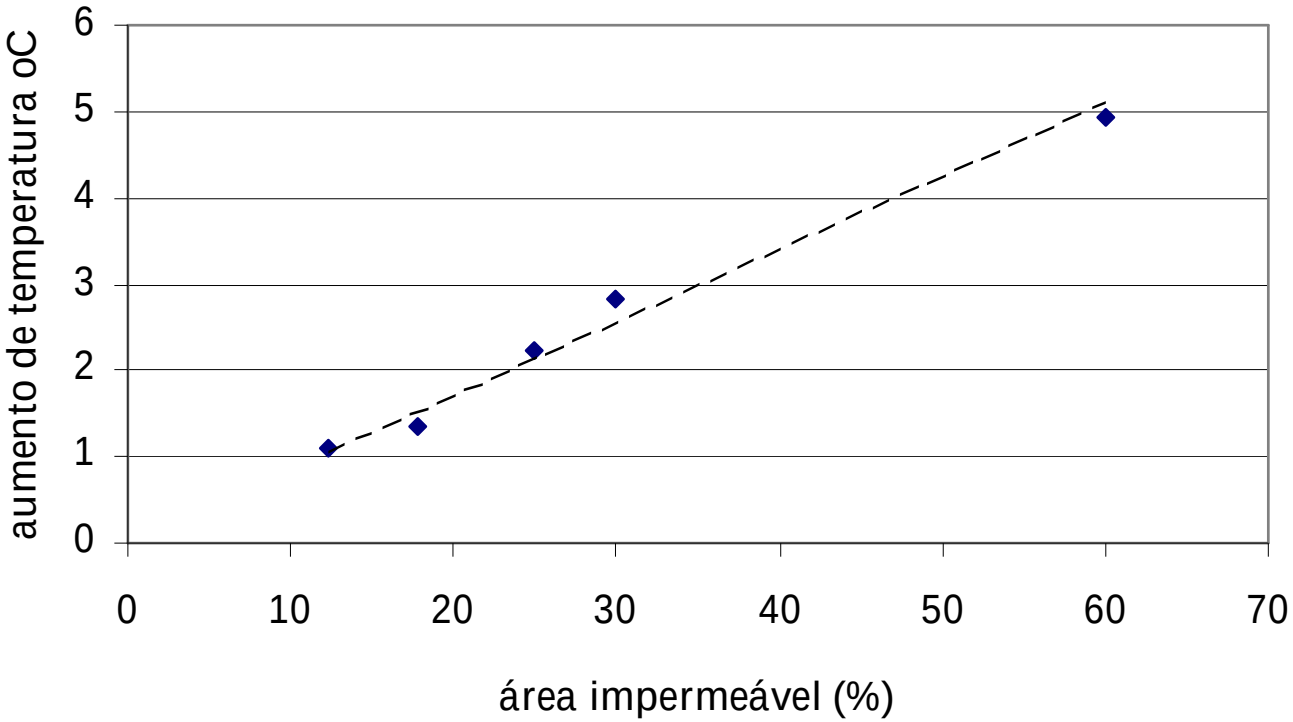
RHAMA

Efeitos

- Temperatura
- Obstruções ao escoamento
- Projetos inadequados
- Erosão e sedimentação: (a) alteração dos rios; (b) áreas degradadas; © sedimentação.
- Qualidade da água pluvial

Aumento da Temperatura da Água dos rios urbanos

Exemplo próximo a uma cidade americana



RHAMA

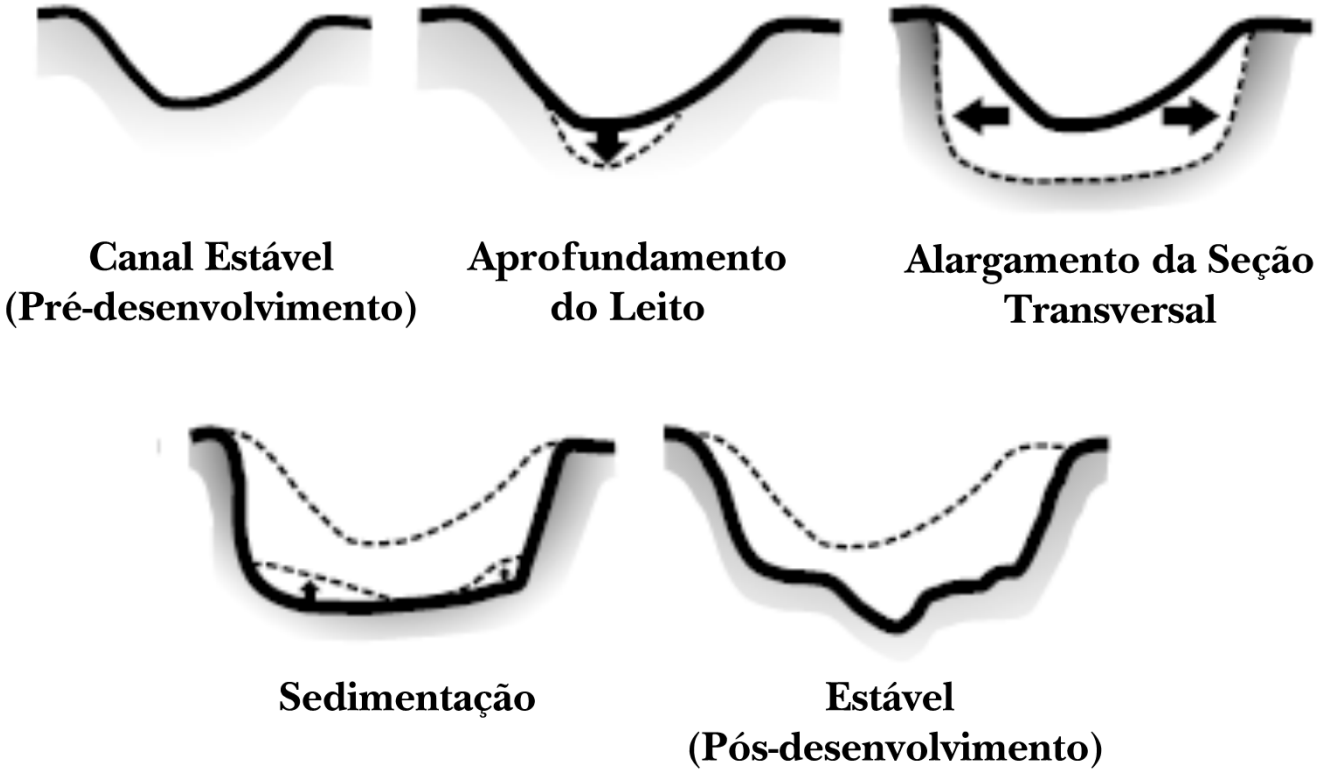
Obstrução

AMA

Projetos inadequados

Efeito sobre a alteração das seções dos rios

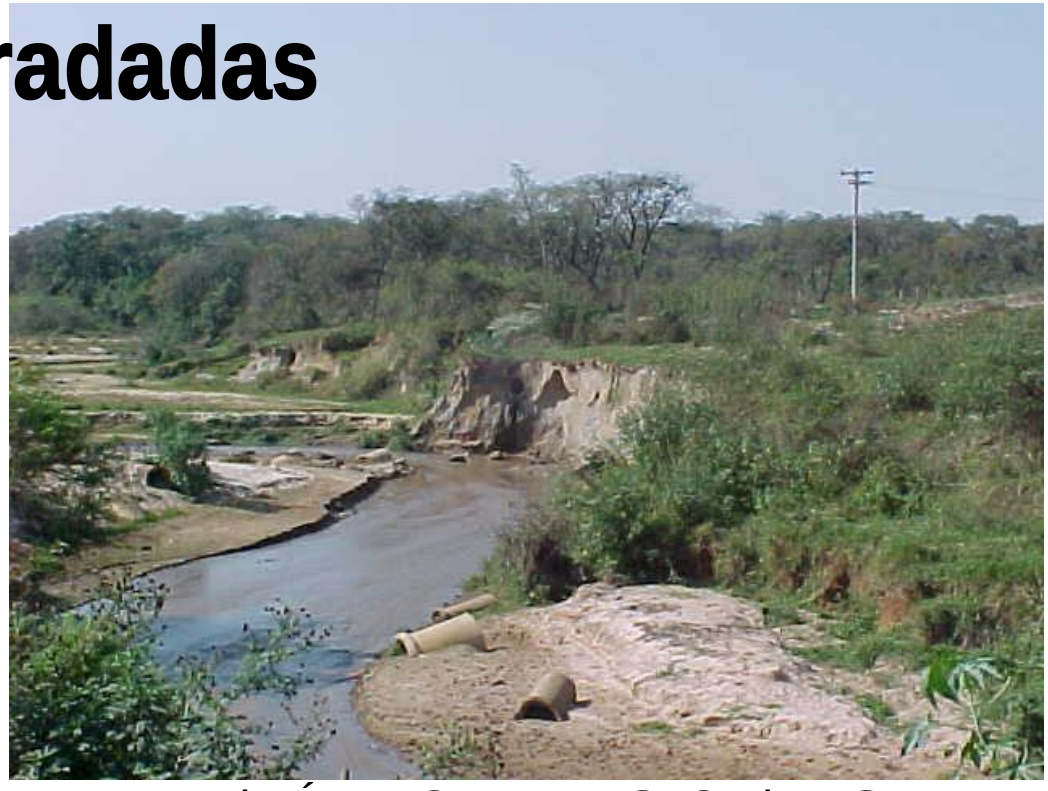
- Maior vazão e velocidade alteração as seções dos rios
- Em seções muito largas ocorre a deposição



RHAMA

Erosão e áreas degradadas

Coletor-tronco Gregório – S. Carlos, SP

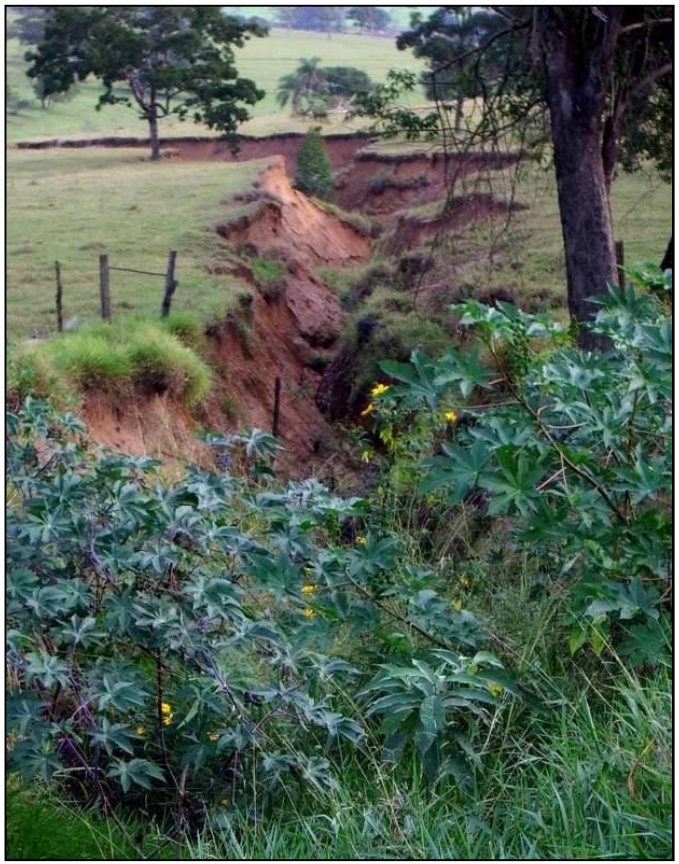


Rio Água Quente – S. Carlos, SP

Fonte: Eng. Orsini

Erosão linear e ravinamento

São Carlos, SP



Fonte: Eng. Orsini

RHAMA

Áreas Degradadas

Rondonópolis, MT

RHAMA

Eng. Orsini

Erosão e corrosão

Av. Nove de Julho
Córrego Saracura
Vale do Anhangabaú, S. Paulo

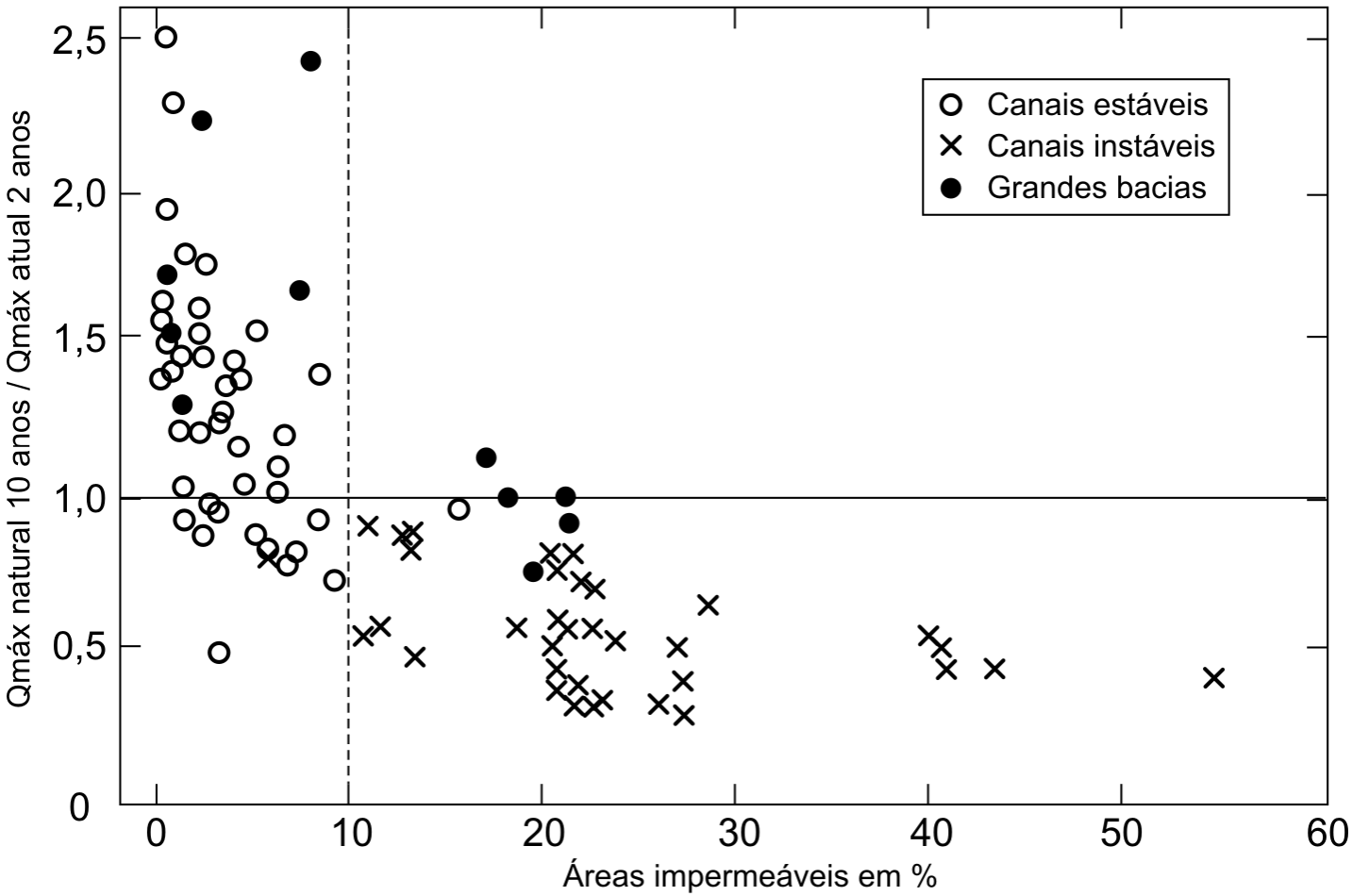
Fonte: eng. Orsini

RHAMA

Erosão de encostas

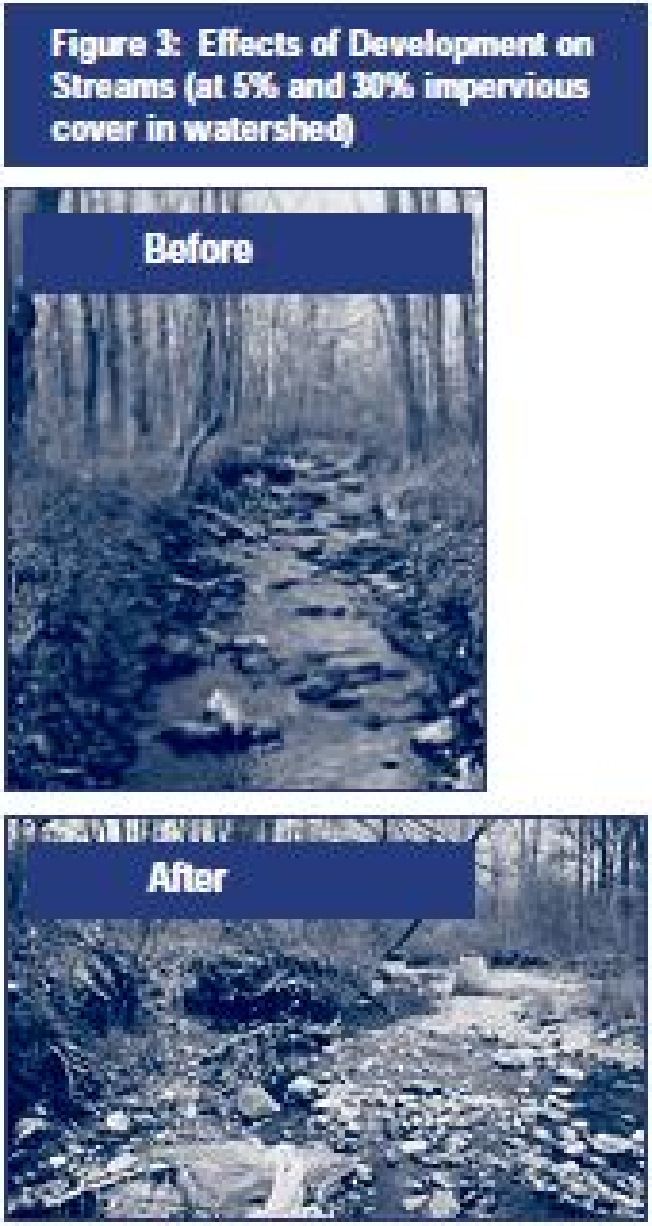
RHAMA

O efeito da urbanização nos canais



RHAMA

Efeito da urbanização entre 5 e 30% sobre um rio natural



In watersheds with less than 5% impervious cover, streams are

RHAMA

Estimativa dos Sedimentos

País / Região	Carga de sedimentos $ton.km^{-1}.ano^{-1}$	EMC $mg.l^{-1}$
Reino Unido	49 (35 - 234)	190 (21 - 2582)
França	146 (80 - 265)	364 (15 - 3780)
Alemanha	104 (26,3 - 150)	170 (46 - 2700)
Escandinávia	-	323 (5 - 1040)
EUA	-	150 (2 - 2890)

Ellis, 1996
EMC – concentração média do evento

Valores estimados

Uso do solo urbano	Máximo $ton.km^{-2}.ano^{-1}$	Mínimo $ton.km^{-2}.ano^{-1}$	EMC $mg.l^{-1}$
Estradas	72	28	250
Industrial/Comercial	137	24	280
Residencial baixa densidade	34	6	100
Residencial média densidade	55	10	187
Residencial alta densidade	76	13	250
Estacionamentos	76	12	-
Parques	59	8	-
Áreas em construção	8400	2200	-

Observação: EMC é a concentração média de sedimentos por evento

Ellis, 1996

RHAMA

Valores estimados no Brasil

Local	Tipo de estimativa	Volume $m^3/km^2.ano$	Referência
Rio Tietê em São Paulo	material dragado	393	Nakae e Brighetti (1993)
Rio Tietê em São Paulo.	material do leito dos afluentes	1400	Lloret Ramos et al. (1993)
Represa da Pampulha M.G.	assoreameento 1957 a 1994	2436	Oliveira e Baptista (1997)
Arroio Dilúvio R.S.	material dragado	750	DEP (1993)

Para transformar em peso é necessário estimar kg/m3 dos sedimentos

RHAMA

Resíduos sólidos

coleção de sofá

Rio de Janeiro
Rio Viegas, 2003

Reservatório de amortecimento Limoeiro – S. Paulo

Maceió

RHAMA

Fonte: Eng. Orsini

Resíduos sólidos

série Sofá nos Rios

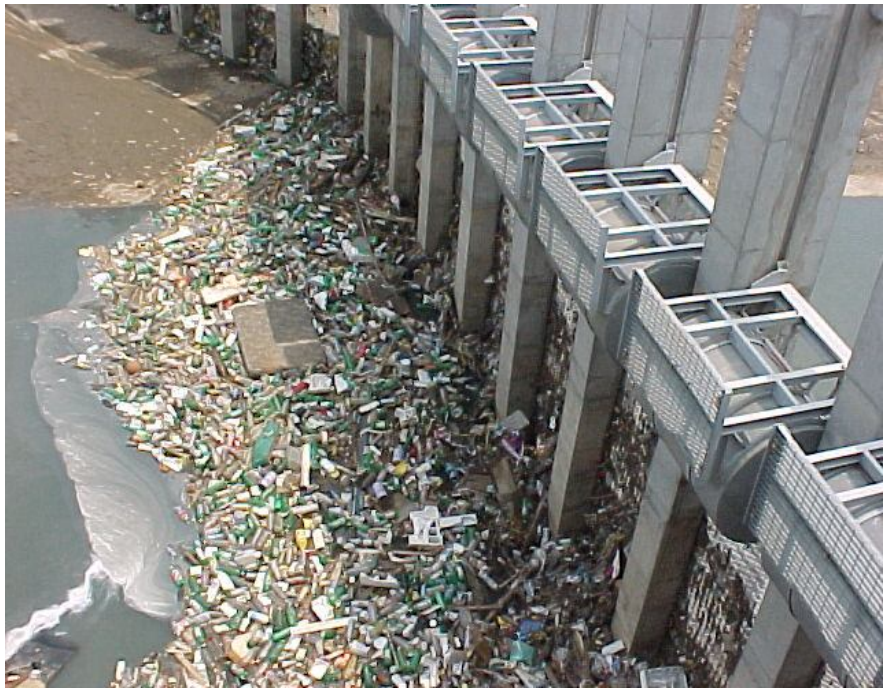
S. André

S. Paulo

Fonte: Eng. Orsini

Manaus

Resíduo sólido



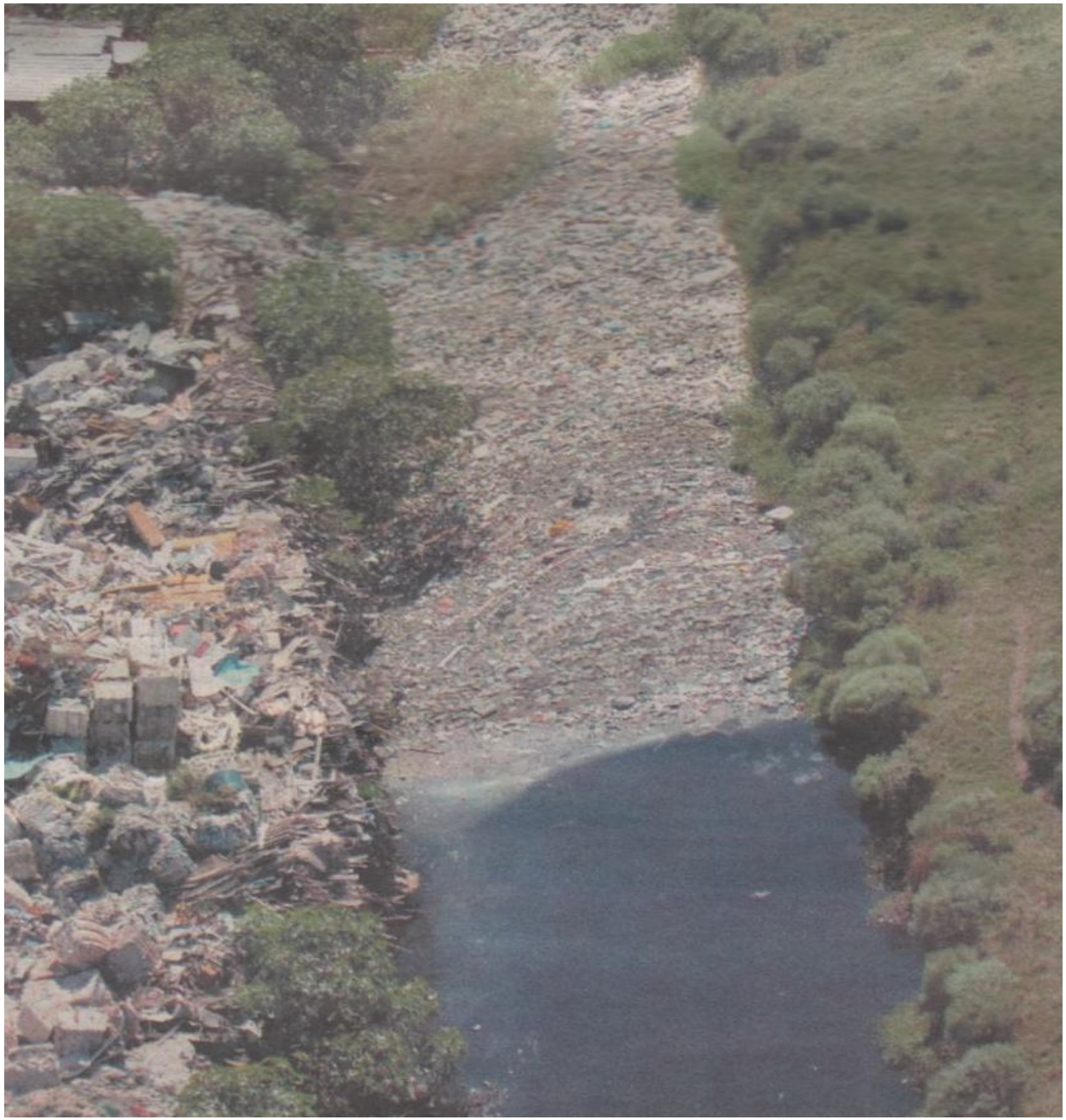
RHAM

Resíduos Sólidos

- Para usar o espaço a tendência é de cobrir com galerias
- Sem manutenção pelas dificuldades da galeria ocorre obstrução
- O resultado é a obstrução dos condutos com a água escoando pela superfície das ruas

RHAMA

ARROIO AREIA NA ENTRADA DO RIO GRAVATAÍ

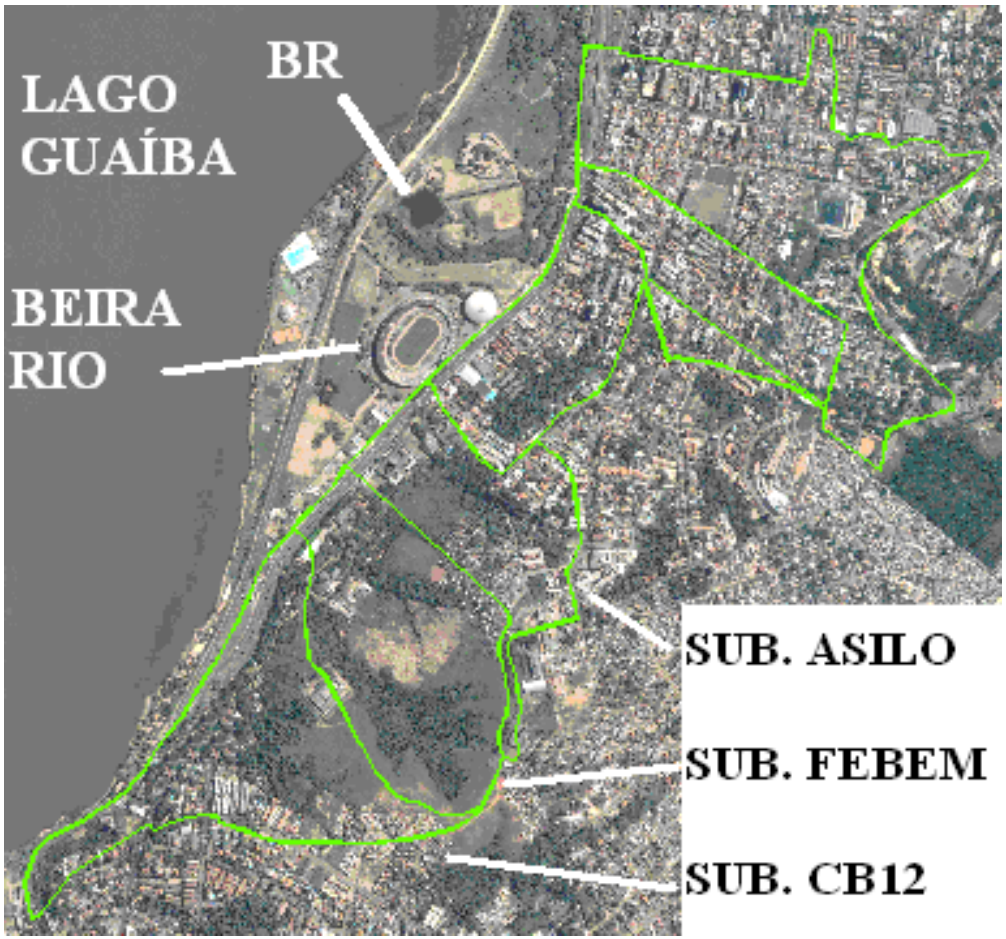


Resíduos Sólidos

Descrição da área	Peso kg/ha/ano	Volume 10^{-3} m^3/ha/ano
Springs, África do Sul, 299 ha dos quais 85% é comercial e industrial e 15% é residencial.	67	0,71
Johanesburg – Centro da cidade – 8 km^2, áreas com comércio, industrial e residências.	48	0,50
Sidnei, Austrália 322,5 ha, áreas com comércio, industrial e residências.	22	0,23
Auckland – Residencial 5,2 ha Comercial 7,2ha Industrial 5,3ha	2,8 61,7% 26,1% 12,2%	0,029
Cidade do Cabo – área central com 96% de residências, 5% de área industrial e 5% de área residencial.	18	0,08

RHAMA

Área monitorada- P. Alegre



SOMENTE RESÍDUO SÓLIDO

Total estimada na entrada da drenagem

12,8 kg/ha/ano

Total estimado na detenção

7,52 kg/ha/ano

59% do valor que entra na drenagem

RHAMA

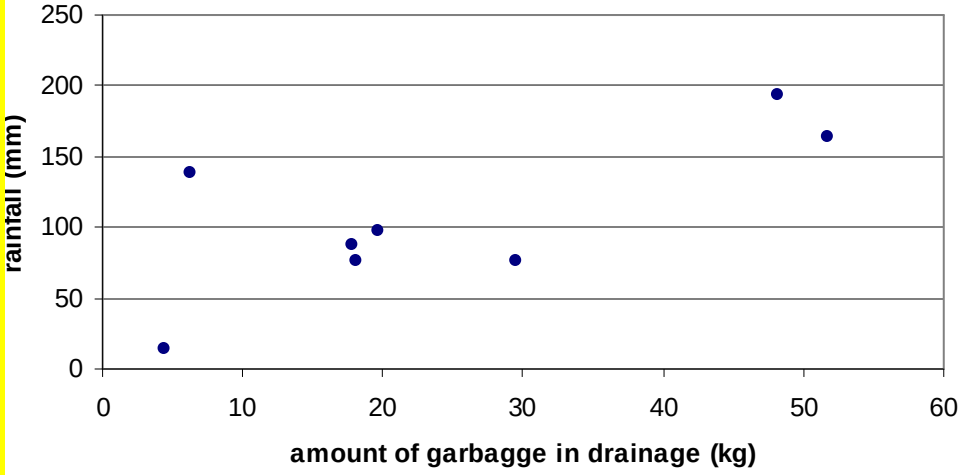
Tipo de Resíduos na drenagem : Poa

Tipos	Ruas (%)	Saída de drenagem (%)
Plásticos	40,4	77,2
Papéis	35,9	0,8
Vidro	7,1	2,0
Aço/Alumínio	3,2	2,3
Trapos	6,6	10,0
Isopor	2,7	4,5
Longa Vida	1,5	1,1
Outros	2,5	2,1

Produção de lixo x Precipitação

- Método Indireto para estimativa do total que entra na drenagem
- Baseado na relação entre o total limpo e a precipitação. A diferença representa o que entra na drenagem
- No período de 8 meses
- TOTAL QUE ENTROU = 944 kg
- TOTAL QUE SAIU = 288 kg (30,6%)
- TOTAL DISSOLVIDO NA DRENAGEM = 329 kg (35%)
- RETIDO NA DRENAGEM (26%)

Valor total corresponde a 11,72 kg/ha/ano (0,11 kg/pessoa/ano) que entra e 3,5 kg/ha/ano que sai.



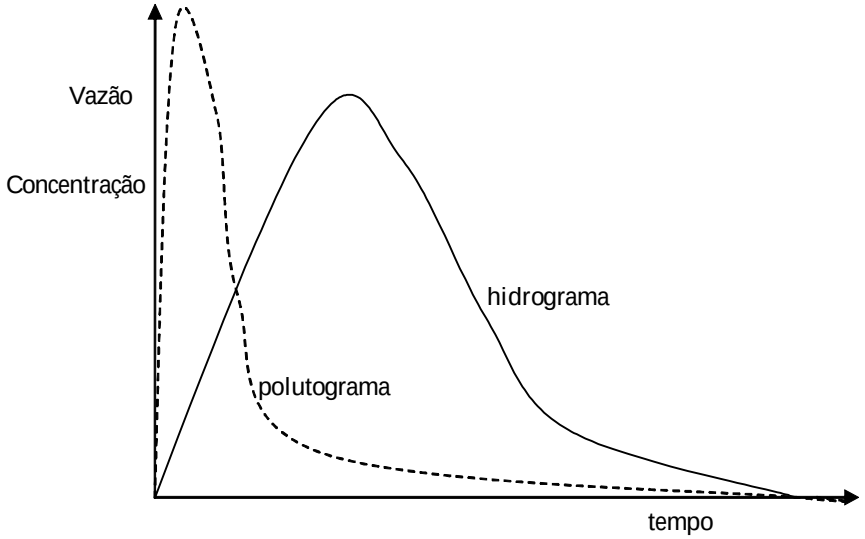
Valores mensais

A limpeza das ruas antes das chuvas deve reduzir de forma importante a quantidade de resíduos na drenagem.

RHAMA

Qualidade da Água Pluvial

- Cargas de metais
- Principais cargas no início da chuva;
- 80-90% nos primeiros 25 a 30 mm de chuva
- Vazões muito maiores que a de esgoto (1 para 100);
- Controle a poluição pluvial deve ocorrer sobre este volume.



RHAMA

Valores médios americanos

Constituinte (mg/l)	Residencial Mediana	CV	Comercial Mediana	CV	Industrial Mediana	CV	Não-urbana Mediana	CV
DBO	10,0	0,41	7,80	0,52	9,3	0,31	-	-
COD	73,0	0,55	65,0	0,58	57,0	0,39	40,0	0,78
TSS	101	0,96	67,0	1,10	69,0	0,85	70,0	2,90
P_B	0,144	0,75	0,114	1,40	0,104	0,68	0,03	1,50
CU	0,033	0,99	0,027	1,30	0,029	0,81	-	-
ZN	0,135	0,84	0,154	0,78	0,226	1,10	0,195	0,66
TKN	1,900	0,73	1,290	0,50	1,180	0,43	0,965	1,00
NO_{2+3}	0,736	0,83	0,558	0,67	0,572	0,48	0,543	0,91
TP	0,383	0,69	0,263	0,75	0,201	0,67	0,121	1,70
SP	0,143	0,46	0,056	0,75	0,080	0,71	0,026	2,10

Relação das cargas de qualidade da água

Parâmetros	Cargas pluvial/ sanitário		
	tempo [ano]	tempo [dia]	tempo [hora]
Sólidos totais	0,50	0,50	50,00
DBO_5	0,04	0,17	4,00
NTK	0,04	0,14	3,50
Pb	27,00	80,00	2000,00
Zn	1,00	4,00	100,00

RHAMA

Fonte: Nilo Nascimento

Valores Comparativos

Parâmetro (mg/l)	Durham (1)	Cincinatti (2)	Tulsa (3)	P. Alegre (4)	APWA (5) Mínimo máximo
DBO		19	11,8	31,8	1 700
Sólidos totais	1440		545	1523	450 14.600
PH		7,5	7,4	7,2	
Coliformes (NMP/100ml)	23.000		18.000		
Ferro	12			30,3	
Chumbo	0,46			0,19	
Amônia		0,4		1,0	

RHAMA

Resumo

Fontes	Alterações	Principais consequências
Residencial e comercial	Desmatamento, impermeabilização, condutos e canais, depósitos, etc	Inundações urbanas; erosão do solo e material sólido, contaminação da qualidade da água superficial, contaminação dos aqüíferos e alteração da biodiversidade .
Infra-estrutura urbana: ruas, parques, passeios, tc	Desmatamento, impermeabilização dos espaços, condutos e canais.	Inundações urbanas; erosão do solo e material sólido, contaminação da qualidade da água superficial.
Serviços: comércio, transporte, água e esgoto, postos de gasolina	Emissão de gases, vazamentos, depósitos de produtos químicos e usos de produtos nos serviços, efluentes de esgoto.	Contaminação de aquíferos, da qualidade da água superficial devido à poluição aérea e dos esgotos, alteração na biodiversidade.
Ocupação e produção industrial	Efluentes industriais, emissão de gases, impermeabilização e condutos	Inundações, contaminação superficial e subterrânea, alteração da biodiversidade com componentes químicos

Gestão atual: drenagem urbana

Os problemas atuais resultam de um *conceito errado de gestão* por parte de engenheiros:

"a melhor drenagem é a que escoa o mais rapidamente possível a precipitação "

consequência direta = inundações e poluição

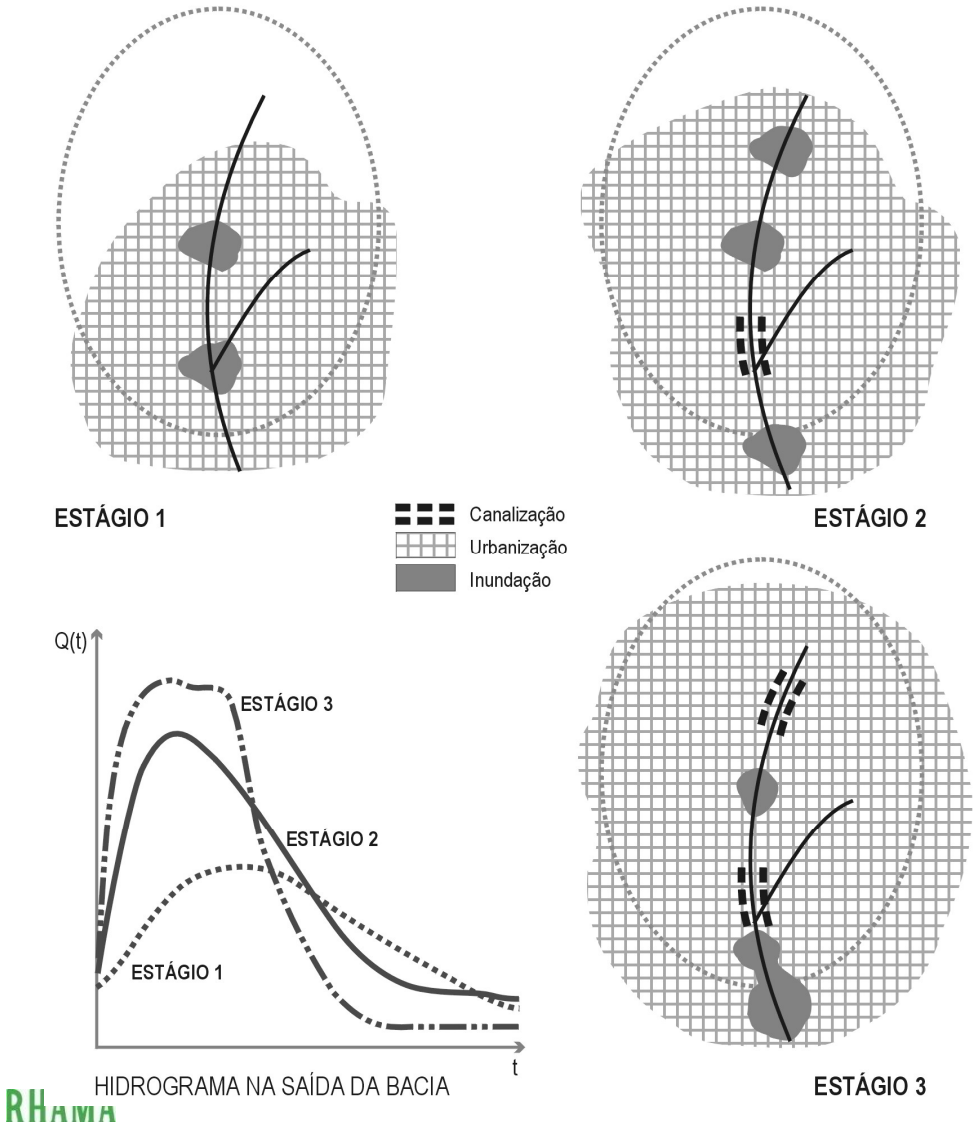
A política se baseia na canalização do escoamento, apenas transferindo para jusante as inundações.

Canais e condutos podem produzir custos 10 vezes maiores que o controle na fonte;

➔ a canalização aumenta os picos para jusante

Projetos atuais nas cidades

- Primeiro estágio: alguns locais com inundação;
- Segundo estágio: Canalizações setorizadas sem visão de impacto na bacia;
- Terceiro estágio: volta a inundar no local canalizado devido as sucessivas canalizações e urbanizações;
- A população perde duas vezes: custo mais alto e maiores inundações.



Efeito combinado de inundações ribeirinhas e drenagem urbana

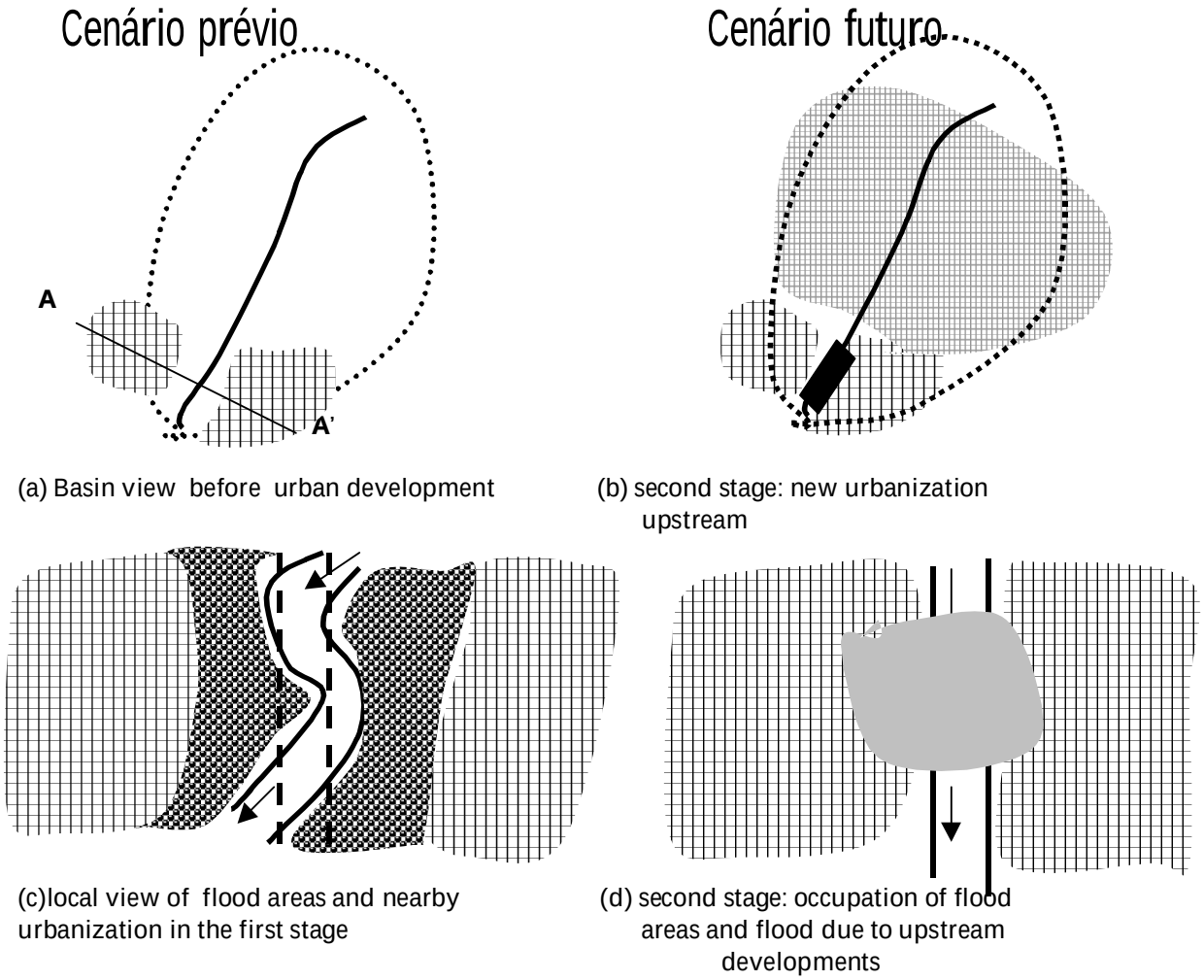


Figure 7.2 Stages of basin occupation and impacts

Princípios da gestão sustentável

- A bacia como sistema
- Controle do conjunto da bacia
- Meios: Plano Diretor Urbano/Drenagem, legislação e manual
- Cenários
- Controle sobre ampliação da cheia e transferência de impactos
- Educação
- Gestão
- Controle permanente

Mecanismos Sustentáveis

- Preservar os caminhos naturais do escoamento : infiltração e ravinamento';
- Aplicável para novos desenvolvimentos
- Implementar a ocupação urbano preservando os talvegues e dispondo residências e prédios com espaços que permita a infiltração das áreas permeáveis
- Minimizar o armazenamento
- Geralmente com custo 25% menor que o uso de armazenamento e drenagem natural
- Exemplo de Saturnino de Brito no anos 20.

Medidas de controle da drenagem urbana

Fonte: no loteamento ou no lote:

- **Infiltração** (pavimento permeáveis, planos de infiltração, trincheiras)
- **amortecimento**:área de acumulação local

Microdrenagem: bacias que envolvem alguns loteamentos até ~ 1 km2;

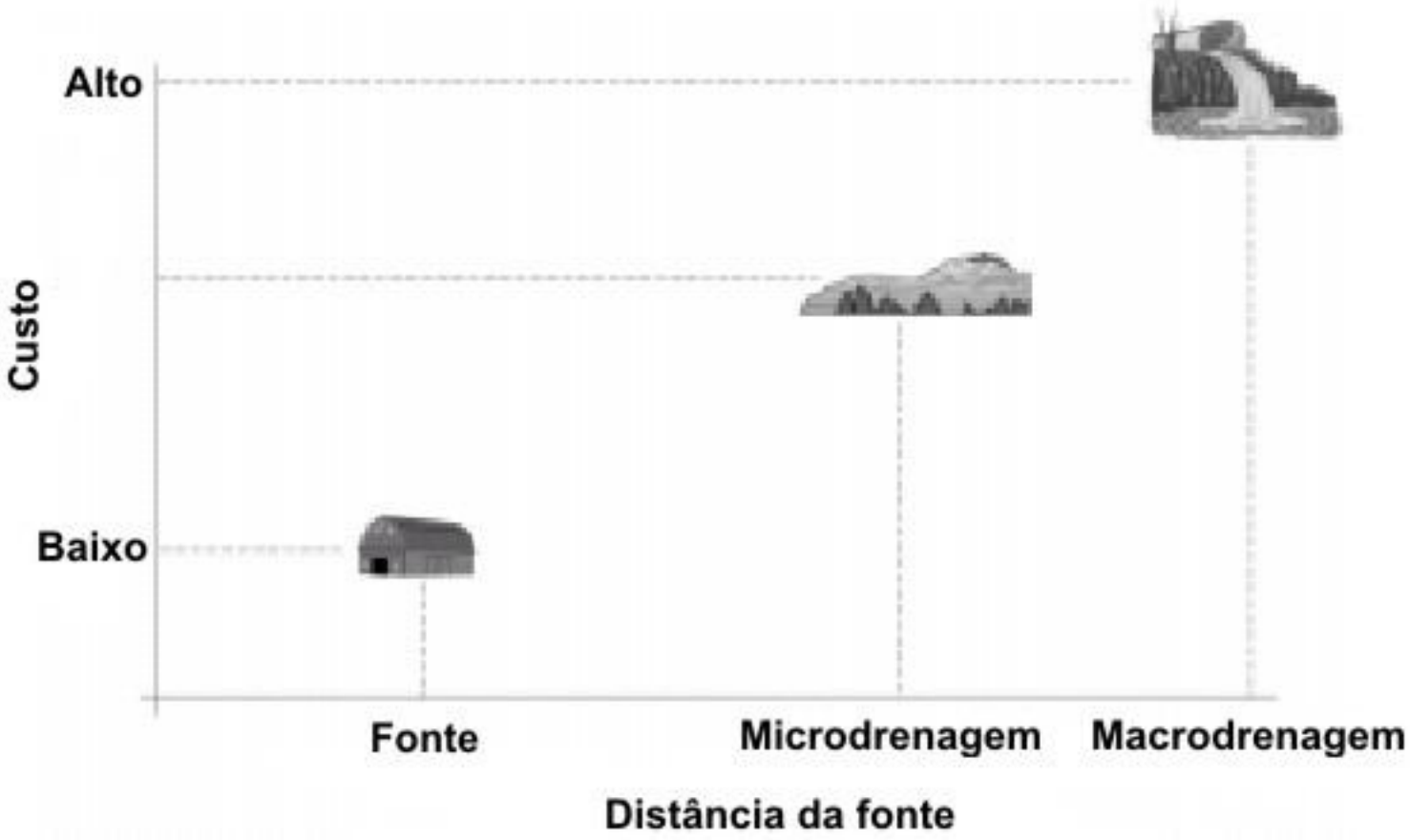
- Gestão interna com infiltração em áreas de praças e públicas
- Armazenamento com banhados e retenções

Macrodrenagem: macrobacias urbanas > 1 km2

planejamento de espaços urbanos para inundação, detenção e retenção: bacias urbanas

RHAMA

Custos de Controle



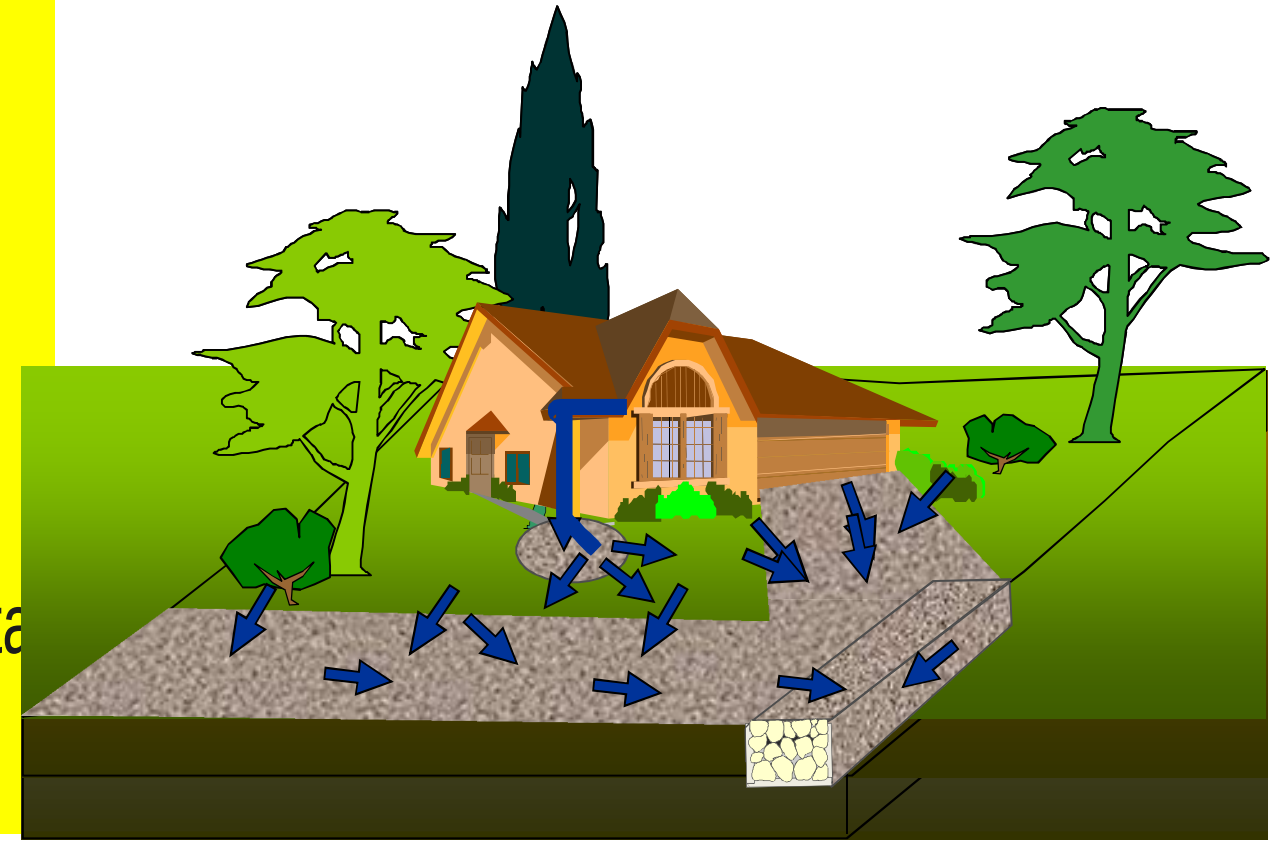
RHAMA

Medidas de controle na fonte

- Aumentam a área de *infiltração* através de: valos, poços e bacias de infiltração, trincheiras de infiltração ou bacias de percolação, pavimentos permeáveis e mantas de infiltração;
- *Armazenam* temporariamente a água em reservatórios locais

Controle na fonte

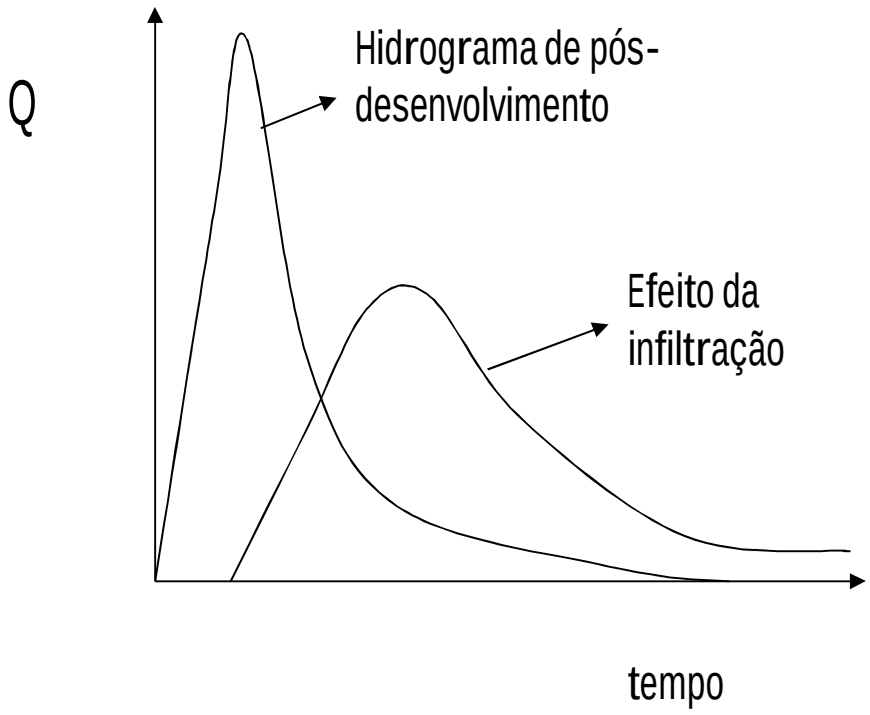
- Pavimento permeável
- Trincheiras e planos de infiltração
- detenção
- sem ligação direta com o pluvial

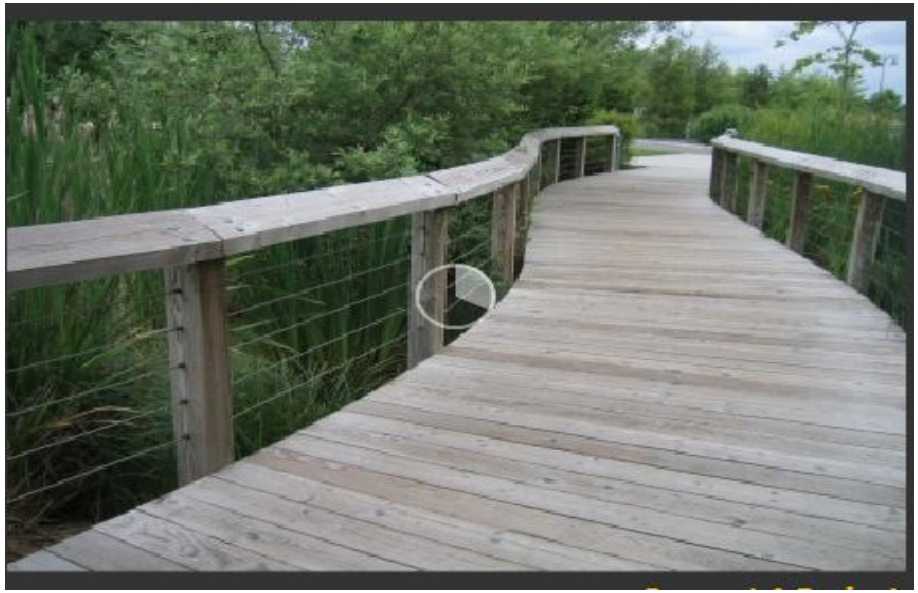


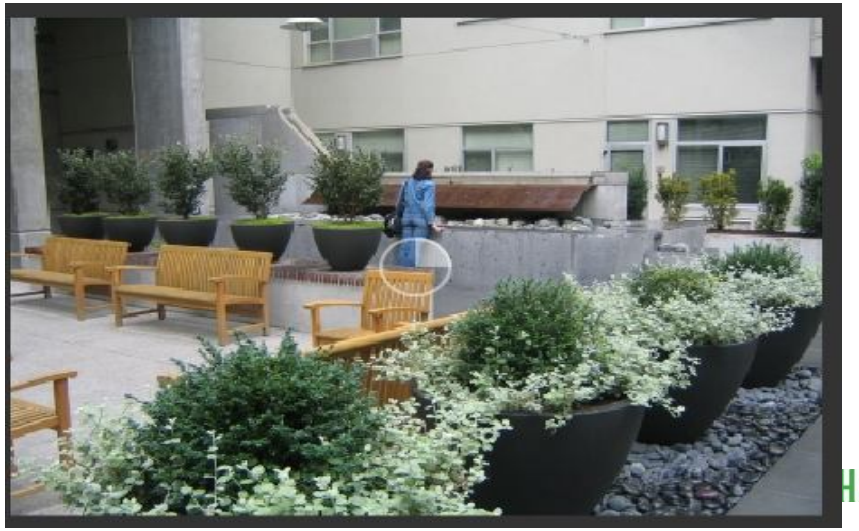
RHAMA

Tipos de infiltração

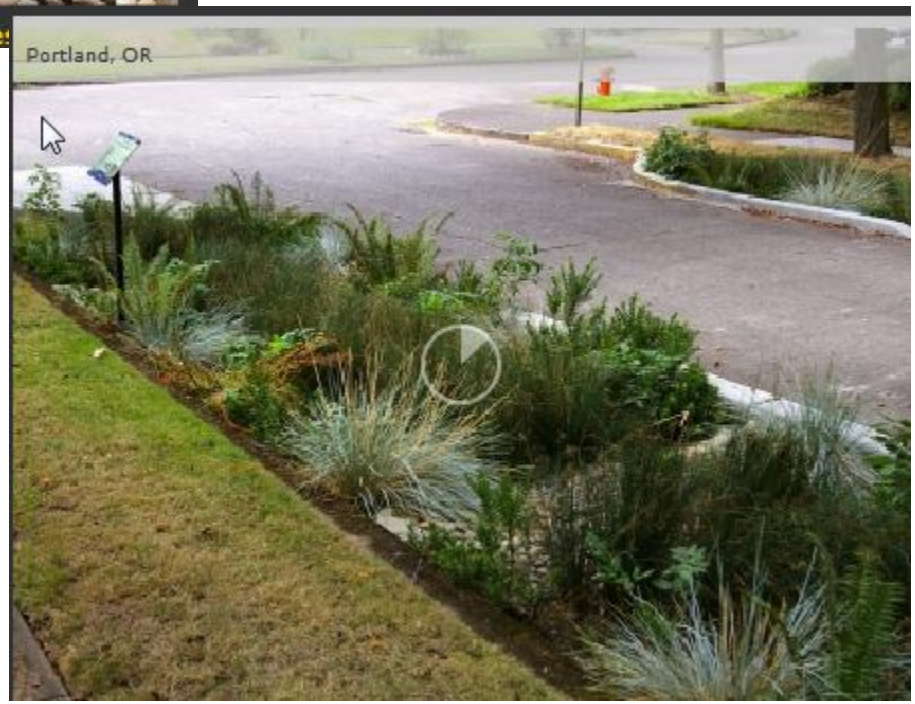
- Planos de infiltração
- Valas de Infiltração
- Telhados ou outras superfícies
- Trincheiras de infiltração
- Pavimentos permeáveis
- Poços de infiltração

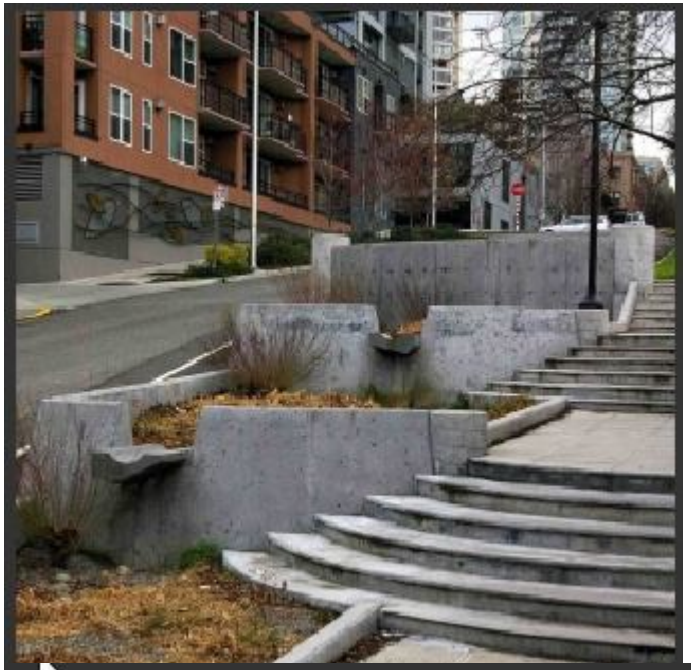






Oregon Convention Center
Portland, OR
Sugge


Portland, OR



POROUS STREET
& SIDEWALKS

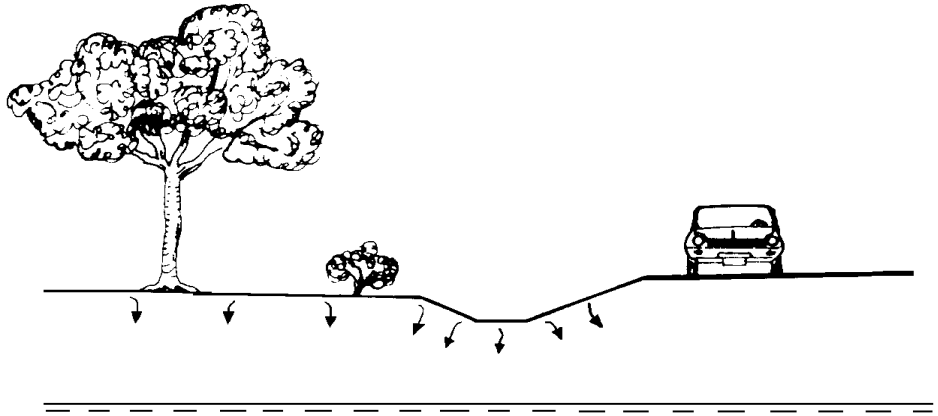
Aumento da infiltração e retenção do escoamento e distribuição da contaminação
Redução da temperatura de verão
Melhoria visual
Qualidade de vida de forma geral.

Figure 6.2 Infiltration Basin. Source: David Dods

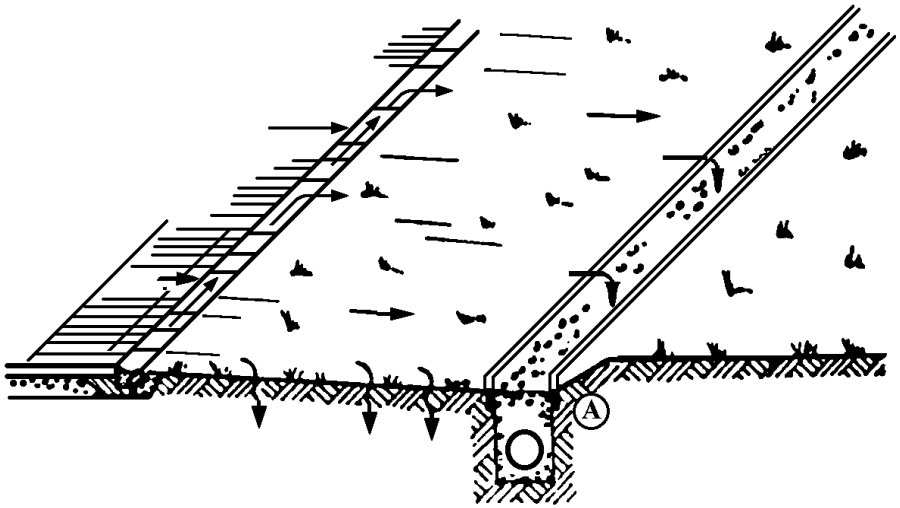
Figure 6.3 Biofiltration infiltration trench, Cumberland County, PA. Source: Pennsylvania Department of Environmental Protection

Planos e Valas de Infiltração

Valas de infiltração

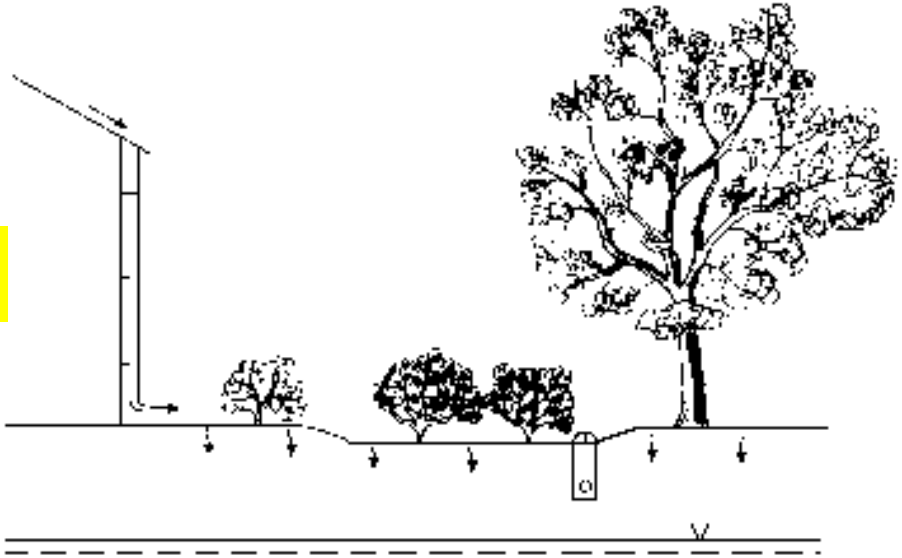


Plano de Infiltração

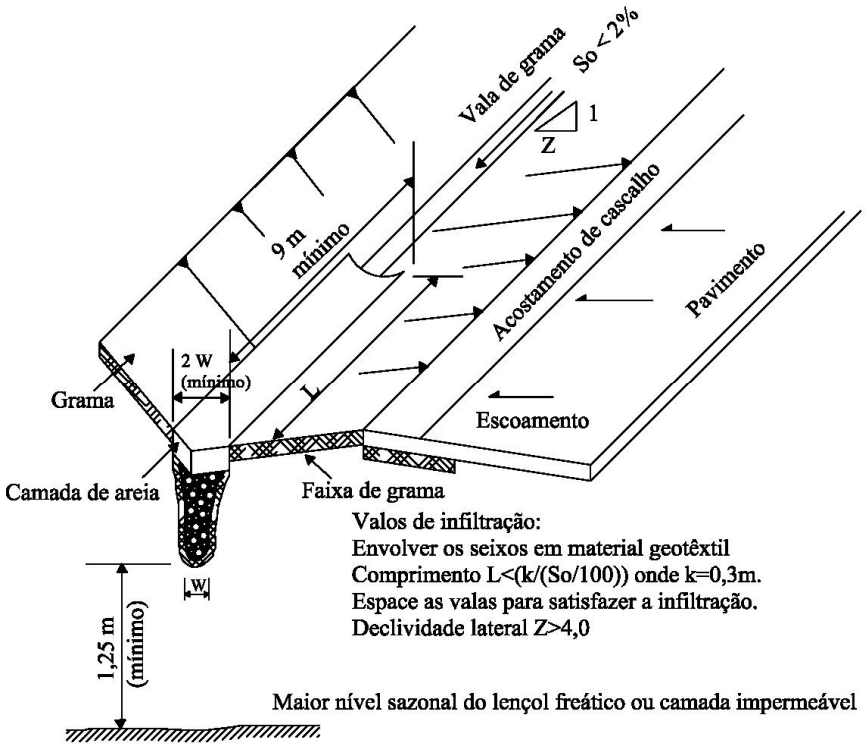


RHAM

Plano de infiltração



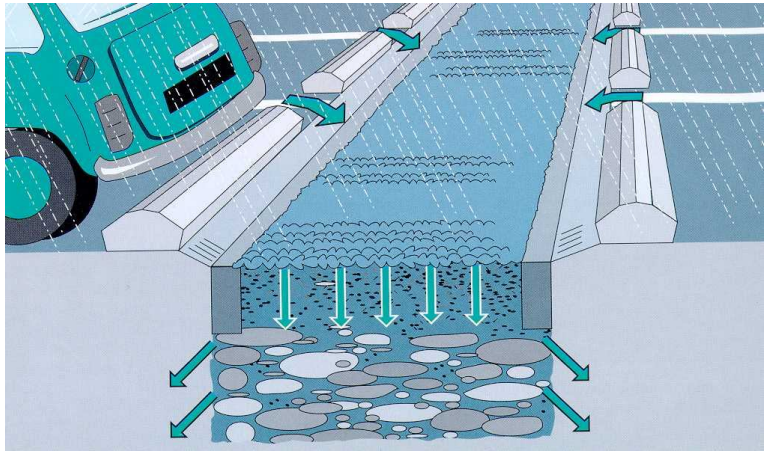
Características de Valos



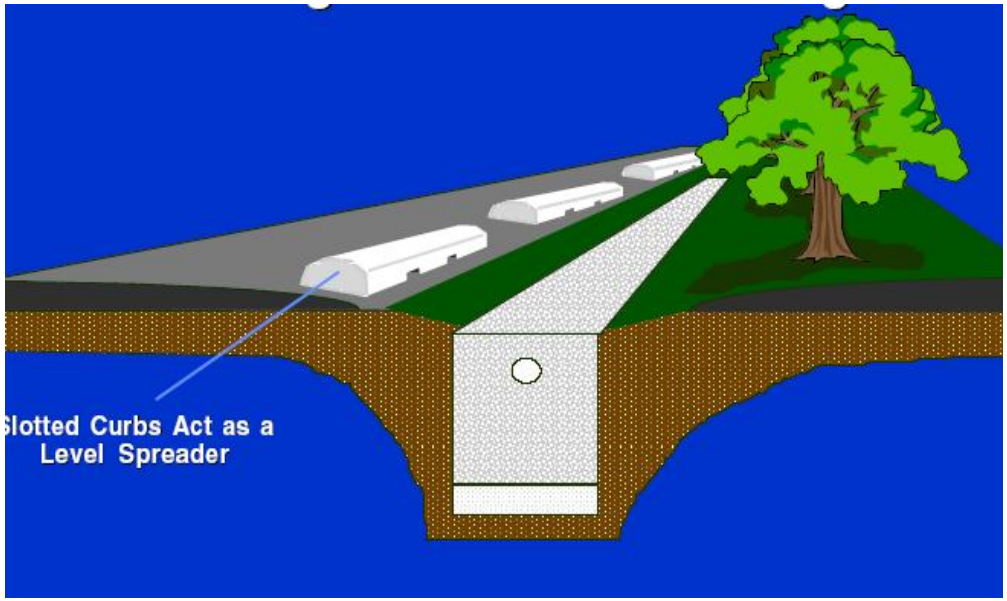
Valetas

Fonte: prof.Nilo UFMG

Valas



RHAMA


Slotted Curbs Act as a
Level Spreader

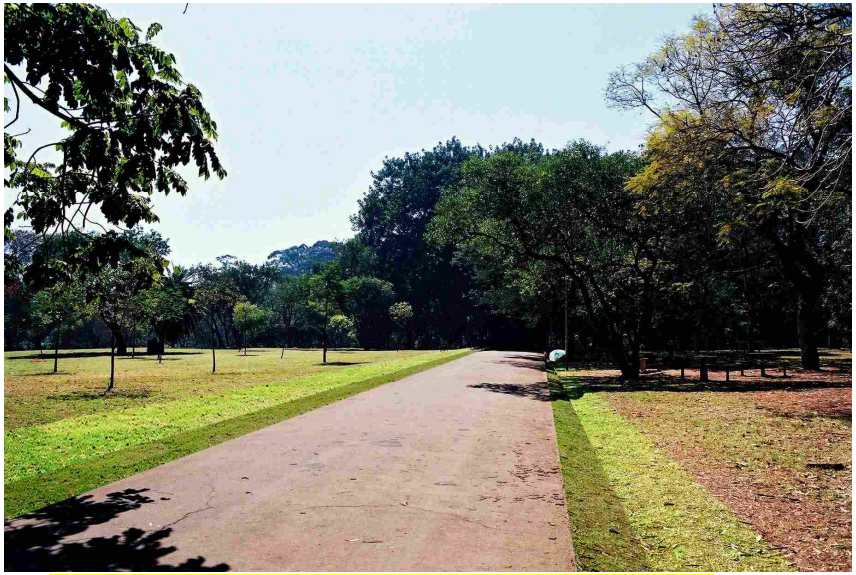
Convencional
Baixo impacto
Convencional
Paisagismo funcional

Ruas

Ruas com infiltração nos passeios

Parque Ibirapuera

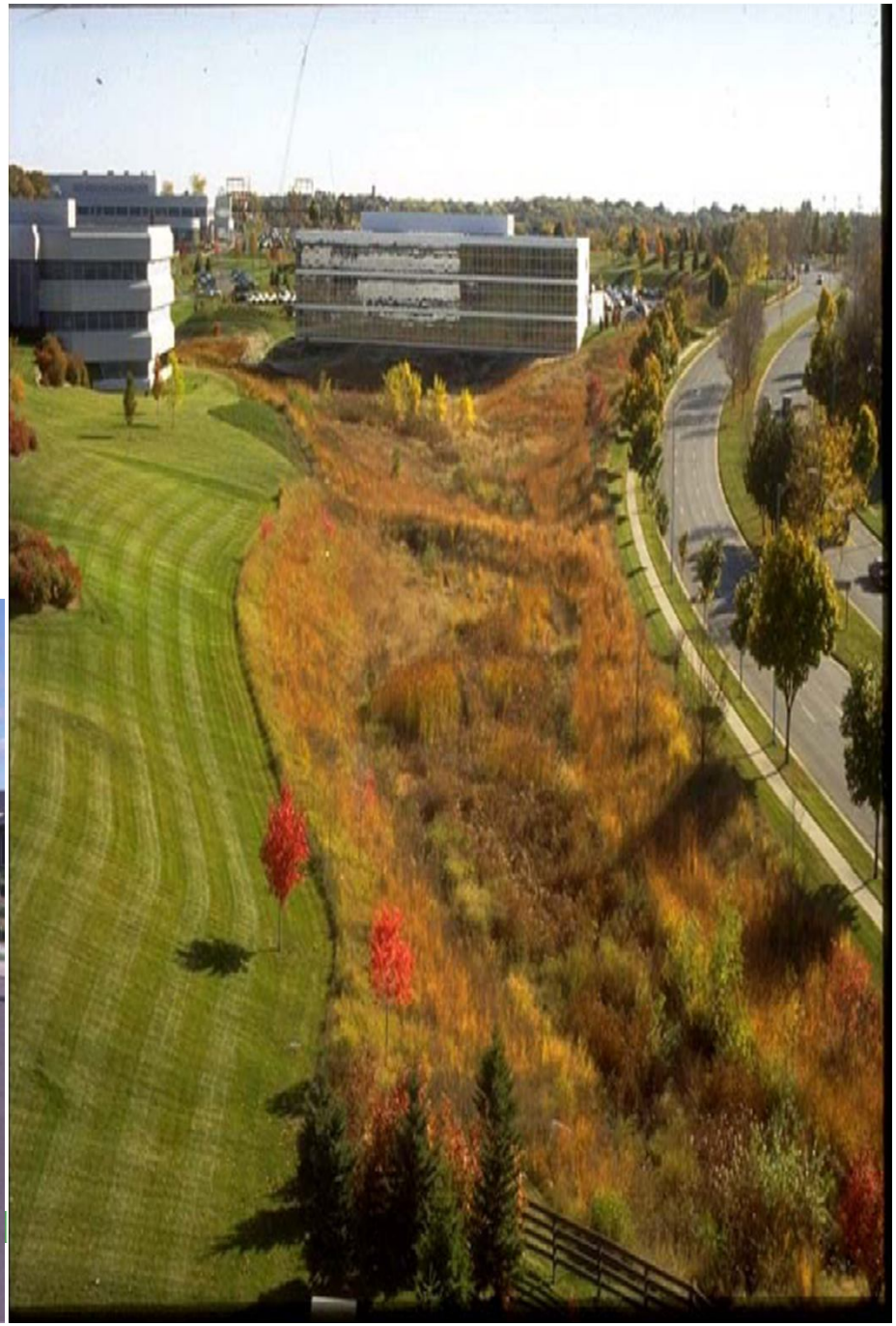
com sarjetas



Com valas gramadas

Eng. Orsini

RHAMA

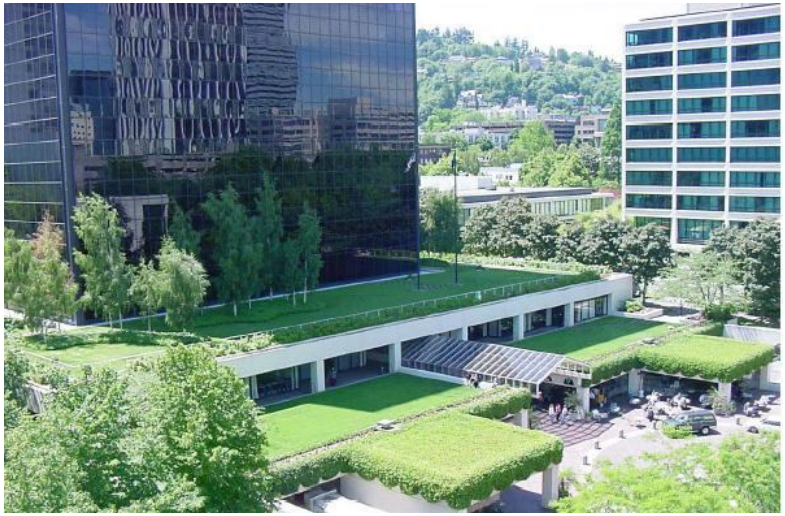


Área de infiltração

Telhado para área de infiltração

A

Telhados permeáveis



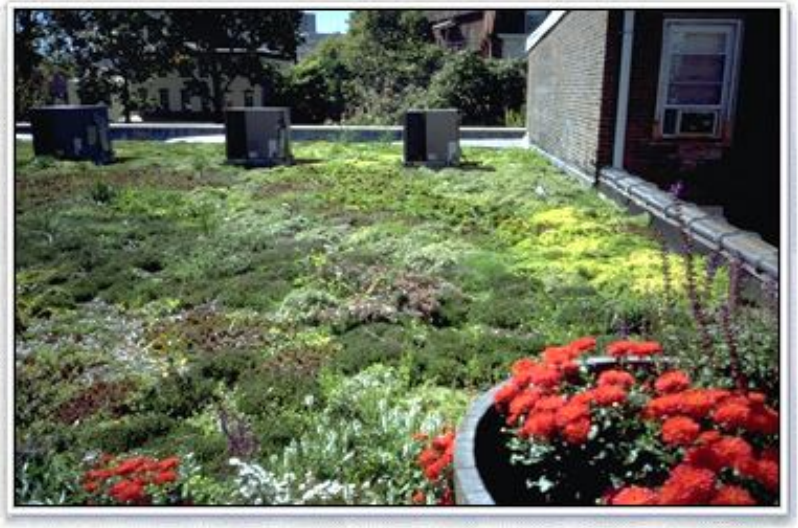


Figure 6.7 Green roof, Chicago city hall. www.cityofchicago.org

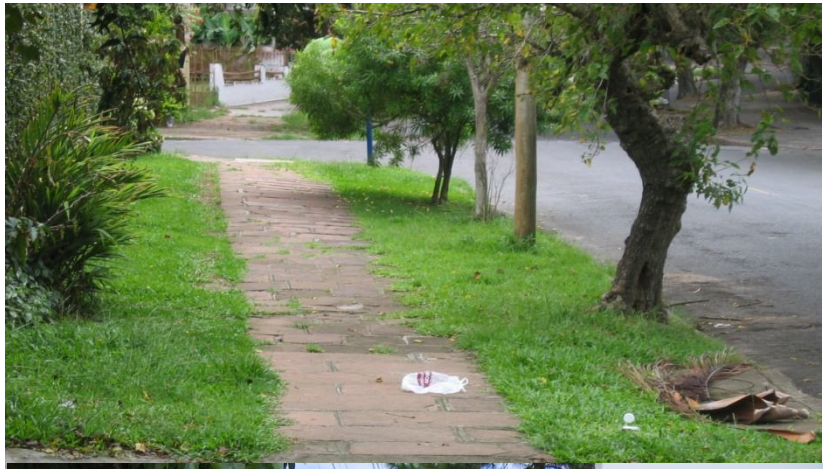
RHAMA

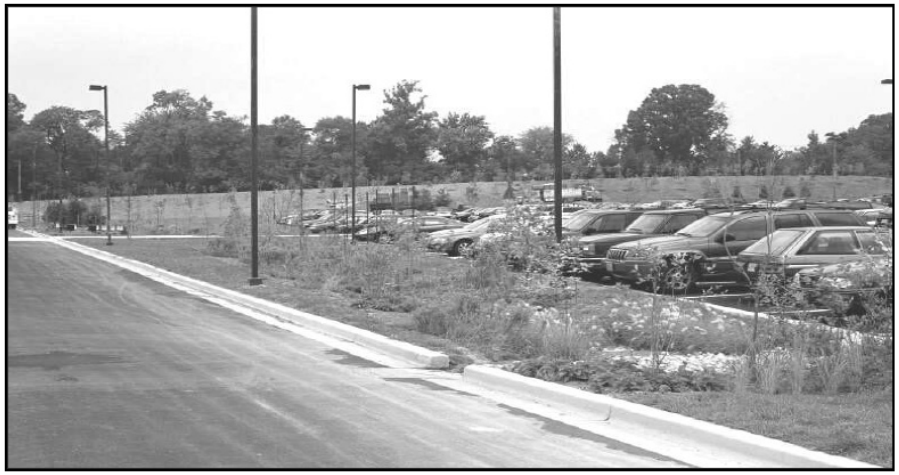
Telhados

RHAMA

Passeios

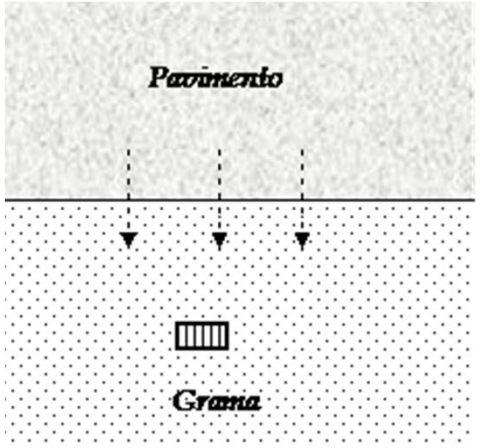
Figure 1.7: Bioretention Curb-cut Entrance





A

Planos e reservatórios internos



a- pavimento escoando para gramado

b-somente infiltração

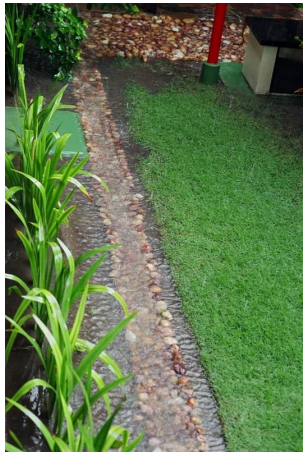
C – infiltração e armazenamento

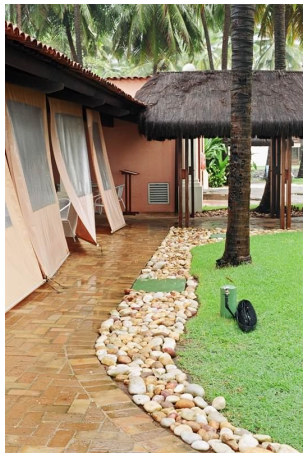
Reservatório de pedras

Dissipa energia da chuva

RHAMA

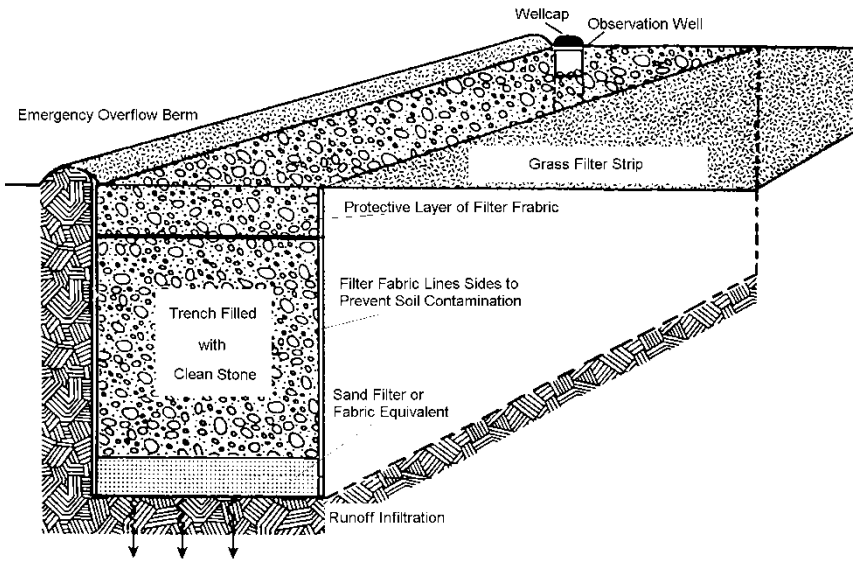
Área drenada com infiltração

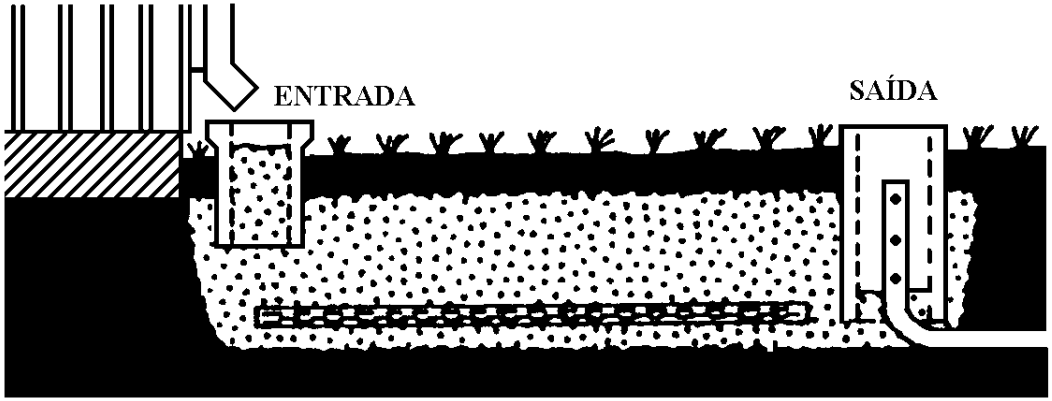




RHAMA

Trincheira de infiltração





Trincheira de infiltração e percolação

Comprimento: 10 m; largura: 0,8 m; profundidade: 1m

Área de contribuição: 600 m^2

Áreas com paralelepípedos, terreno natural e grama

Monitorado desde Julho 1999

Trincheira 1

RHAMA

Trincheira 2

3 módulos separados

comprimento: 3 m; largura: 0,8 m; profundidade: 1m

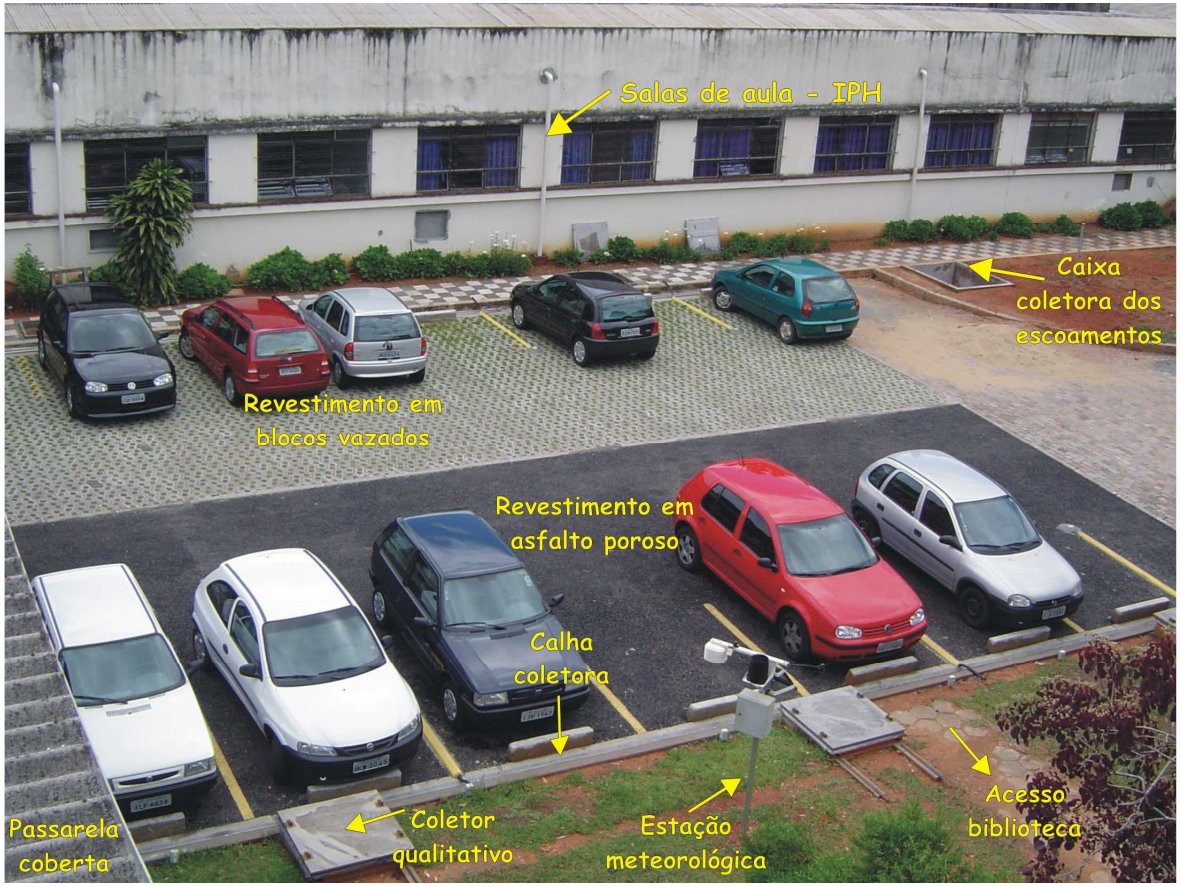
Área contribuinte: 450 m^2

paralelepípedos

Monitorado desde setembro de 2001

Pavimentos permeáveis

- Blocos vazados
- Asfalto poroso
- Concreto poroso

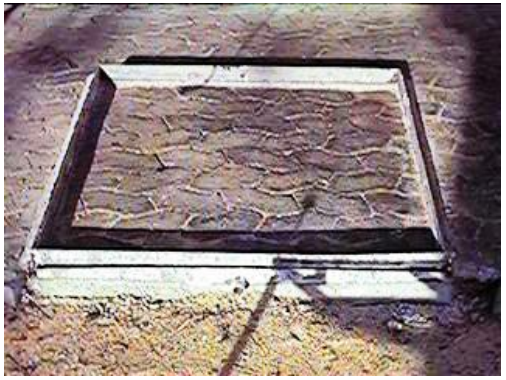


Estacionamento construído para monitoramento no IPH

RHAMA

Detalhe do bloco vazado

EXPERIMENTOS COM DIFERENTES SUPERFÍCIES



RHAMA

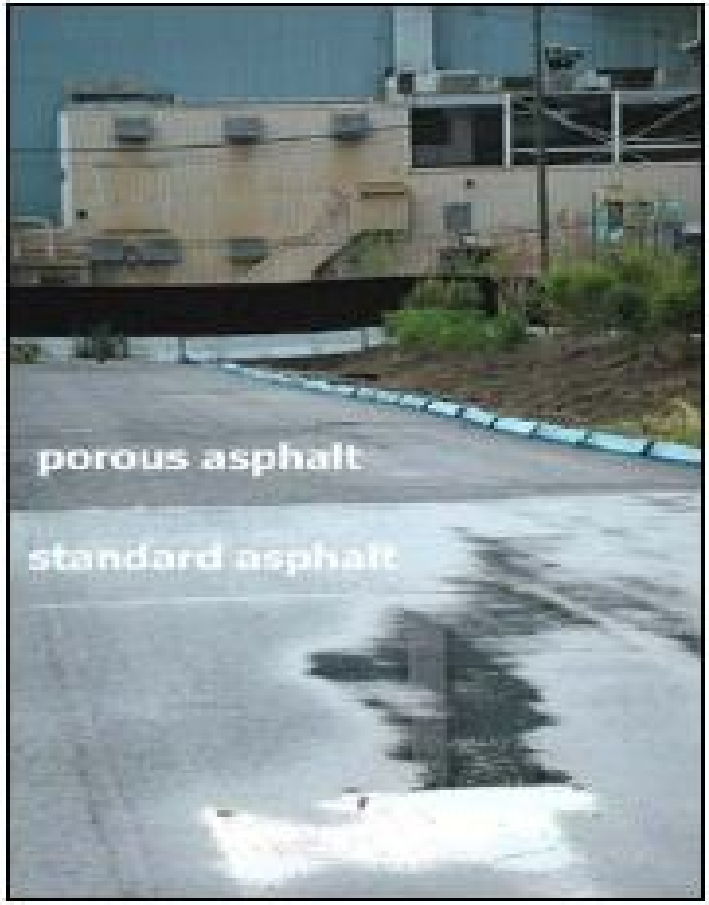
Testes de Infiltrações com superfícies

Variáveis*	Solo Compactado	Concreto	Bloco de Concreto	Paralele-pípedo	Bloco Vazados
I (mm/h)	112	110	116	110	110
P (mm)	18,66	18,33	19,33	18,33	18,33
Q (mm)	12,32	17,45	15,00	10,99	0,5
C	0,66	0,95	0,78	0,60	0,03

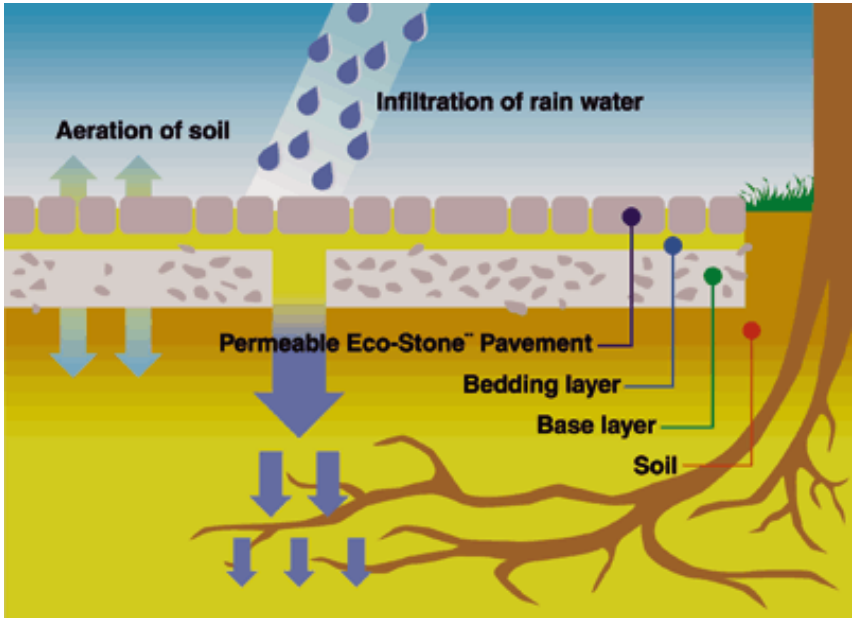
**I =intensidade da precipitação; P = precipitação total mm; Q = escoamento total; C = coeficiente de escoamento*

Efeito no Pavimentos de ruas

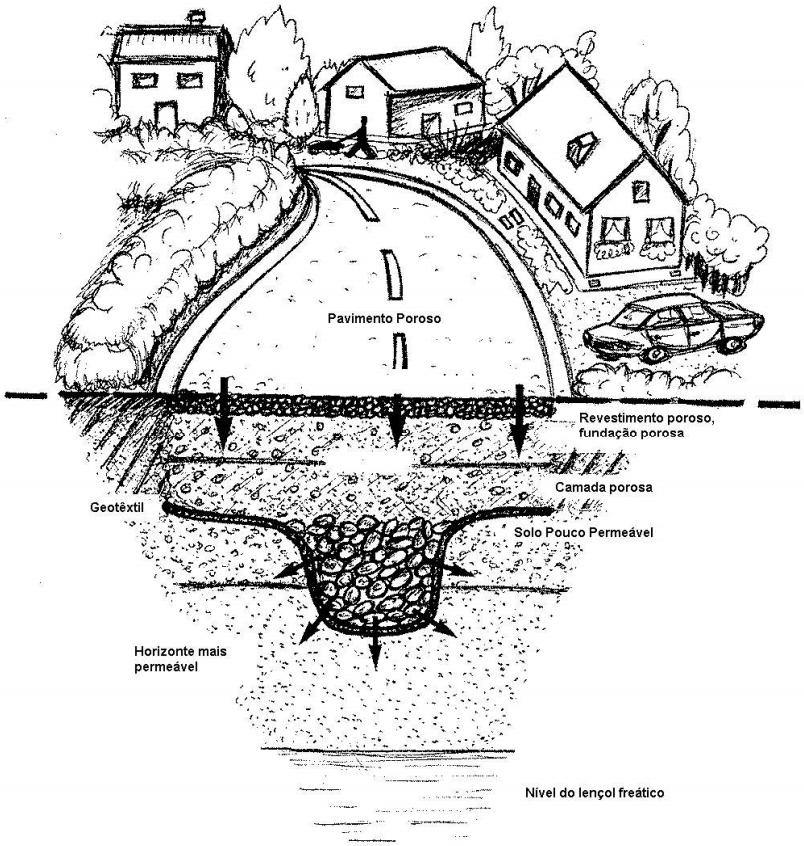
Machine de décolmatage.
Source Cete du Sud-Ouest.



Blocos vazados



Poços


Pavimento Poroso
Revestimento poroso, fundação porosa
Camada porosa
Geotêxtil
Solo Pouco Permeável
Horizonte mais permeável
Nível do lençol freático

RHAMA

Resumo

Vantagens

- Redução das vazões máximas à jusante;
- redução do tamanho dos condutos;
- aumento da recarga do aqüífero;
- preservação da vegetação natural;
- redução da poluição transportada para os rios;

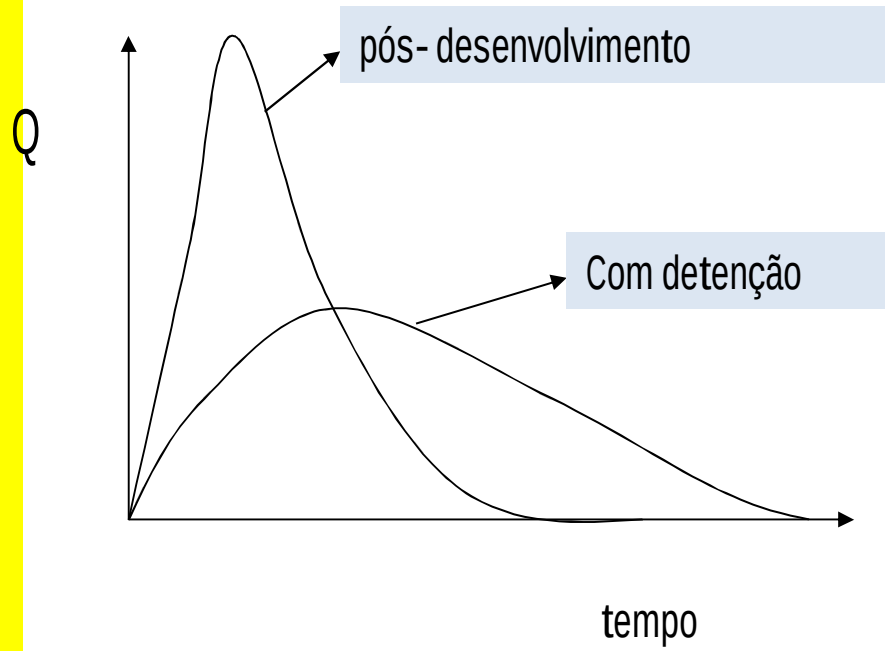
Desvantagens

- Colmatação de algumas áreas pela falta de manutenção;
- aumento do nível do lençol freático, atingindo construções em subsolo.
- Não pode ser usado para profundidades do lençol freático < 1,2m

RHAMA

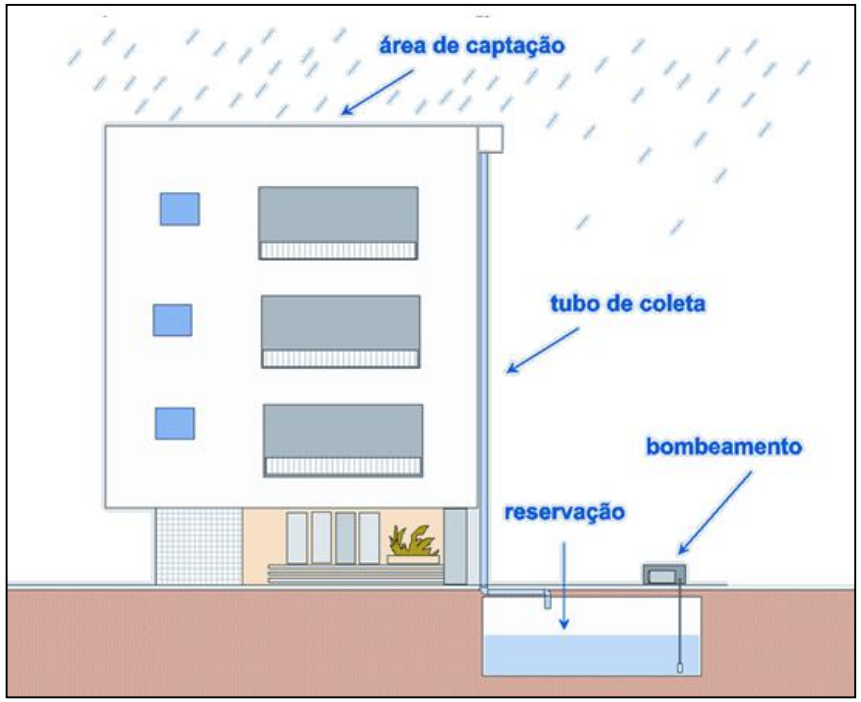
Reservatórios

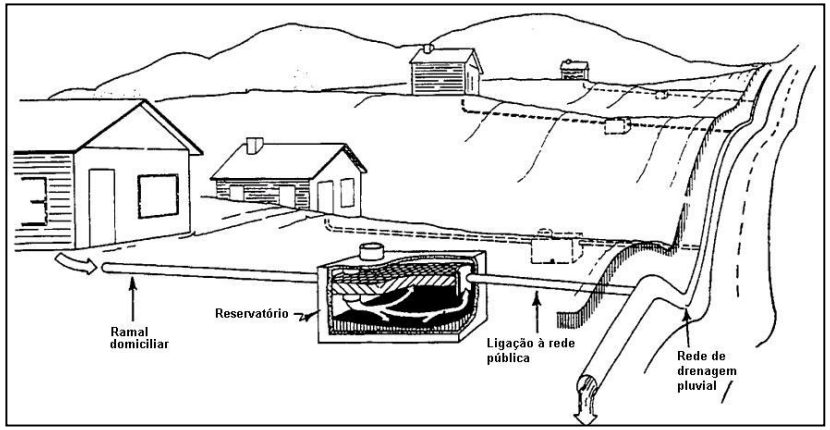
- Armazenam água por um período;
- Escoam lentamente
- Podem combinar com infiltração, mas efeito principal é armazenamento;
- Interno na propriedade o associado a microdrenagem



RHAMA

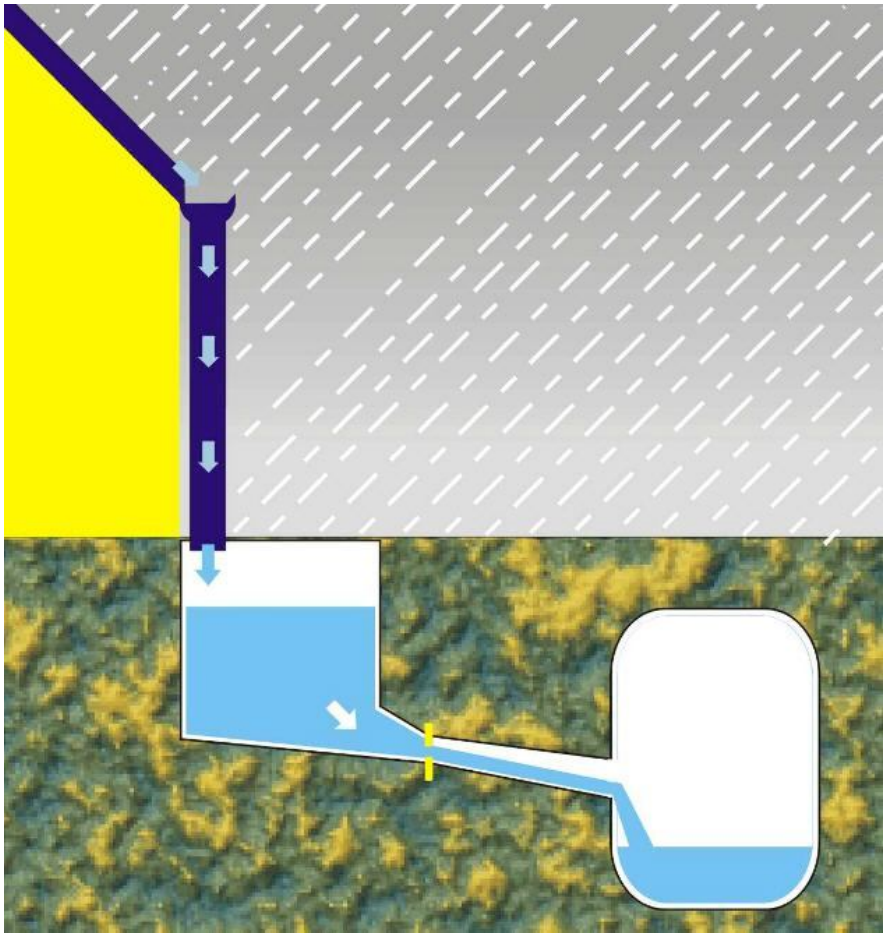
Reservatório local





Funções

- Usado quando é limitada a vazão de saída para a rede de drenagem.
- Problemas quando a limpeza é deficiente;
- Quanto menor o reservatório, maior número para o mesmo volume e maior manutenção;
- O ideal é utilizar um por loteamento

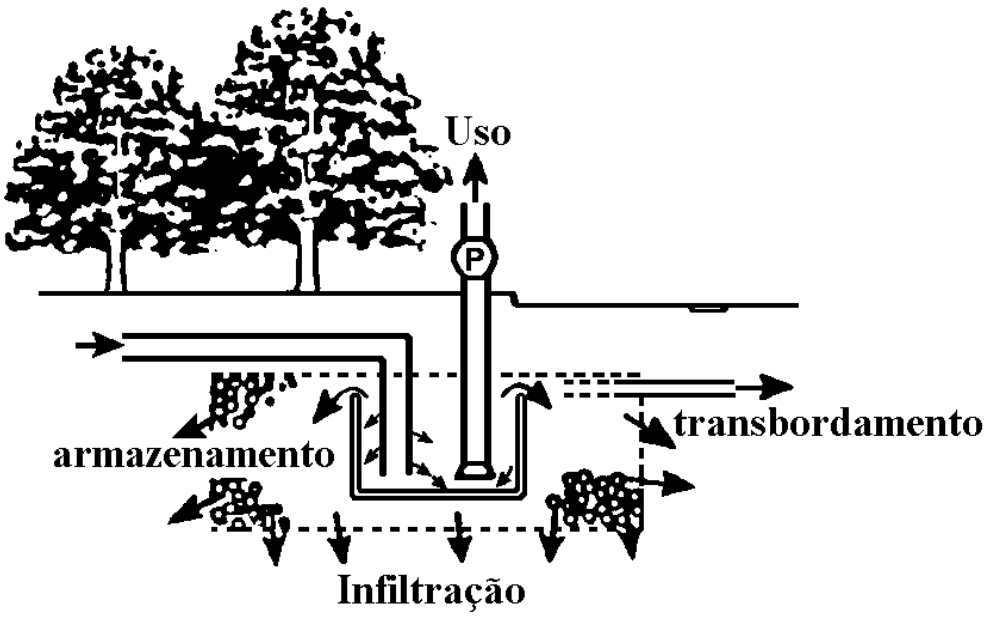


RHAMA

Fonte: prof. Nilo

Uso múltiplo

- O uso de reservatório como cisterna para controle de cheias é discutível;
- A cisterna é utilizada para armazenar água
- Quando chega a chuva o volume está cheio e não tem efeito para inundação
- principalmente em climas de sazonalidade definida a cisterna é ineficiente



RHAMA

Armazenamento local

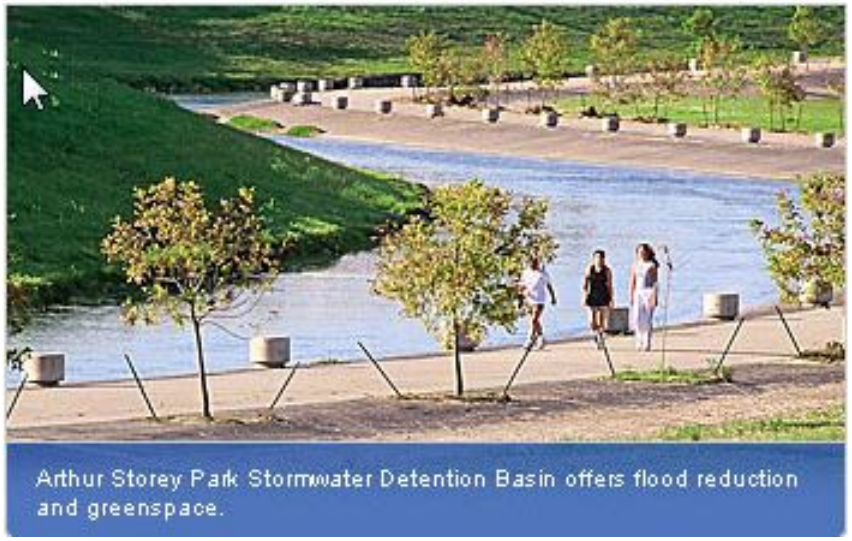
- Existem várias combinações possíveis para armazenar água a nível local

RHAM

Havoline
No Appointment
Oil Change

A

RHAMA



www.projectbrays.org/highlights.html

Stormwater detention pond in Seattle, Washington. Courtesy of: City of Seattle

Houston

blade-runners.com/blog/tag/hoa-landscaping

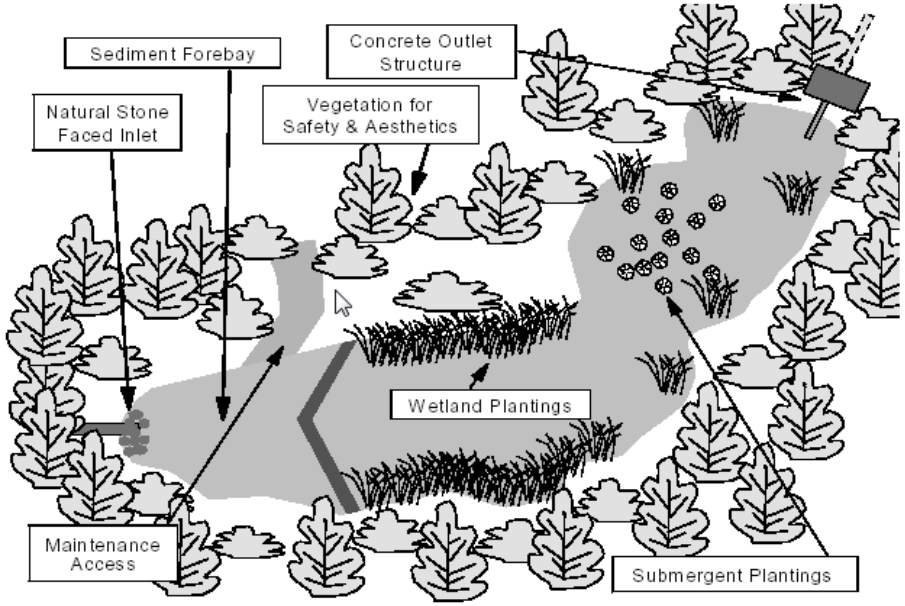
A

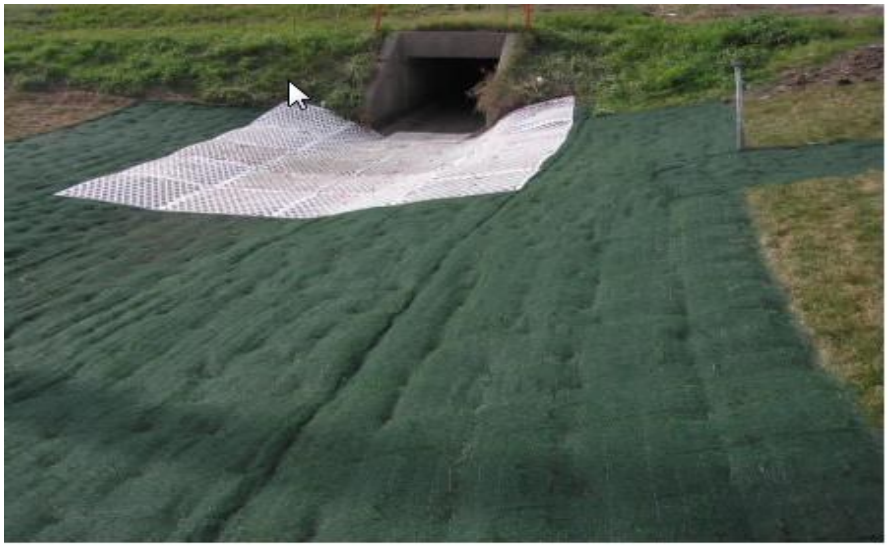
RainTank : permite armazenamento subetrrâneo. Depois infiltra, gera escoamento subterrâneo ou por reuso. Fácil de Instalar, tem alta resist~encia e pode ser debaixo de estacionamentos.

Projeto modular : pode modular e aproveitar o espaço disponível

Fácil de Transport:ar pode ser fornecido desmontado e montado no local com redução de custo

RHAMA

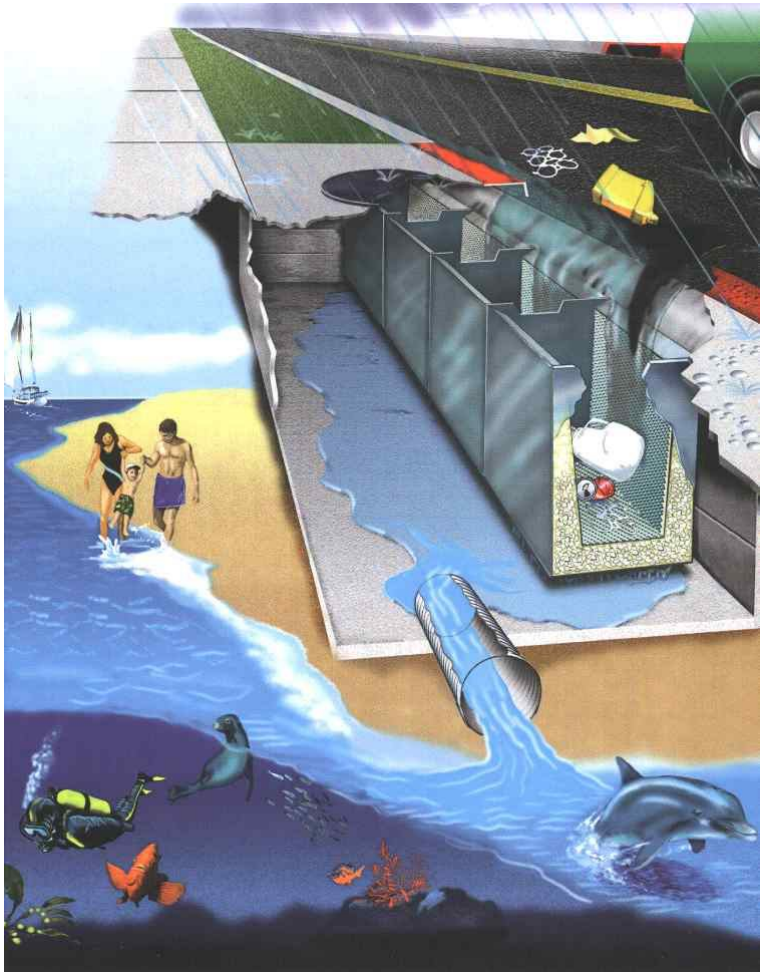


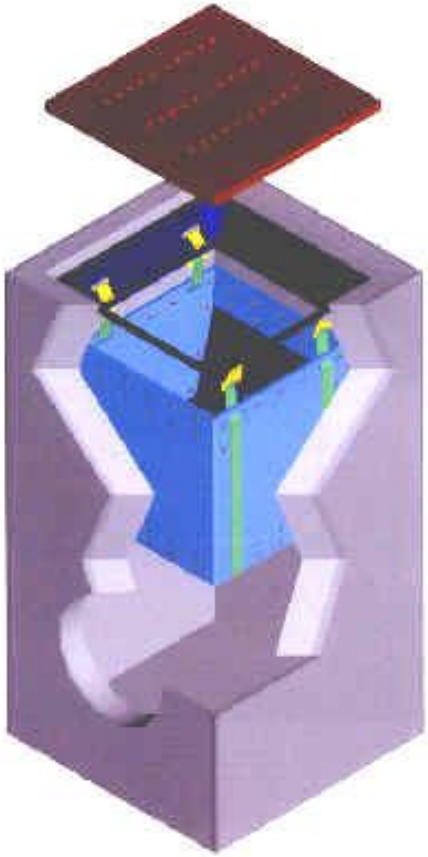


- ScourStop não necessita de manutenção; montado com material semi-rigido alta densidade de polietireno (4 ft X 4 ft X ½ polegadas)
- Projetado com espaços na estrutura qye permite o crescimento da vegetação.
- Integra vegetação com moderno polímero para proteção do solo da erosão dissipando energia.
- Combina a sinergia da proteção mecânica e vegetação para resistir a a erosão.

RHA

Controle da qualidade da rede





RHAMA

Medidas na Macrodrenagem

- As principais medidas na macrodrenagem são:

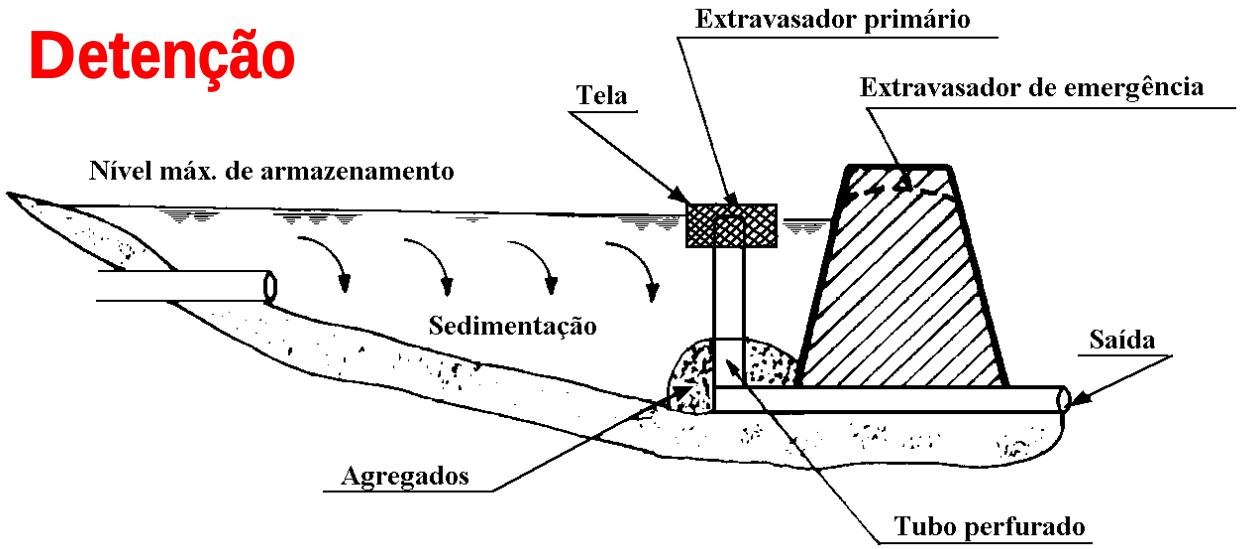
  armazenamento

  aumento da capacidade de condução
- Quando ocorre o aumento a condução não deve ocorrer transferência de impacto para jusante

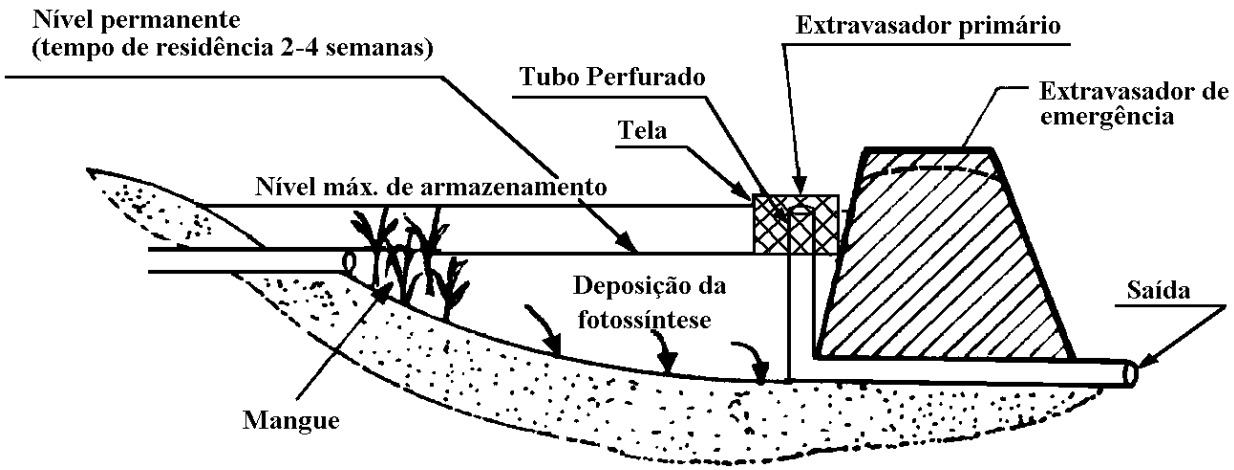
Armazenamentos

- **Detenção** são reservatórios mantidos secos na maior parte do tempo e são utilizados para controle de pico, ou seja controle quantitativo; As detenções são chamadas de *estendidas* quando a água fica de 12 a 24 h no reservatório
- **Retenção** são reservatórios mantidos com lâminas de água que têm a função de reduzir o pico e melhoria da qualidade da água. Por exemplo, banhados ou reservatórios urbanos.
- As retenções necessitam de maior volume e mais espaço;
- As detenções fechadas podem custar até 7 vezes as abertas (sem considerar desapropriação).
- A primeira parte da precipitação efetiva (~25 mm) possui 90% da carga poluente.

Detenção



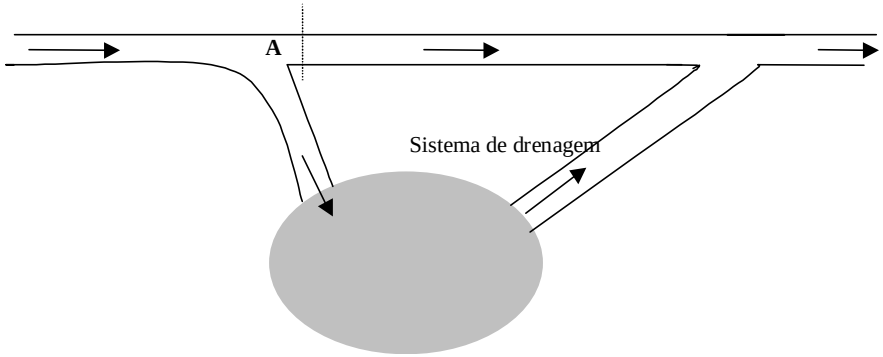
Retenção

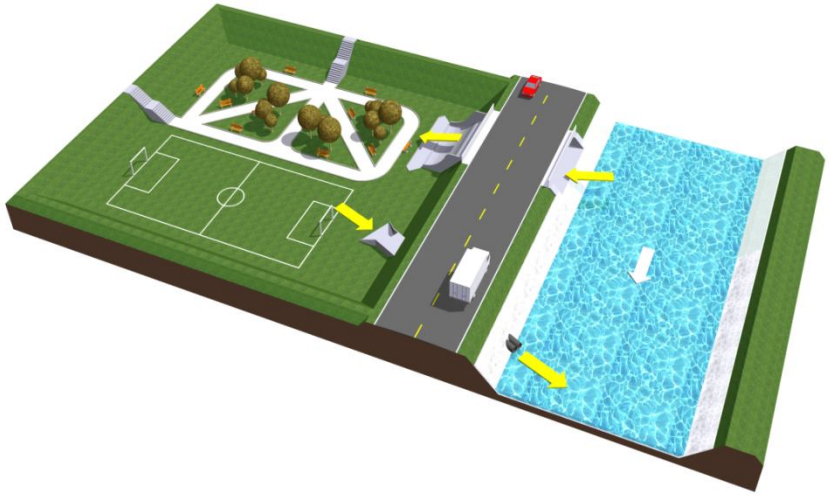


KHAMA

Off-Line

- Quando o escoamento de tempo seco não passa pela detenção
- Utilizado quando o sistema drenagem está contaminado ou é um sistema misto
- O conduto a jusante tem limitada capacidade de escoamento e quando atinge esta vazão o volume escoa para a área de armazenamento, retornando por gravidade
- Quando espaço é pequeno pode-se usar bombeamento e aprofundar a detenção

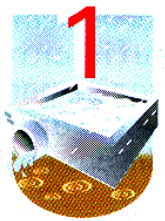




Funcionamento da detenção off-line

OS PRINCÍPIOS BÁSICOS

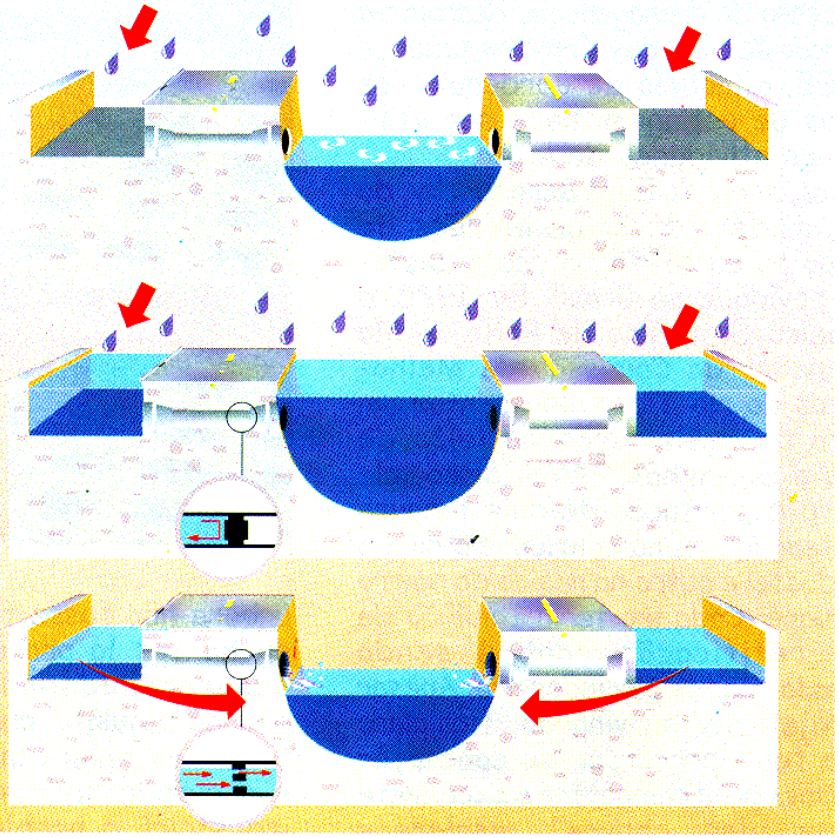
Abertos e fechados, os tanques de contenção apresentam sistemas diferenciados de funcionamento. Observe a regra que vale para reservatórios como o AC-1 e o TC-2, respectivamente em São Bernardo e Diadema.



Ao ultrapassar um determinado nível, a água da chuva é desviada do rio ou do córrego para o reservatório.

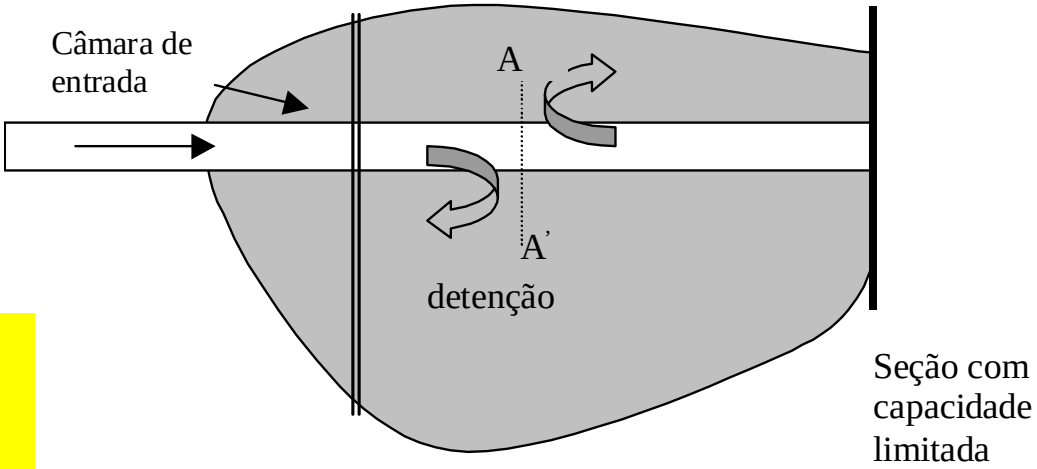
O transporte de água é feito por um vertedor, que pode estar na margem direita ou esquerda do rio, regulando sua vazão.

Quando a chuva termina, a água é reconduzida para o rio, por gravidade ou bombeamento, com o auxílio de equipamentos acionados por telemetria.



RHAMA

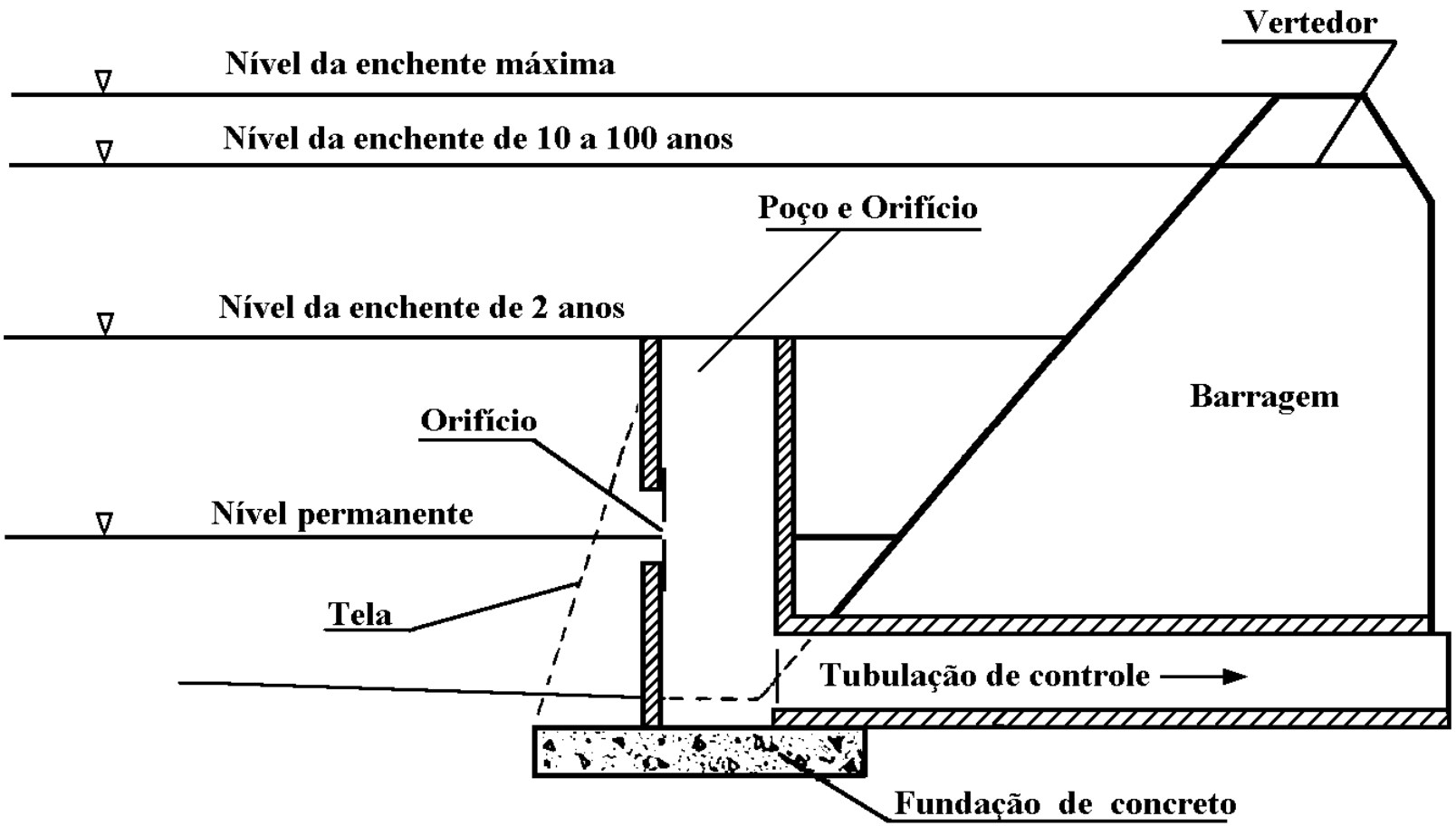
In-Line



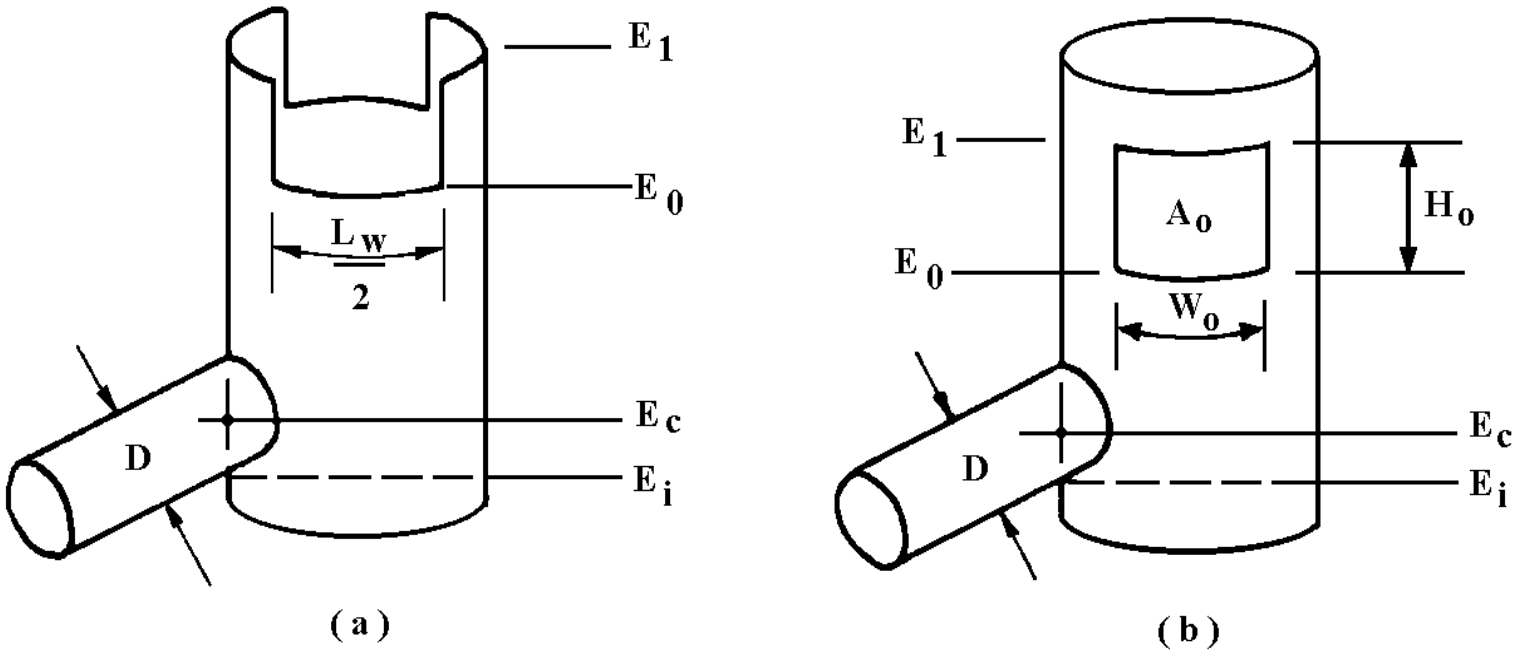
- o escoamento atravessa a bacia por uma caminho definido para vazões de estiagem;
- Procurar ter uma câmara de entrada para evitar entrada de lixo e concentrar o local de limpeza;
- Importante a manutenção para evitar que se transforme em área degradada.

RHAMA

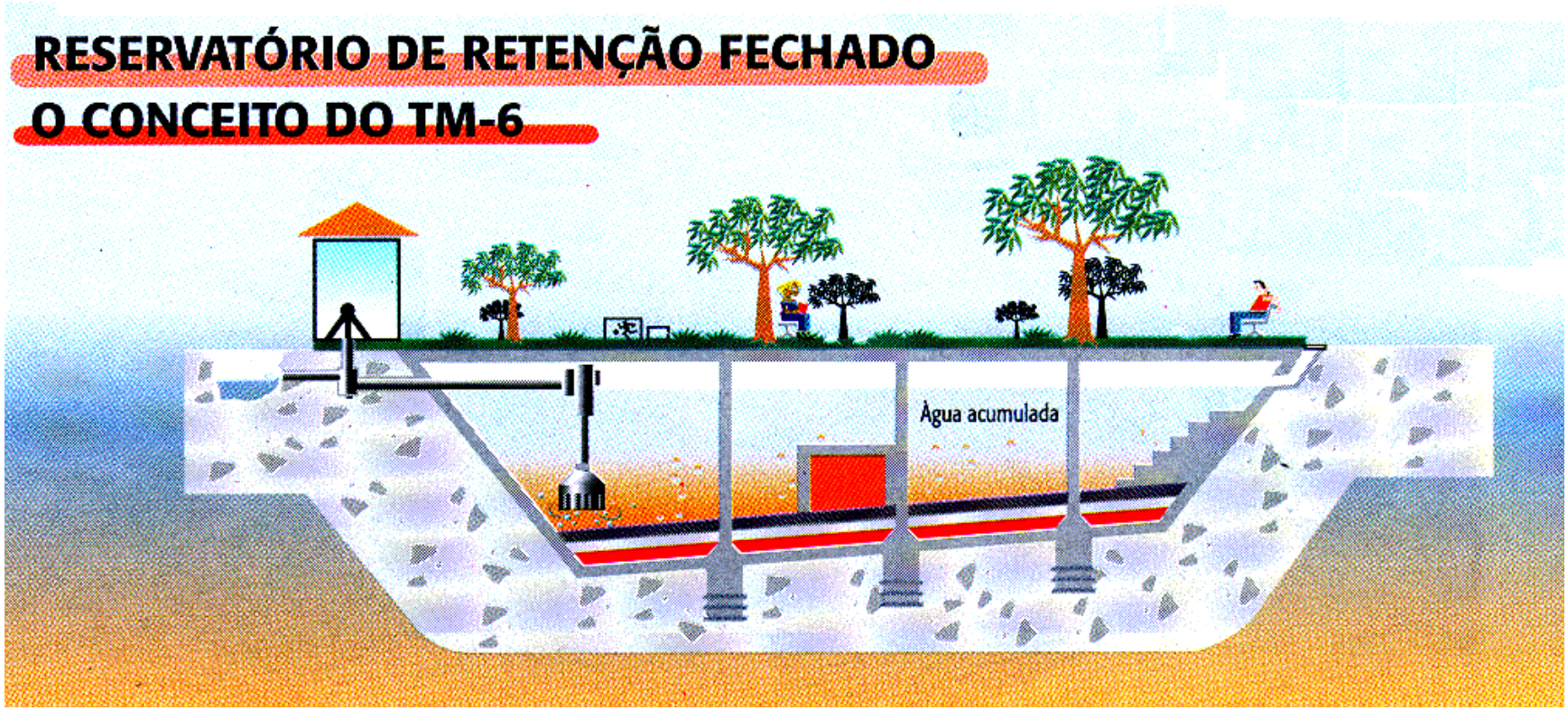
Detalhe do extravasor



Torres

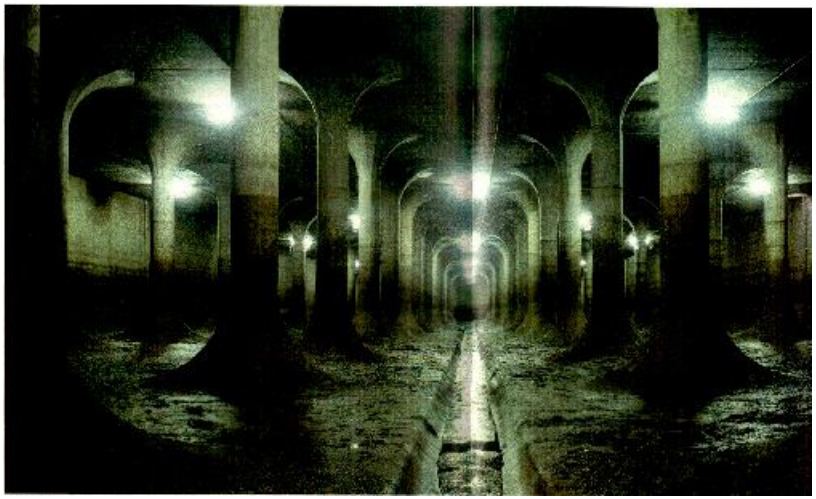


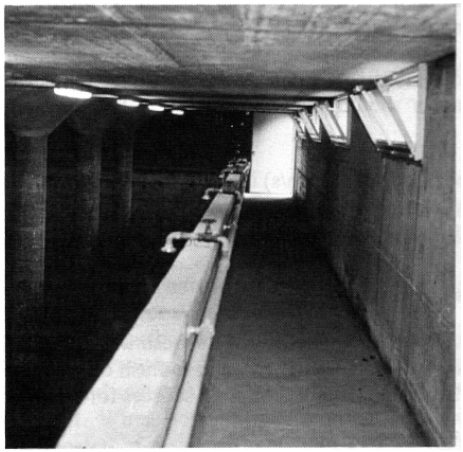
Detenção enterrada



RHAMA

Detenção enterrada

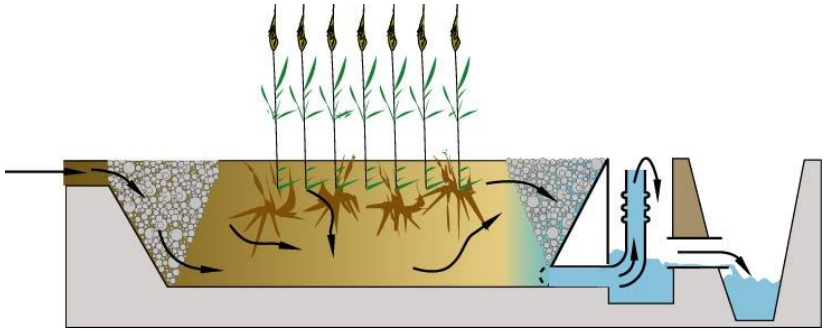


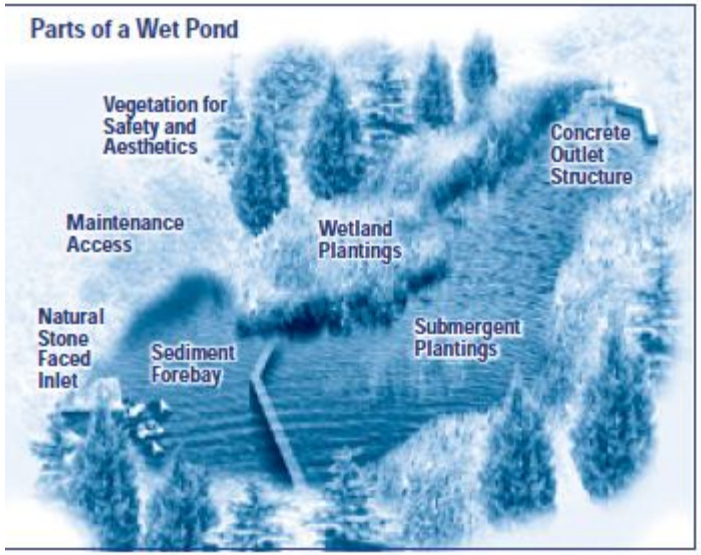


RHAMA

Banhado: retenção construída

Recupera a qualidade da água pluvial e reduz o pico





RHAMA

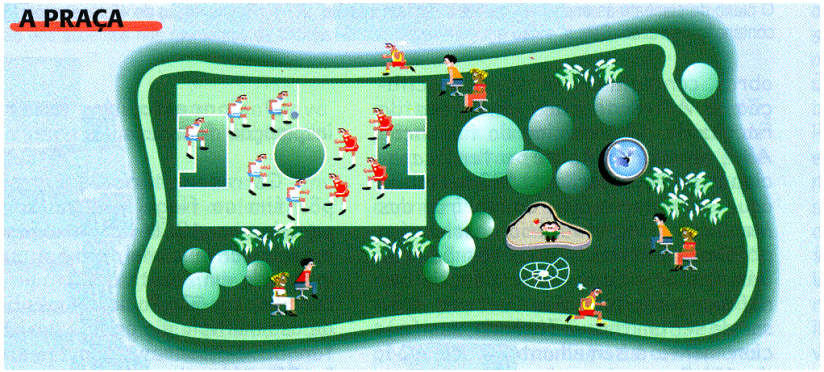
Figure 6.1 Extended Wet Detention, Express Scripts Campus, Berely, MO. Source: Metropolitan St. Louis Sewer District.

Banhados

Wetland sub-superficial
Bolonha, Itália

Wetland escoamento superficial
Três Rios, EUA

Detenções in-line



Detenções

São Paulo

Curitiba

Natal

Águas Espraiadas – S.Paulo

RHAMA

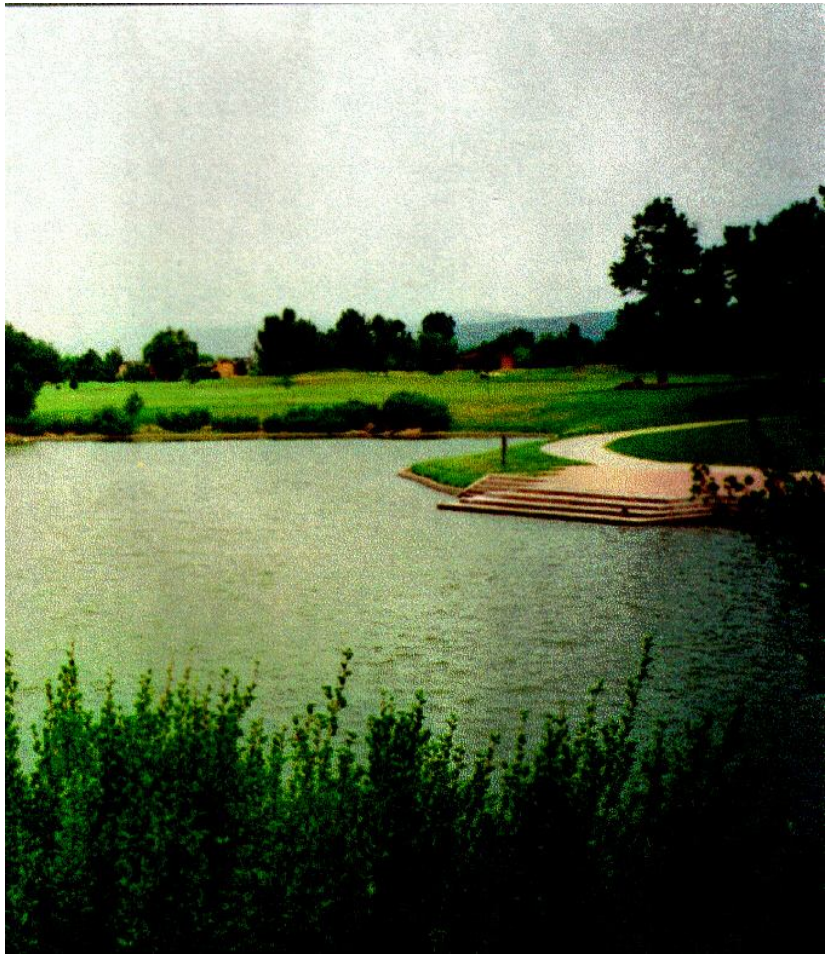
Detenção Polônia em POA

RHAMA

Detenções

RHAMA

Retenção com lâmina de água



RHAMA

Retenções

Resumo

Tipo	Características	Usos
Detenção	Uso para controle de volume e pico.	
”in-line”	A rede atravessa a detenção	Quando a rede é separadora
“off-line”	A rede não atravessa a detenção	Quando a rede é mista e contaminada
fechada	Maior custo de construção e manutenção. Qualquer dos tipos anteriores	Quando não existe espaço e risco de área degradada, conflito com a população
Retenção	Controla a qualidade da água, geralmente “in-line”para renovação de volume	Melhoria da qualidade da água

Efeito da Detenção na Qualidade da água

Parâmetro	Detenção 2 h Remoção (%)	Detenção 6 h Remoção (%)	Intervalo
Sólidos totais	34	84	49 - 91
DBO_5	13	48	14 - 53
Ptot	20	58	20 - 70
Pb	30	66	46 - 78
Hidrocarbonetos	18	62	20 - 78
Coliformes totais	60	72	47 - 73

Redes Pluviais e Sanitárias

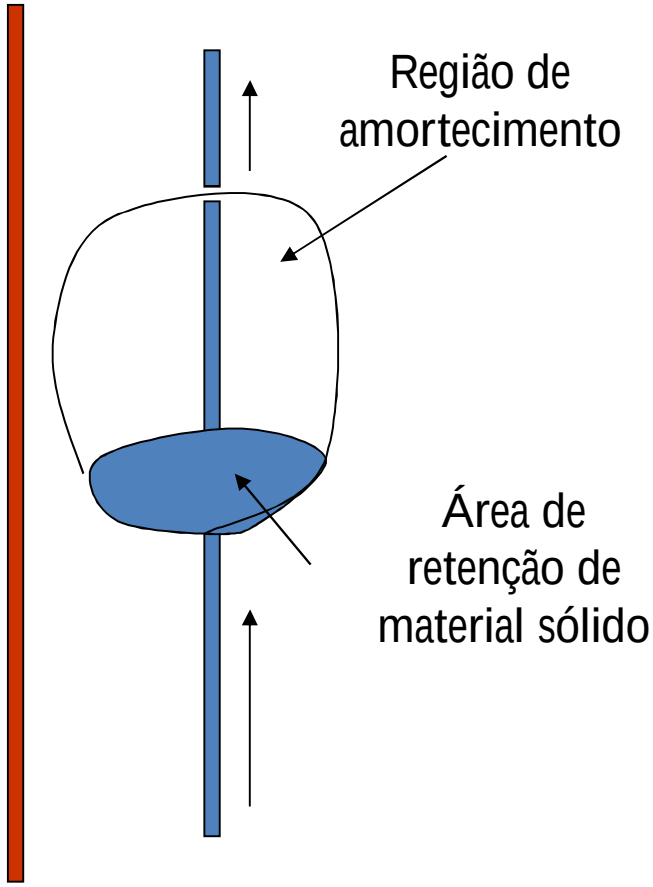
- *Misto*: rede pluvial que recebe esgoto
- *Separador*: duas redes com solução independente para os dois sistemas
- *Sistema de transição*: quando o custo é alto e inicia-se com um sistema misto em transição para separador.

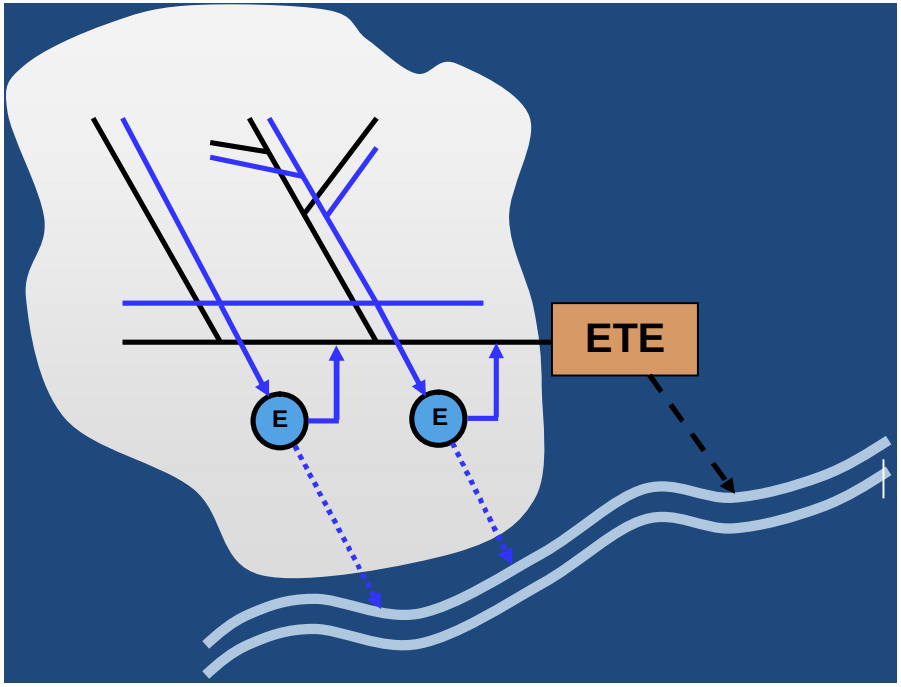
Sistemas Mistos

- *Cenário 2*: Existe rede de drenagem com esgoto e o sistema é levado a uma estação de tratamento: este é cenário utilizado em cidades antigas da Europa.
- a detenção continua sendo off-line;
- Alternativas: (a) sistema coleta: Q1(esgoto sanitário) + Q(25 mm do escoamento pluvial) = exige grande capacidade de tratamento; (b) sistema coleta Q1 e utiliza-se retenção
- Vantagens: evita construir outra rede;
- Desvantagens: proliferação de doenças em inundações superiores a de projeto; no período seco odor na cidade, desvalorizando imóveis.

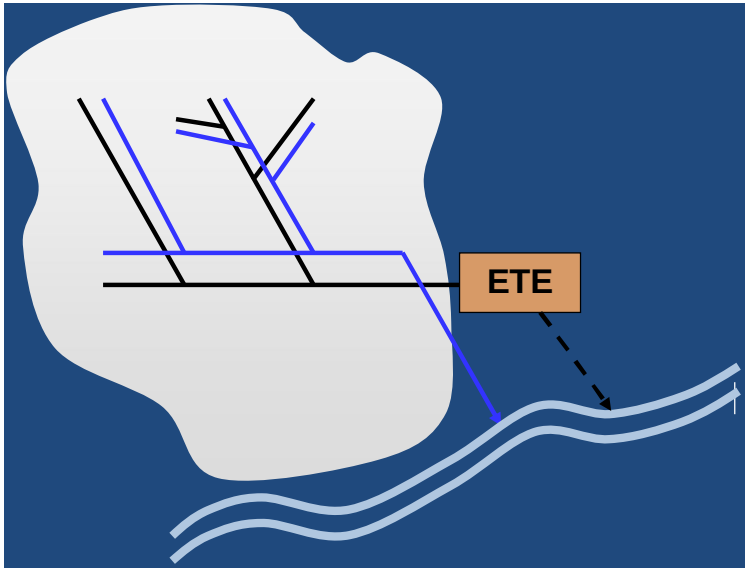
Sistema separador

- Rede de coleta de esgoto independente com tratamento de esgoto;
- Rede pluvial com sistemas on-line e controle do resíduo sólido e manejo da carga poluente pluvial
- Vantagens: manejo adequado das detenções e retenções urbanas com maior tempo de residência, permite o controle da qualidade da água; evita-se águas contaminadas nas enchentes superiores a de projeto; evita-se o odor no período seco; evita-se o colapso de sistemas de drenagem por corrosão.
- Desvantagens: no cenário de transição o custo inicial da implantação da rede de esgoto separadora.

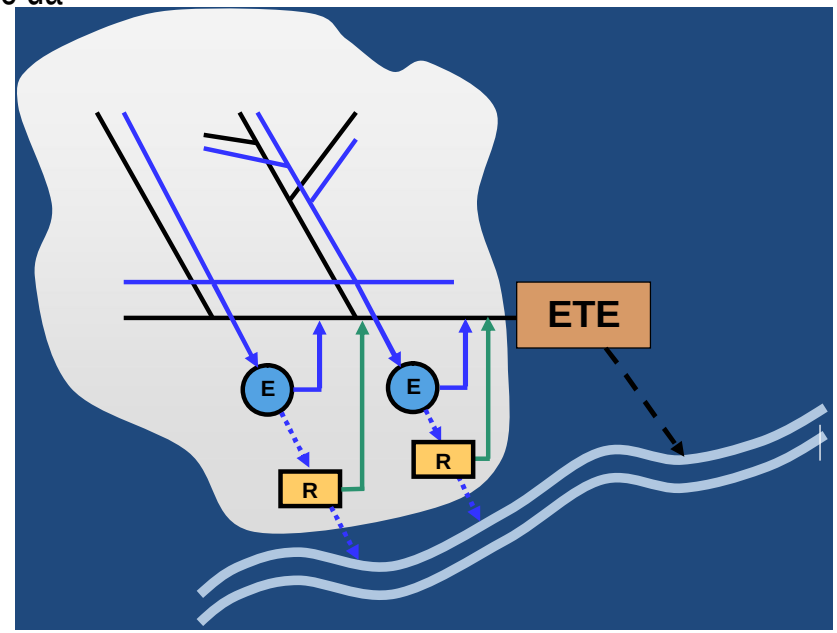




Separador com extravasor sem controle da **drenagem**



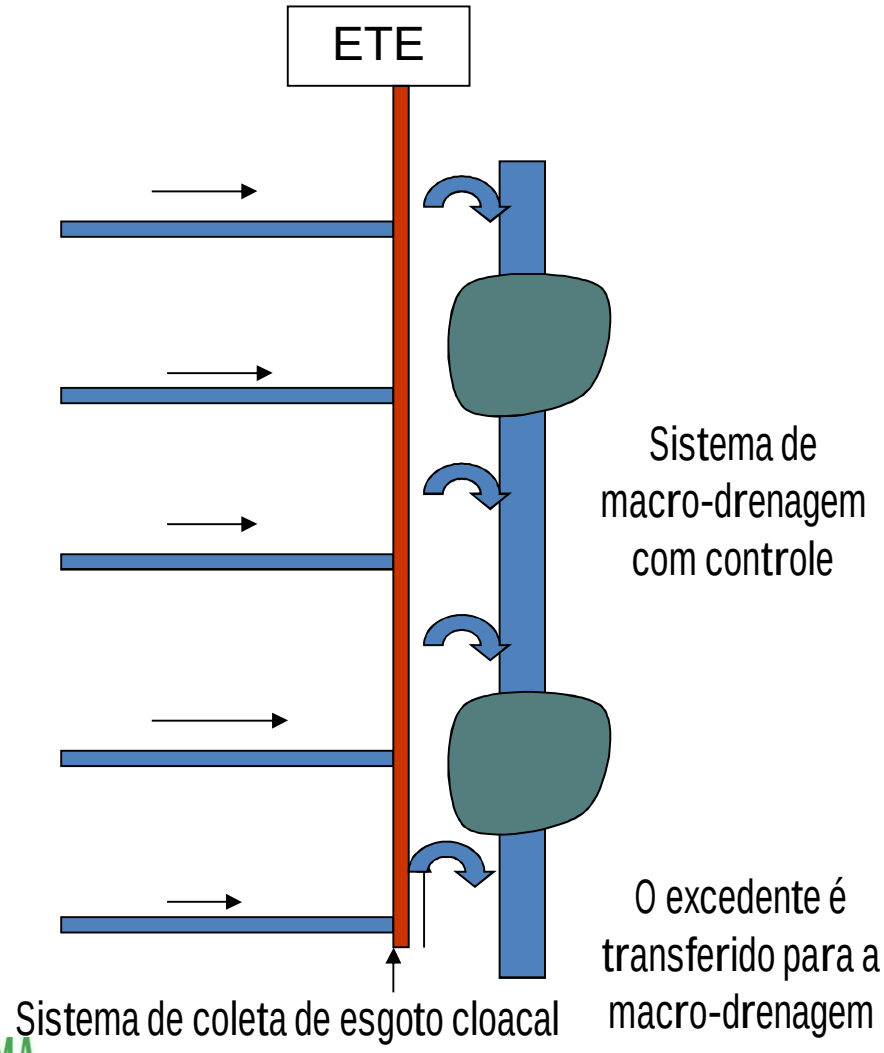
Separador sem controle na drenagem



Separador com controle na drenagem

Cenários de transição

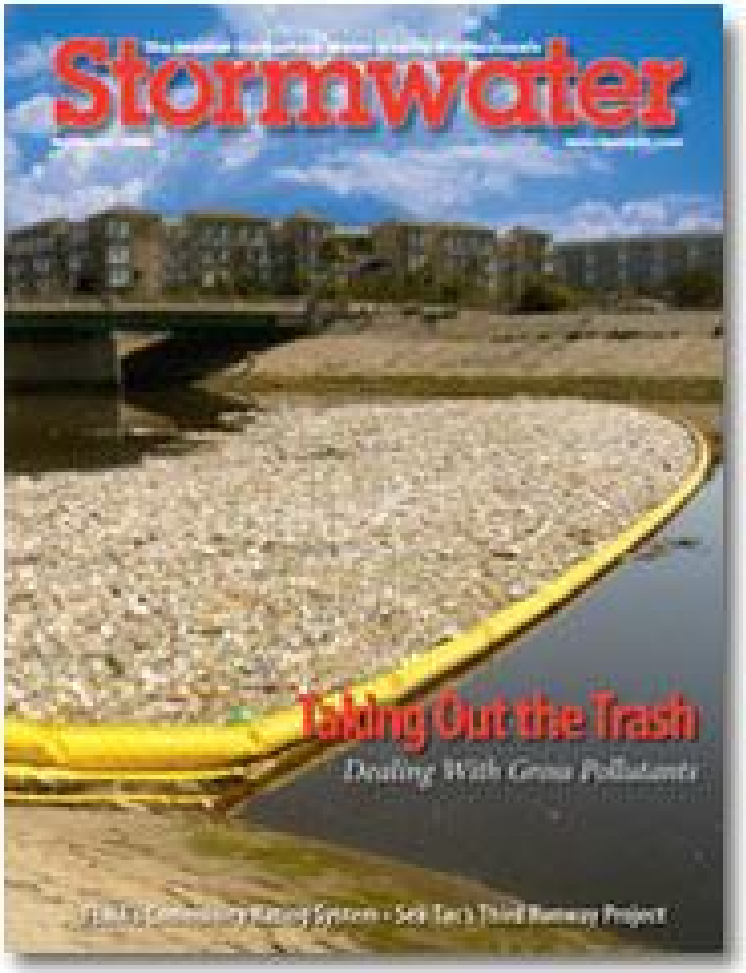
- Os custos para sair de um sistema misto para separador podem ser altos;
- Para escalonar no tempo é possível iniciar pela macro-drenagem;
- Depois o projeto pode ser desenvolvido pelos sistemas secundários;
- Neste cenário continuam as inundações nos secundários.
- Quando a cidade estiver coberta pelo separador é possível eliminar as conexões.



RHAMA

Controle do lixo na detenção

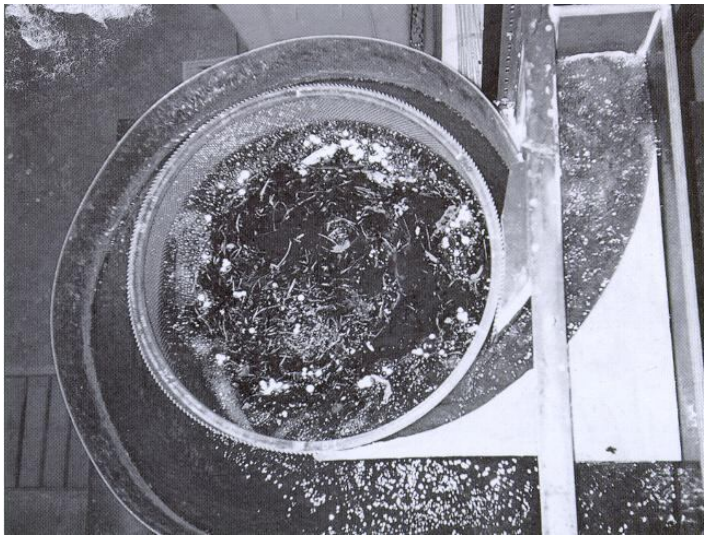
- Uso de câmaras de entradas com grades
- No sistema de coleta de drenagem – bueiros ou saídas de condutos
- Principais exemplos da Australia, África do Sul e Estados Unidos
- www.storm.h2O.comde setembro.



SEPT Side Entry Pit Trap

LCD Litter Control Device

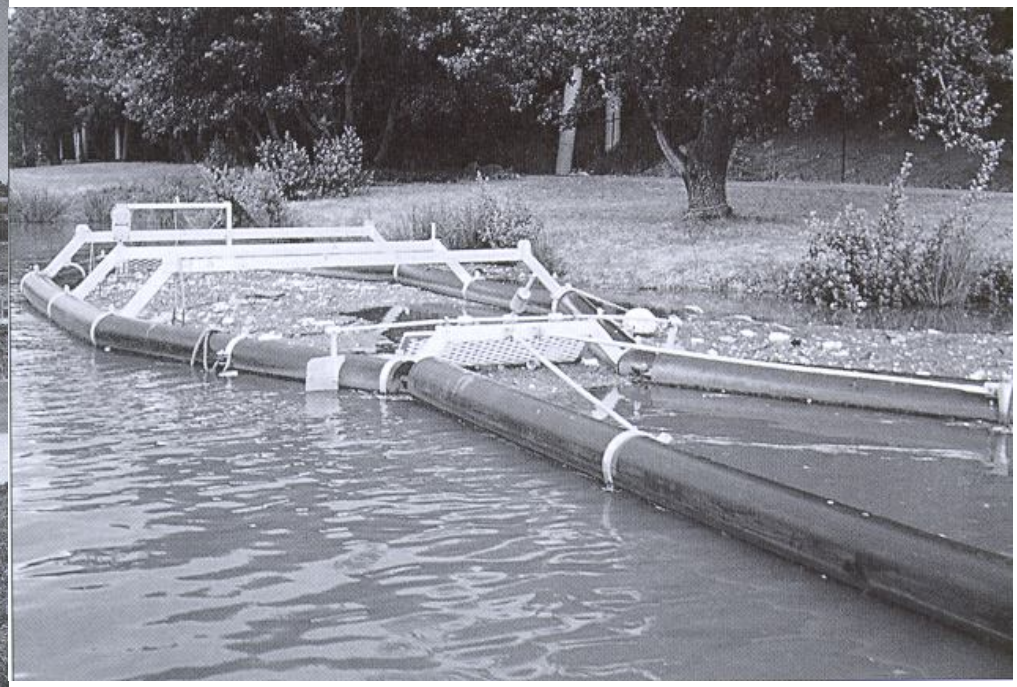
Trash Rack



CDS - Continuous Deflective Separation

Dispositivos

GPT (Gross Pollutant Trap)

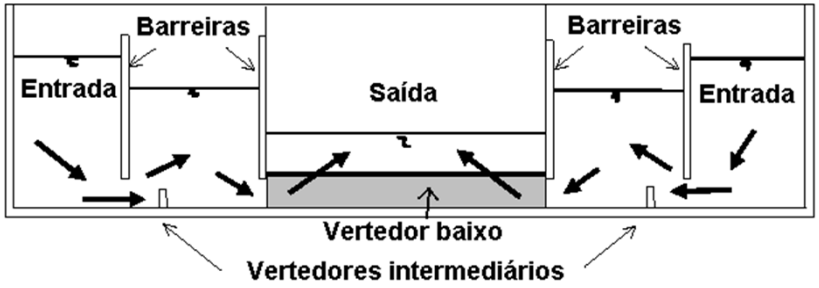


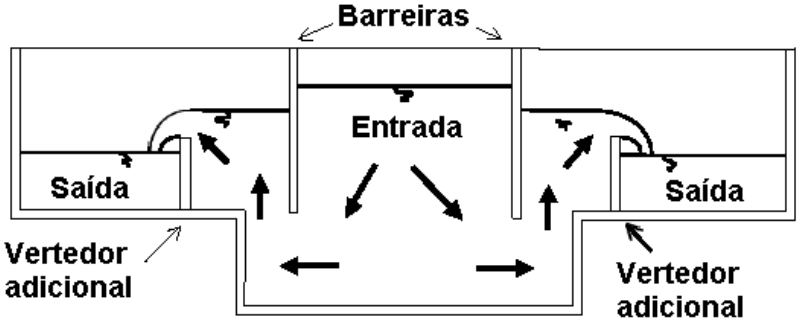
FDT (Floating Debris Trap)

RHAMA

Tipos de dispositivos recentes

- *screen-less*, ou armadilhas com limitada penetração na coluna d'água - fundamentalmente buscou-se reduzir a capacidade de transporte pela redução da velocidade média de modo que o material suspenso fosse dividido entre os flutuantes e os de fundo, por meio de barreiras suspensas e vertedores

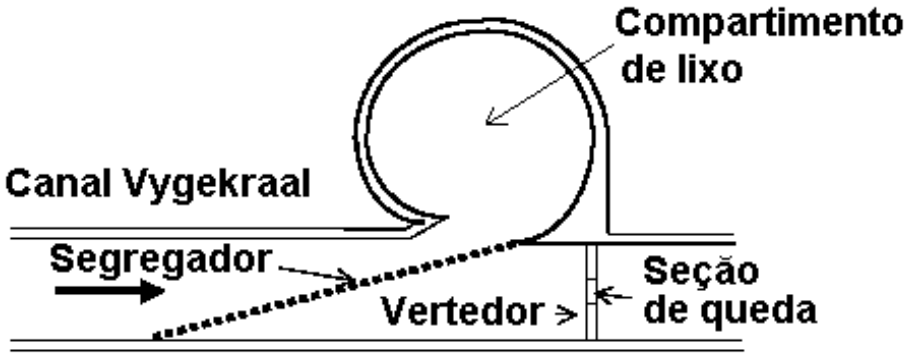




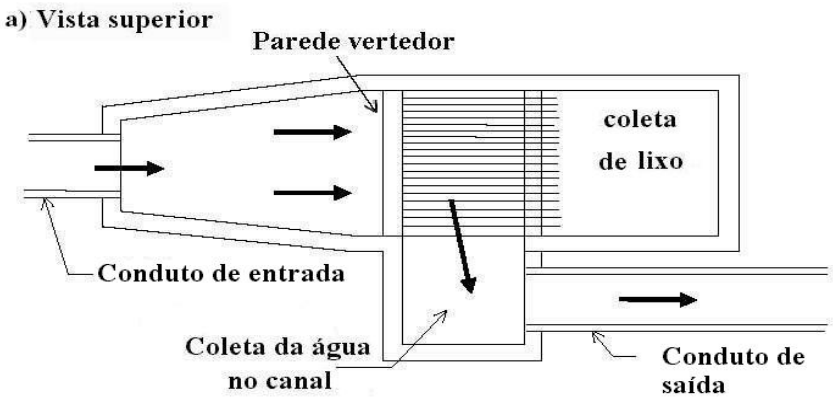
RHAMA

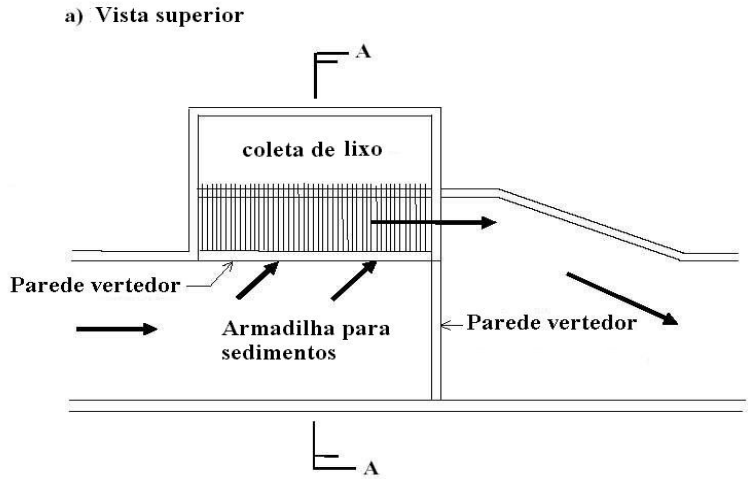
Self-cleaning screens

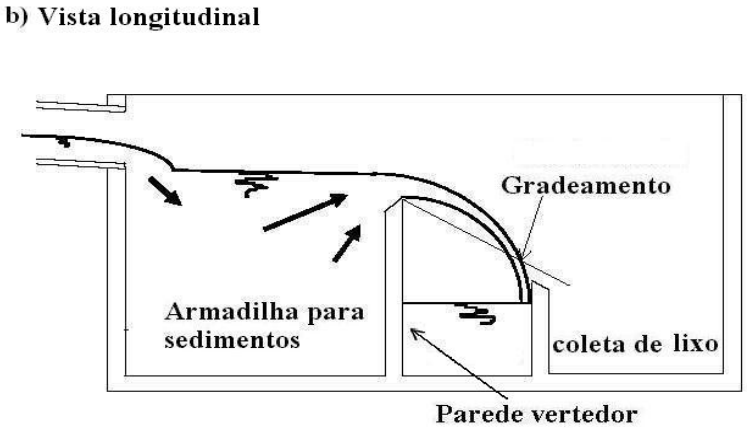
- O objetivo é desviar o lixo, através de um conjunto de hastes (segregador) inclinado a 11o em relação ao fluxo para um reservatório, onde mais tarde o lixo seria removido
- O lixo tendeu a aderir no segregador em baixos fluxos, ou em altos fluxos se houvesse um acúmulo inicial de lixo. Um vertedor a uma curta distância a jusante do segregador melhorou a performance, reduzindo também a perda de carga e a tendência de o lixo à adesão.

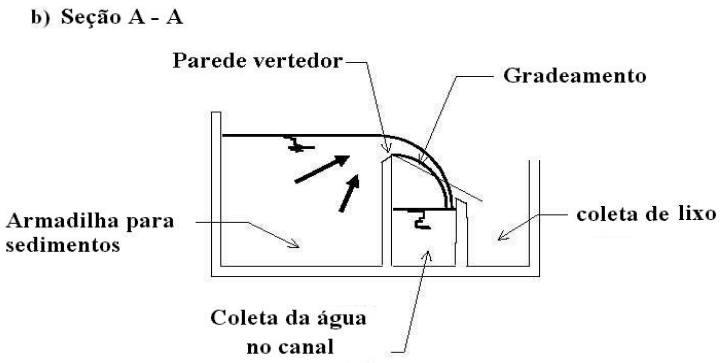


SCS


a) Vista superior
Parede vertedor
coleta
de lixo
Conduto de entrada
Coleta da água
no canal
Conduto de
saída


a) Vista superior
A
coleta de lixo
Parede vertedor
Armadilha para
sedimentos
Parede vertedor
A


b) Vista longitudinal
Gradeamento
Armadilha para
sedimentos
coleta de lixo
Parede vertedor


b) Seção A - A
Parede vertedor
Gradeamento
Armadilha para
sedimentos
coleta de lixo
Coleta da água
no canal

RHAMA

Comentários

- É comum os seguintes comentários que dificultam a implantação das detenções:

(a)*Não existe espaço para detenção*: O espaço necessário para amortecendo é da ordem de 1 a 2% da área da bacia e pode ser subterrâneo;

(b)*As detenções são locais de poluição:* isto ocorre pela falta de tratamento de esgoto e limpeza de resíduos sólidos. Esta poluição está indo para o rio e é de responsabilidade da cidade. Falta uma gestão integrada dos serviços.

Indicadores

Característica	Intervalo
Volume necessário para amortecimento de cheia de 10 anos (m^3/ha)	100 a 450
Custo médio da detenção aberta, sem desapropriação ($R\$/m^3$)	40 a 110
Custo médio da detenção fechada, sem desapropriação ($R\$/m^3$)	250 a 600
Parcela da área da bacia utilizada para amortecimento (%)	0,5 a 2
Custo das obras de controle para uma área urbanizada (milhões $R\$/km^2$)	0,5 a 8

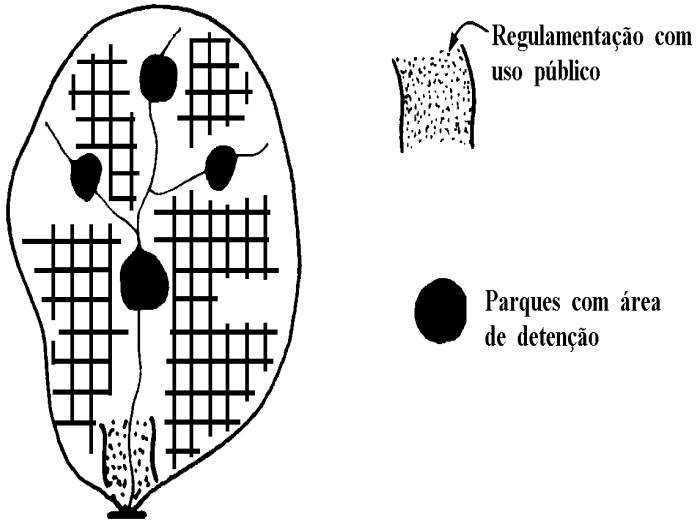
RHAMA

Estimativas de custos

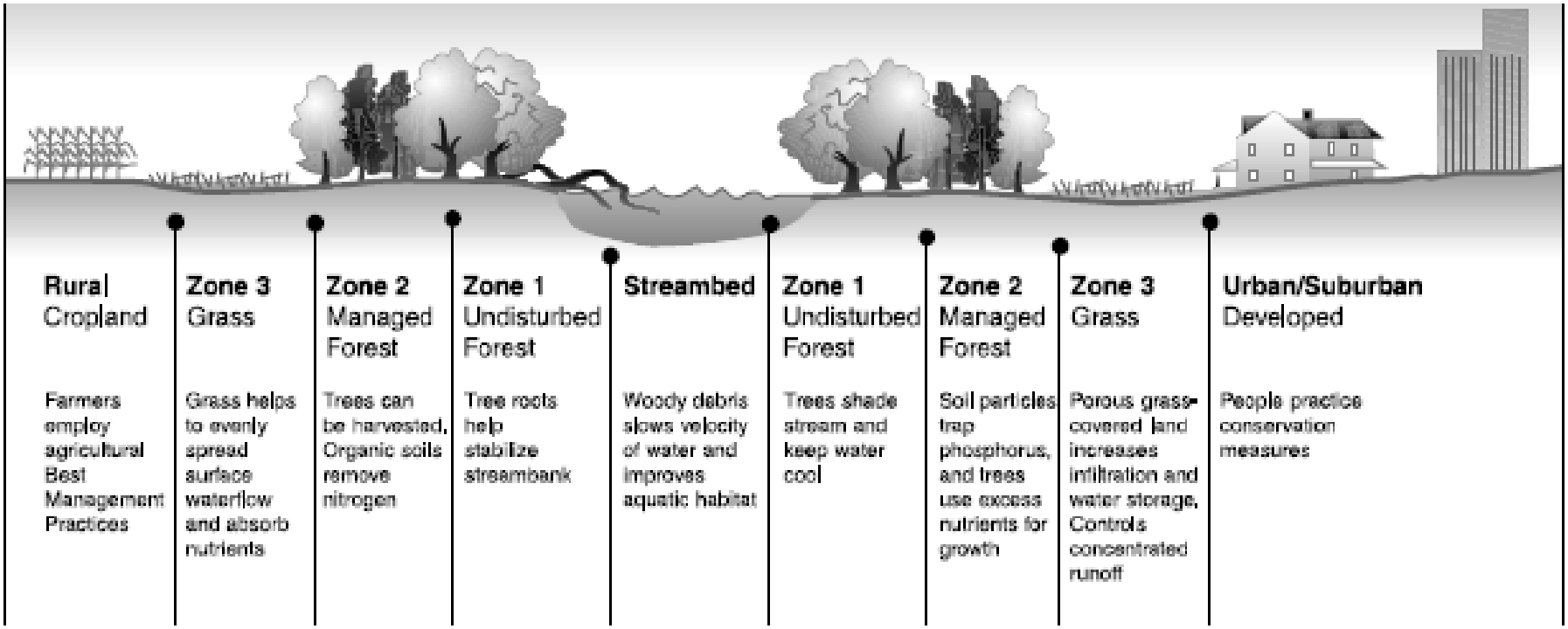
- Detenções abertas da ordem de R$ 60 a 120/m^3
- Detenções fechadas R$ 420 a 700/m^3
- estes custos variam com desapropriação, uso de bombas, operação e manutenção.
- As estimativas de custo para operação e manutenção ficam da ordem de 2 a 5% do investimento, dependendo da quantidade de material sólido e freqüência com que a detenção deve ser limpa (inundações).

Planejamento da expansão da macrodrenagem

- geralmente as áreas junto aos rios possuem espaço para parques;
- Planeje os parques, utilizando um parcela do mesmo para retenção ou detenção (~2 – 3 da área;
- É possível obter as áreas no desmembramento dos loteamento dentro das áreas públicas;
- É possível também legislar para que o desenvolvimento do parque seja do empreendedor



Conservação entre o rio e o desenvolvimento urbano



Preservação entre dois shopping centers em Boulder, Co

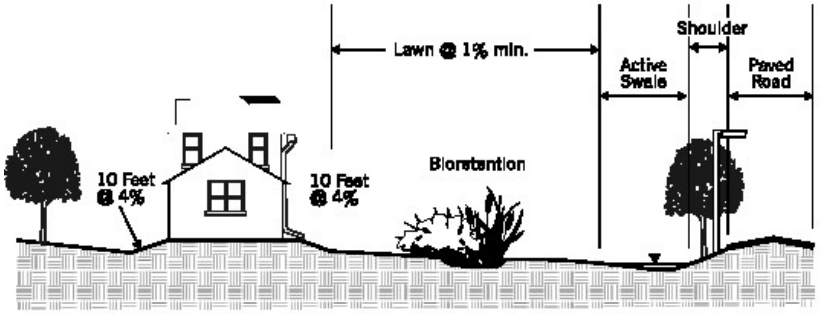
RHAMA

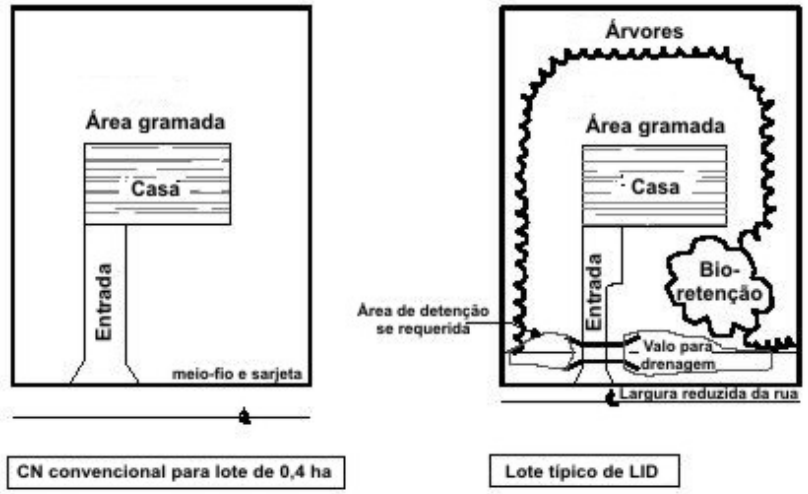
Rio Grande que atravessa Aspen, CO

RHAMA

Planejamento de novos espaços: LID

- Controles em pequena escala
- Conservação
- Preserva caminhos naturais
- Redução poluição
- Educação
- Solução com resultado para a bacia





RHAMA

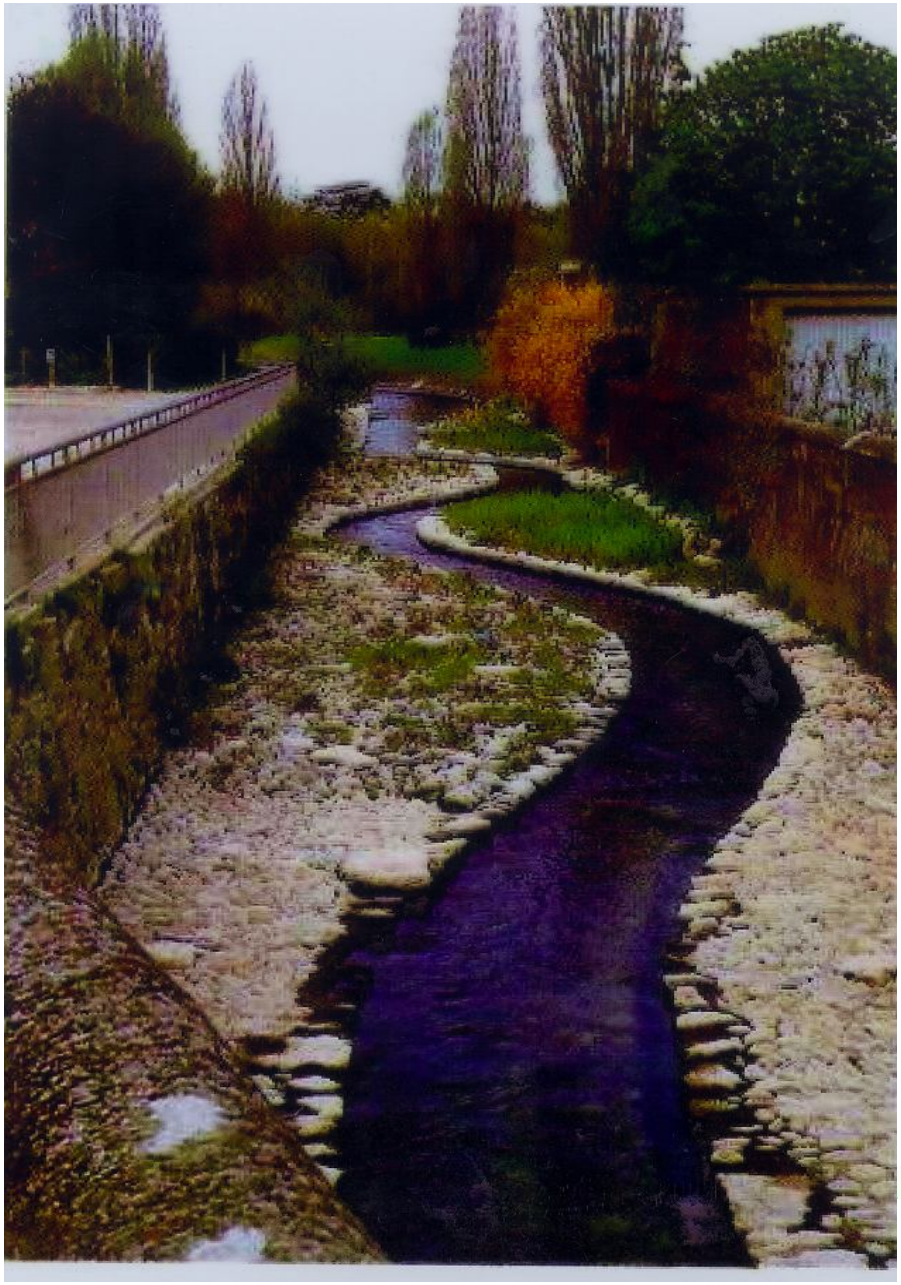
Recuperação urbana

- Reassentamento e reurbanização
- Transporte
- Recuperar as funções naturais dos sistemas hídricos urbanos
- Soluções para coleta e tratamento de esgoto
- Resíduos sólidos
- retenções e controle da qualidade da água
- Recuperar o meio ambiente aquático e as condições naturais

Seul

RHAMA

Canal construído



São João del Rey – século XVIII

MA

Sistema integrado a natureza

Alterações urbanas

Conclusões e Discussões

- Na fonte: medidas sustentáveis e controle do desenvolvimento urbano com preservação dos mecanismos naturais de escoamento
- Macrodrenagem: *já ocupado*: controle da expansão e gestão entre ampliar a capacidade e armazenamento de acordo com os espaços disponíveis
- *Expansão:* legislação e reserva de espaço