

Planejamento de Sistemas Municipais de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais

Luiz Fernando Orsini

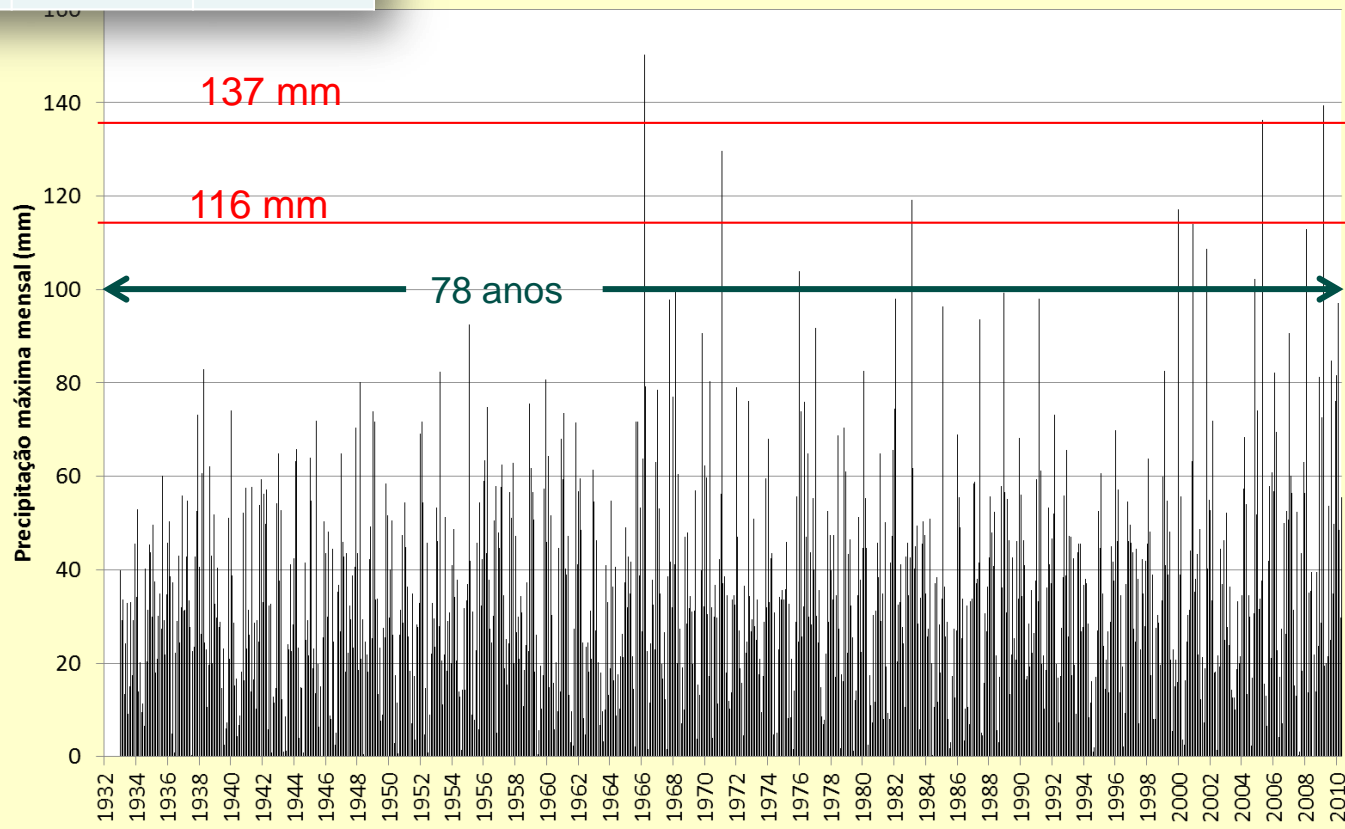


soluções:
para cidades

O que todos deveriam saber antes de começar a trabalhar com drenagem

Fenômenos naturais associadas à incertezas

TR	i (mm)	N méd
10 anos	116	7,8
25 anos	137	3,1



- In
- C
- A

tópicas
mento e
total”
a obra ser
a a bacia

O que todos deveriam saber antes de começar a trabalhar com drenagem

- A redução eficiente e sustentável dos riscos de inundação requer intervenções integradas:
 - Na bacia hidrográfica
 - No sistema de microdrenagem
 - Nos fundos de vale (canais)
- Intervenções pontuais podem trazer alívio momentâneo mas podem produzir graves consequências no futuro
 - Ocupação das várzeas de inundação
 - Transferência de impactos para jusante

O que todos deveriam saber antes de começar a trabalhar com drenagem

- Drenagem urbana é uma questão de *alocação de espaço*
 - O escoamento das APs acontece existindo ou não um sistema de drenagem. As águas pluviais ocupam os espaços que lhe são disponíveis sejam estes adequados ou não
- A importância do sistema de drenagem só é percebida quando chove
- Os sistemas de drenagem convencionais são responsáveis por até 50% da poluição dos rios
- Drenagem é saneamento básico

SUMÁRIO

- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais
- Princípios da Invariância hidráulica
- Técnicas de manejo de águas pluviais
- Modelagem matemática

Objetivos do Plano de Drenagem e Manejo de AP

Fornecer para a Prefeitura subsídios técnicos e institucionais que permitam:

1. Reduzir os impactos das chuvas sobre a cidade
2. Criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana

O que o Plano deve apresentar

- Soluções em nível de planejamento abrangendo tanto medidas de controle não-estruturais como estruturais.
 - Medidas não-estruturais
 - *Medidas de gestão a serem implantadas na administração municipal*
 - *Posturas legais a serem incorporadas no código de obras e na legislação municipal de uso e ocupação do solo.*
 - Medidas estruturais
 - *Obras destinadas à redução dos riscos de inundações, apresentadas na forma de anteprojetos de engenharia.*
 - *Devem observar os princípios da invariância hidráulica*

Plano de Águas Pluviais

Visão Integrada



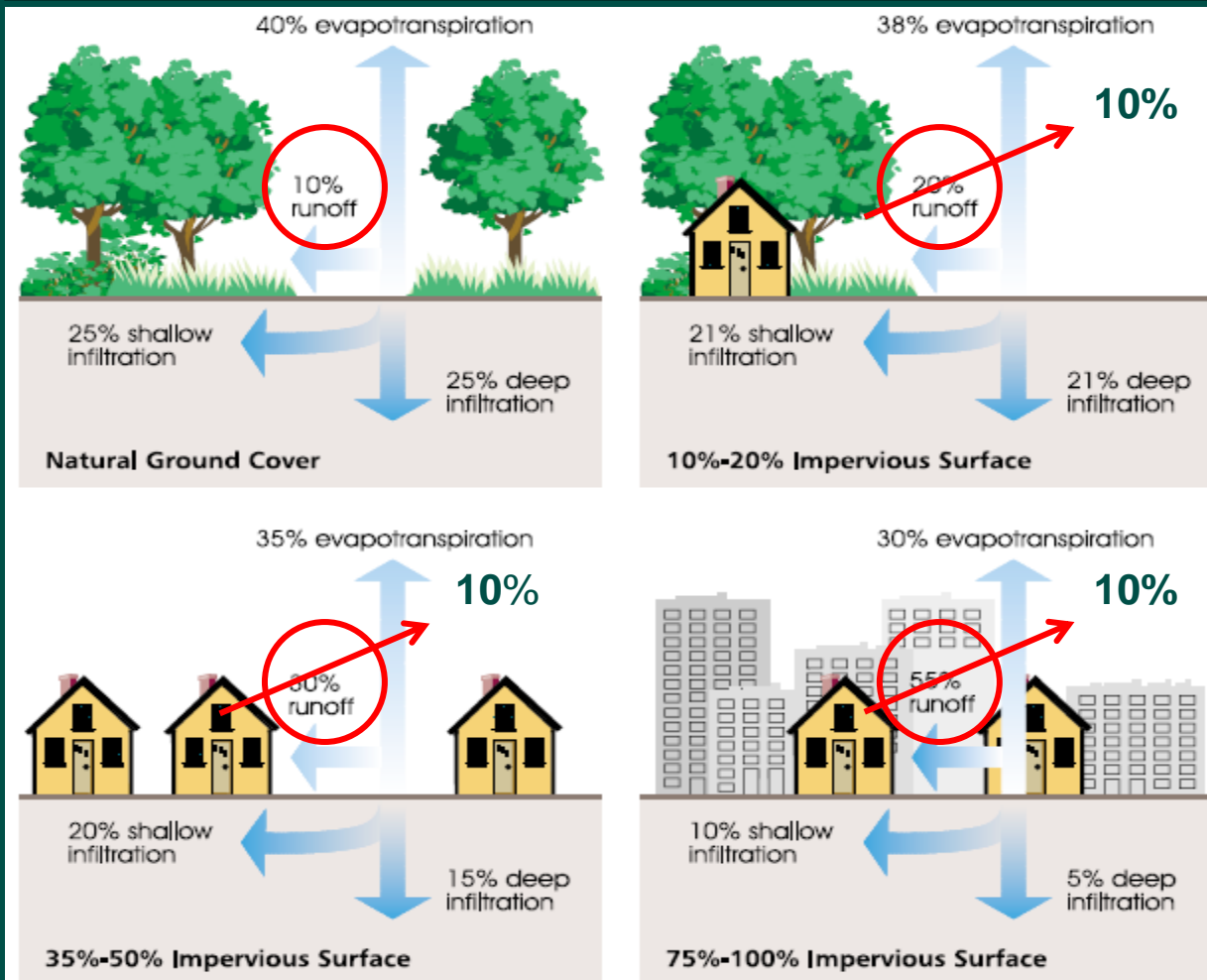
SUMÁRIO

- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais
- Princípios da Invariância hidráulica
- Técnicas de manejo de águas pluviais
- Modelagem matemática

Princípios

- Vazão de pré-desenvolvimento corresponde à vazão gerada na área de contribuição em “condições naturais”
- Esta vazão deve ser mantida após o desenvolvimento
- Um novo empreendimento não deverá gerar vazão pluvial maior que a vazão anterior à ocupação da área

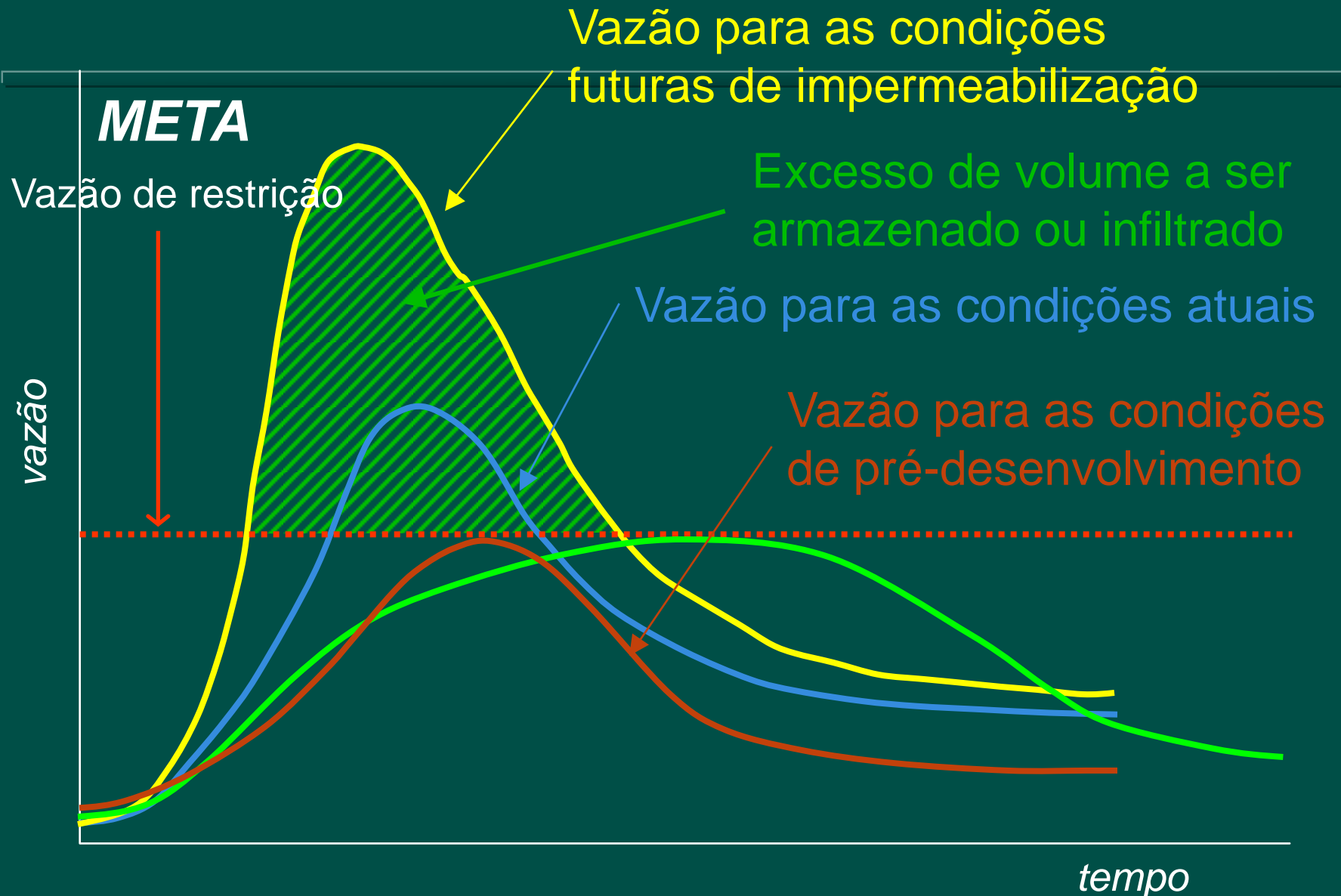
Impacto do desenvolvimento



- Objetivo: manter o runoff original
- O excesso deve ser infiltrado ou armazenado

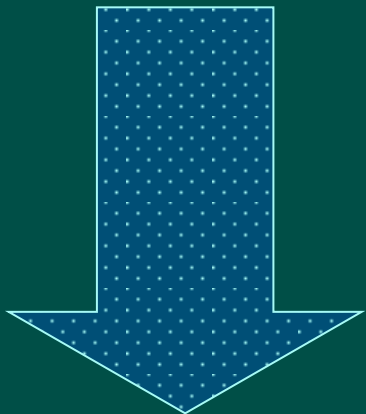
Figure 1.2. Runoff Variability with Increased Impervious Surfaces (FISRWG, 1998)

Invariância Hidráulica



Dispositivo de amortecimento e infiltração

Vazão Afluente
 Q_a



NA Máximo

Reservatório

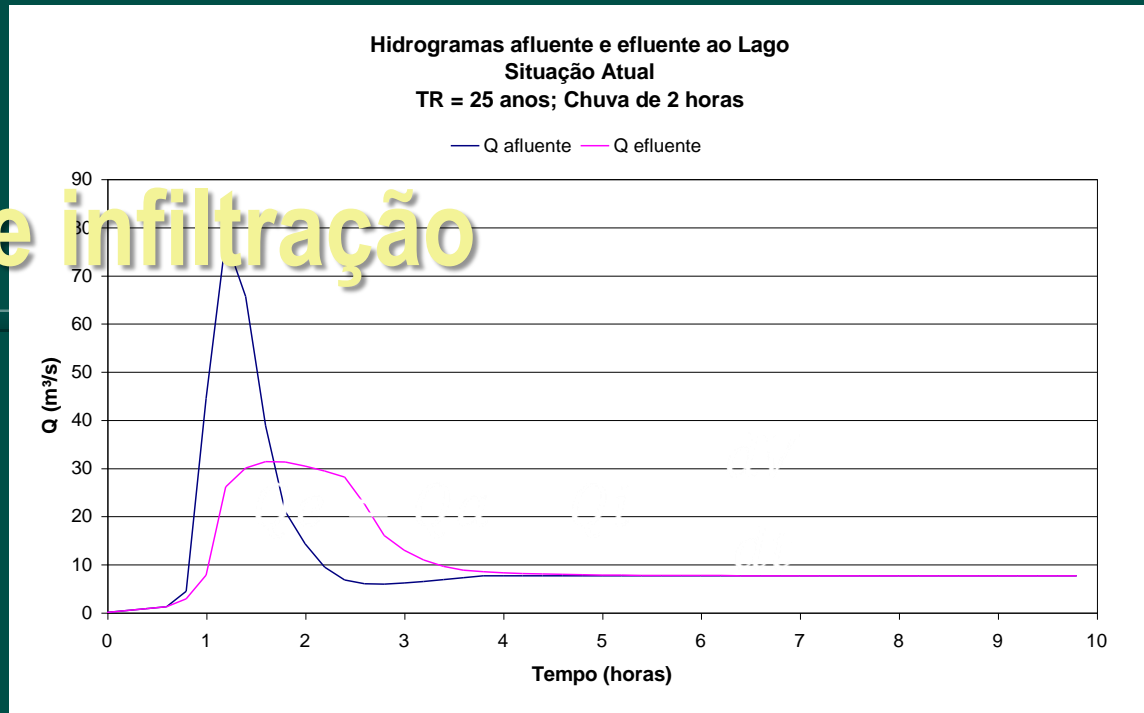
NA Mínimo

Volume de Amortecimento V

Vazão Efluente
 Q_e



Infiltração Q_i



SUMÁRIO

- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais
- Princípios da Invariância hidráulica
- Técnicas de manejo de águas pluviais
- Modelagem matemática

Sistema de drenagem

Convencional

Objetivo: coletar e afastar rapidamente a água

- Sarjetas, sarjetões
- Bocas de lobo
- Galerias
- Despejo nos rios
- Canalização de córregos e rios
 - Canais abertos
 - Canais fechados

O que os sistemas convencionais não resolvem

- Impactos a jusante
 - Inundações
 - Erosão
 - Assoreamento
 - Poluição difusa
- Confinamento dos cursos d'água pela ocupação ribeirinha
 - Canalização
- Mistura das águas pluviais com esgotos
- Recarga do aquífero
- Preservação de áreas verdes

Efeito do uso extensivo de sistemas convencionais de drenagem



O Manejo de Águas Pluviais como é visto hoje

DRENAGEM URBANA

- Conceito *higienista*
- **Afastar** a água



MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS URBANAS

- Conceito *Ambientalista*
- **Conviver** com a água

Visões do Manejo de Águas Pluviais

VISÃO TRADICIONAL	TENDÊNCIA
Drenagem e afastamento dos esgotos	Manejo Sustentável de Águas Urbanas
Visão <i>higienista</i>	Visão <i>ambiental</i>
<i>Afastar a água</i>	<i>Conviver com a água</i>
Rio = conduto	Rio = ambiente de lazer, contemplação, desenvolvimento de ecossistemas, manancial
Solução: canalizar	Solução: reter, armazenar, retardar, infiltrar, tratar, revitalizar, renaturalizar
Gestão isolada	Gestão integrada: esgotos, lixo, abastecimento, ocupação territorial, meio ambiente
Investimentos limitados pelo orçamento	Taxa de drenagem e de lixo
Controle da poluição: sistema separador	Controle da poluição: sistemas unitários ou mistos; tratamento das águas de primeira chuva

Técnicas de manejo sustentável

exemplos

- Pavimento poroso
- Valas e poços de Infiltração
- Microrreservatório
- Telhado-reservatório
- Telhado Ecológico
- Trincheira de Infiltração
- Faixas de infiltração
- Restauração de margens
- Renaturalização de córregos
- Reservatórios de amortecimento
- Wetlands construídas

Integração do Rio ao Ambiente Urbano

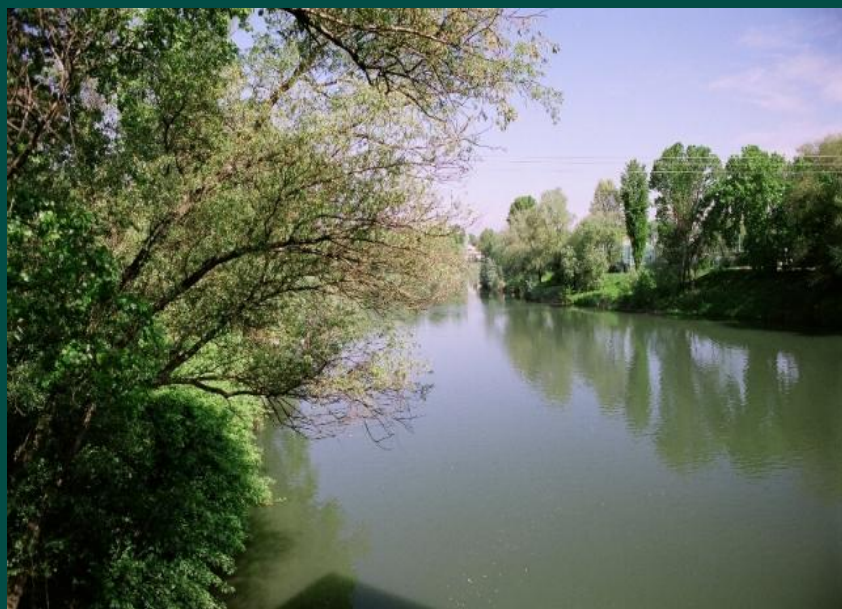


Rio Tibre, Roma
Conviver com a água



Rio Tietê, São Paulo
Afastar a água

Integração do Rio ao Ambiente Urbano



Recuperação paisagística e ambiental
Rio Pó – Turim, Itália



Recuperação da vegetação ciliar
Rio Capiberibe, Recife, PB

Restauração de Margens



São Paulo – Zona Leste



São João Del Rei - MG

Tratamento e Amortecimento de AP próximo à fonte

Portland, EUA



Estrutura de infiltração e armazenamento com filtro de areia e agregados



Estrutura de infiltração e armazenamento com filtro de areia e agregados

Tratamento e Amortecimento de AP próximo à fonte



Sistema de Amortecimento e Tratamento de Águas Pluviais em Bolonha, Itália

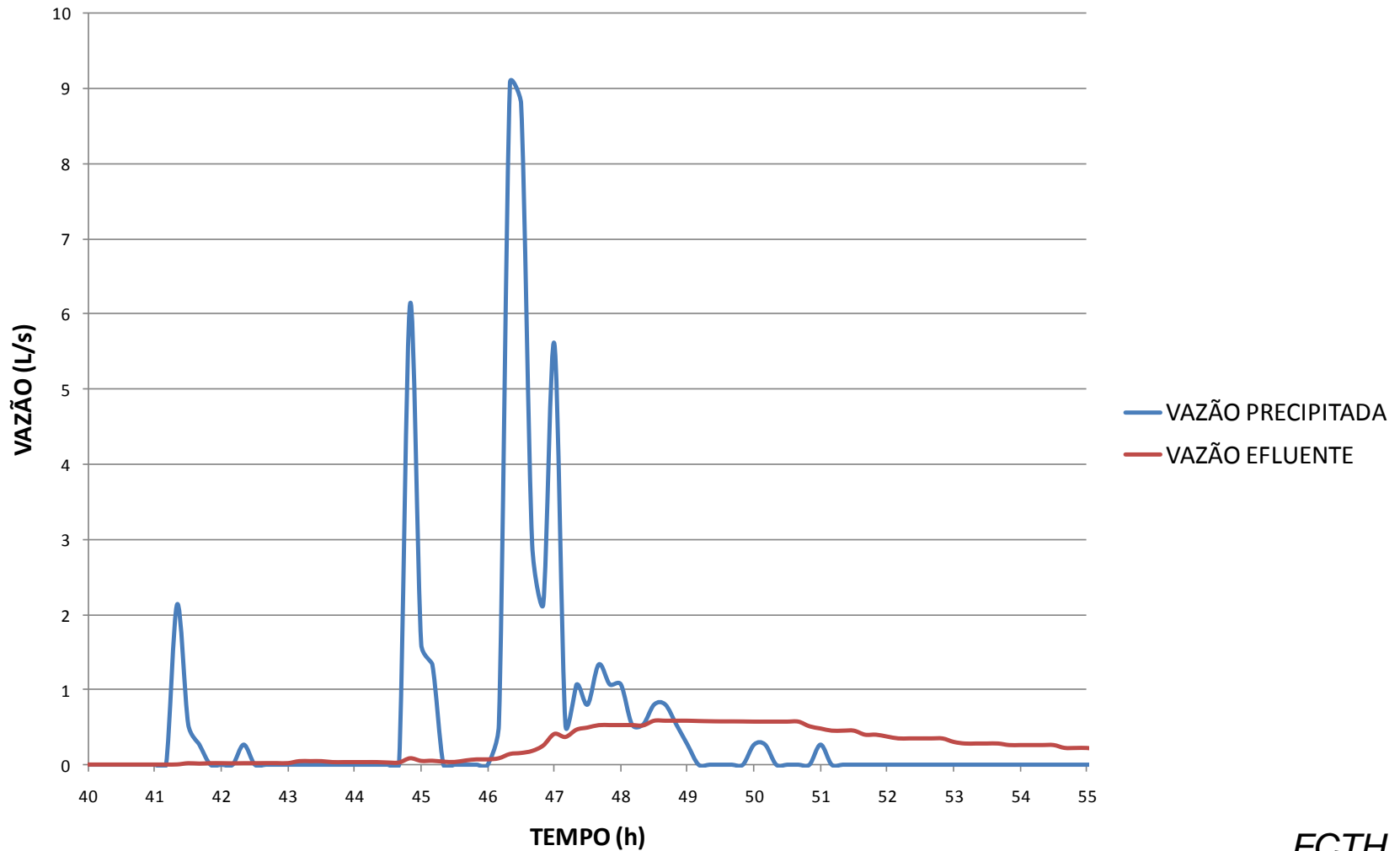
Pavimento permeável de blocos de concreto - FCTH



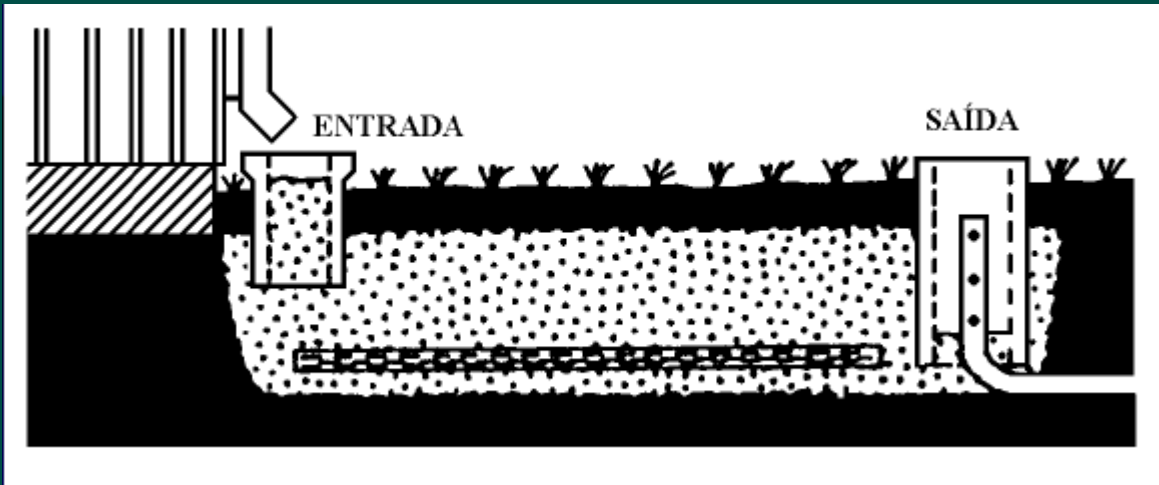
Pavimento permeável - FCTH



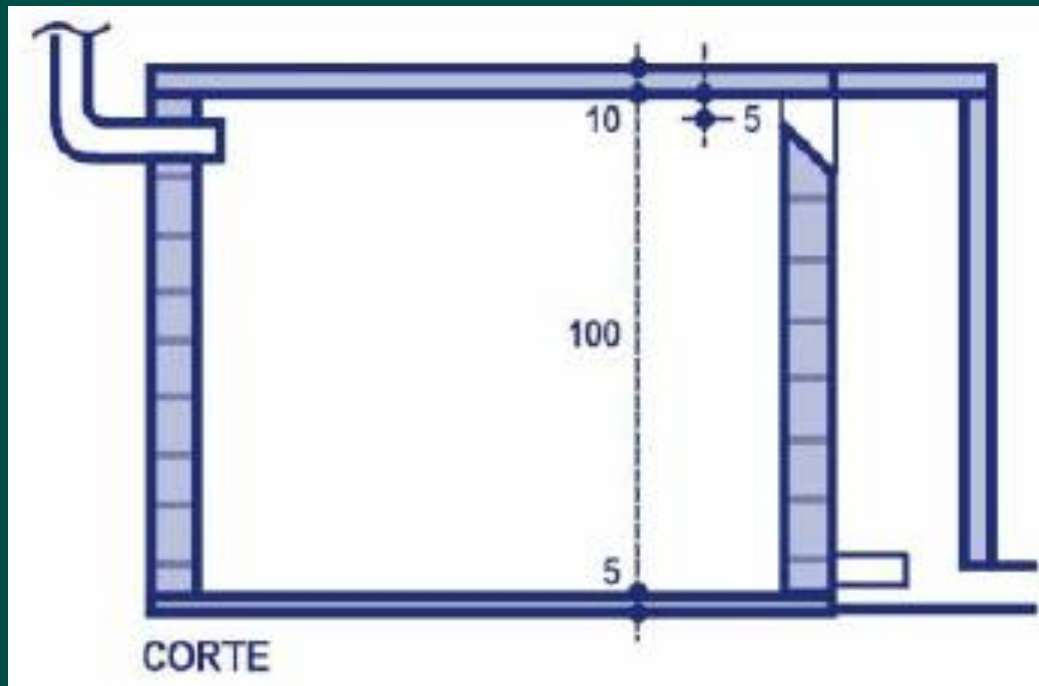
Desempenho do pavimento permeável



Valas de Infiltração



Microrreservatório



Manual de Drenagem de Curitiba



IPH, RS

Telhado “ecológico”



Portland, EUA

Desempenho de telhado “ecológico”

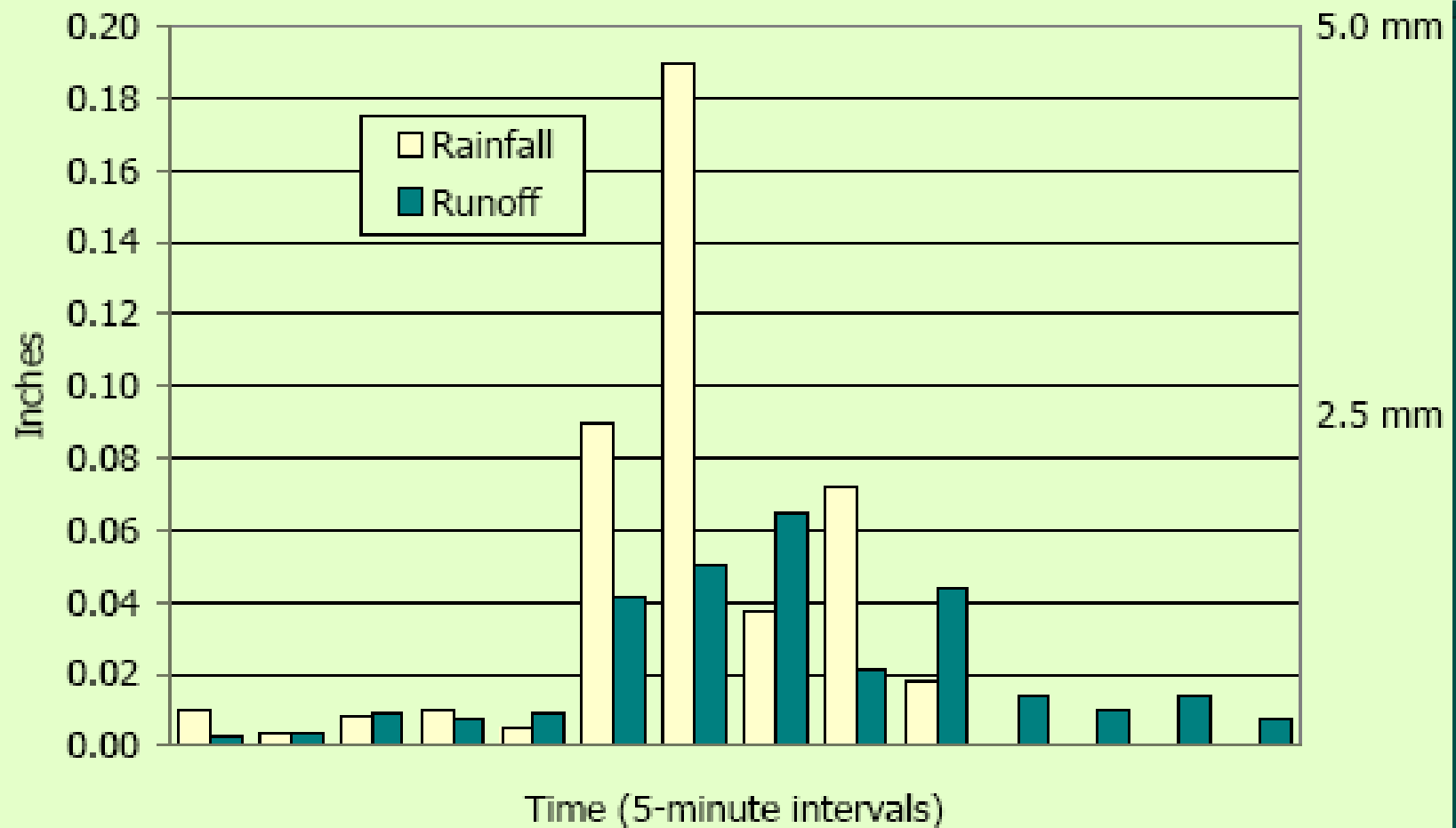


Figure 3. Runoff attenuation efficiency for a 0.4-inch rainfall event with saturated media.

Sistemas de controle de vazão e poluição

- Em pátios de estacionamento



Filtro



Reservatório de detenção

Drenagem de Áreas Impermeáveis

Sistemas de biorretenção



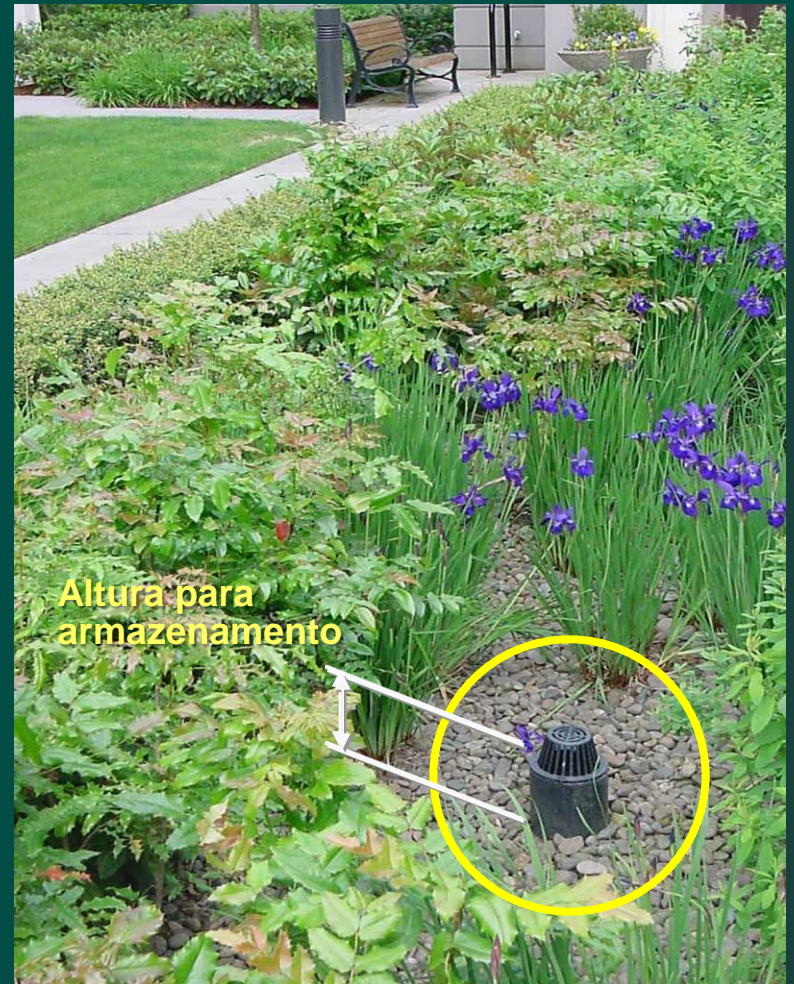
Portland, EUA



Jardim de armazenamento e infiltração

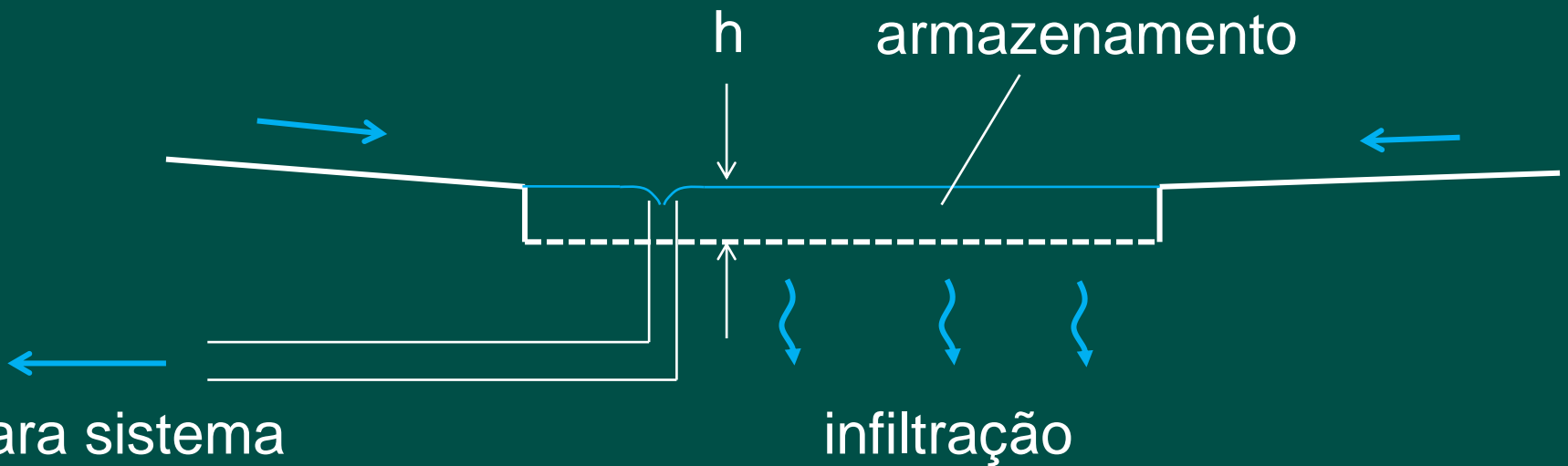


As áreas ajardinadas são planejadas para promover o armazenamento e a infiltração



O excesso de águas pluviais escoar por ralos posicionados acima do nível do solo

Jardim de armazenamento



Para sistema
público de AP

Ex: Área total = 10.000 m²; área jardim = 2.000 m²; $h_{chuva} = 30$ mm

$$h = h_{chuva} \times \frac{A_t}{A_j} \Rightarrow h = 30 \text{ mm} \times \frac{10.000}{2.000} = 150 \text{ mm}$$

Sistemas de Fitodepuração



Wetland de Fusina, Veneza, Itália



Wetland Tres Rios, Arizona, EUA

“Renaturalização”

Rio Cheong, centro de Seul, Coréia do Sul



“Renaturalização”

Rio Cheong, centro de Seul, Coréia do Sul



“Renaturalização”

Rio Cheong, centro de Seul, Coréia do Sul



“Renaturalização”

Rio Cheong, centro de Seul, Coréia do Sul



“Renaturalização”

Rio Cheong, centro de Seul, Coréia do Sul



Sistema de amortecimento e de melhoria de qualidade da água



Sistema de amortecimento e de melhoria de qualidade da água



Sistema de amortecimento e de melhoria de qualidade da água

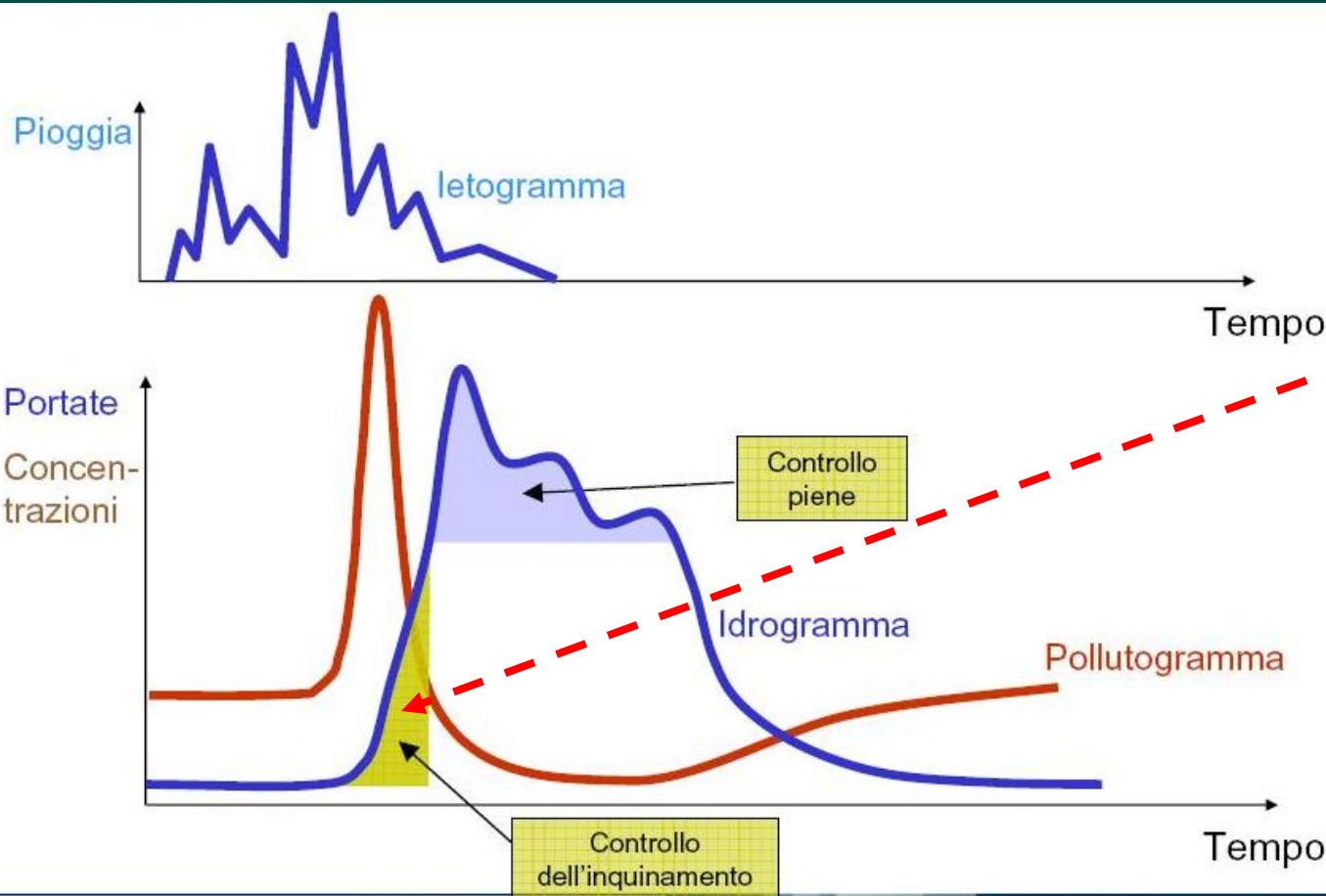


Canal de seção mista

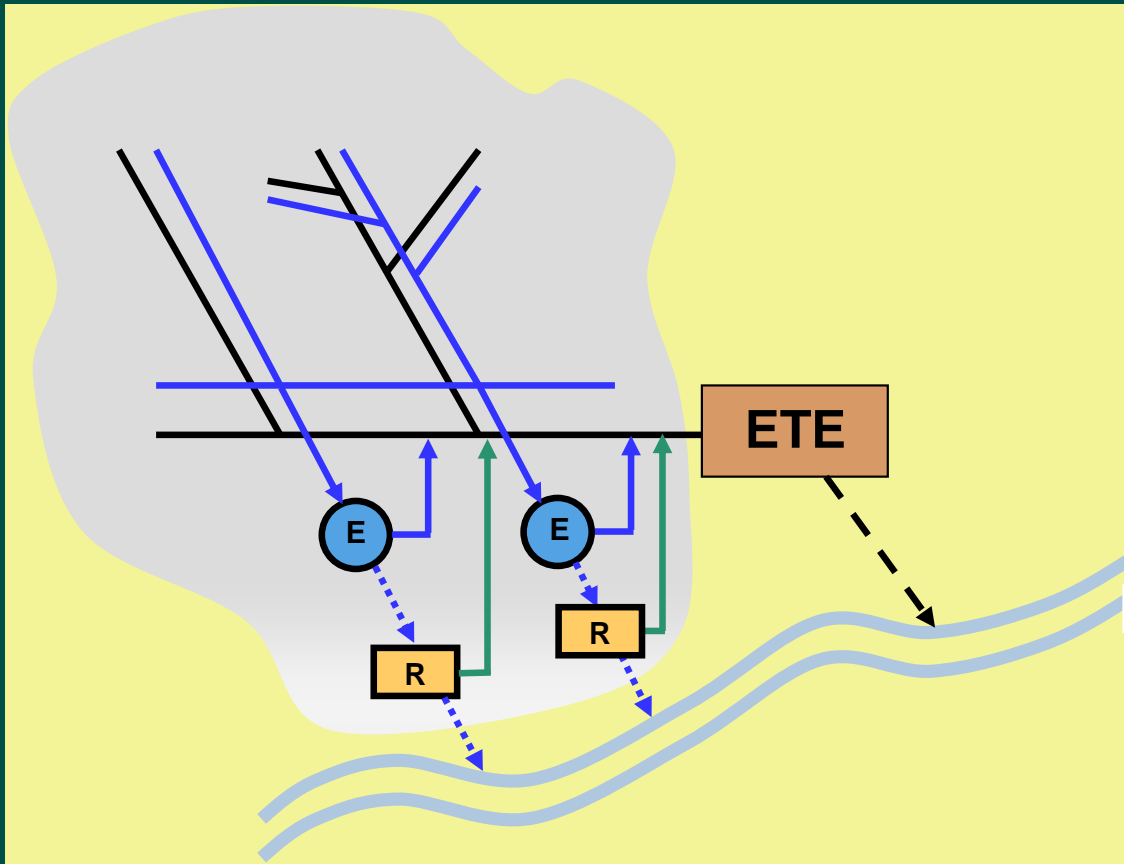


Cidade Universitária, São Paulo

Controle da poluição conduzida por galerias de águas pluviais



Sistema de drenagem e esgotos com extravasor e reservatório



Lançamento no rio:
= Parcela das águas de chuva

Para a ETE:
= Esgoto
+ Vazão de base
+ Águas de 1ª chuva

Sistema de partição de vazão com vertedor lateral

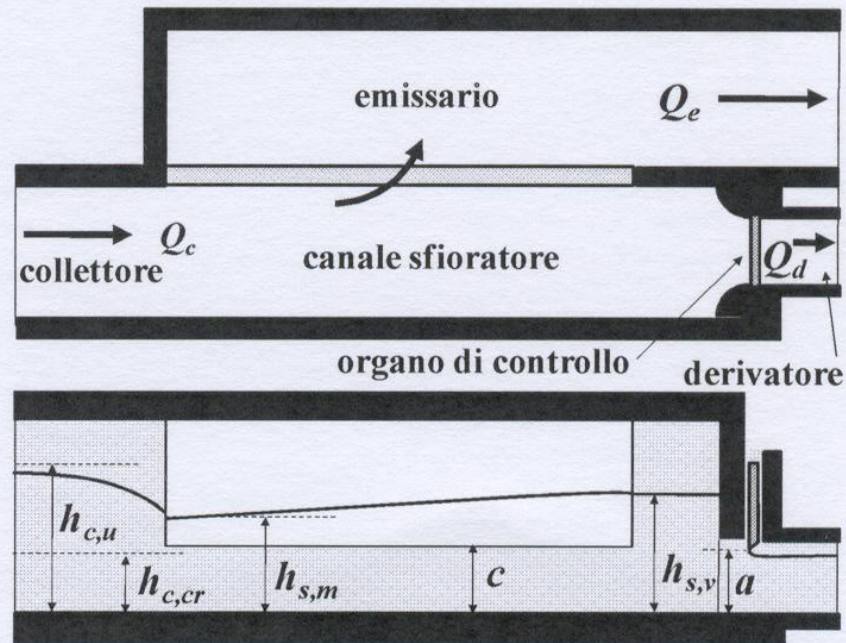


Figura 15 - Schema di uno sfioratore monolaterale con canale sfioratore a sezione costante

Sistema de partição de vazão com dois vertedores laterais

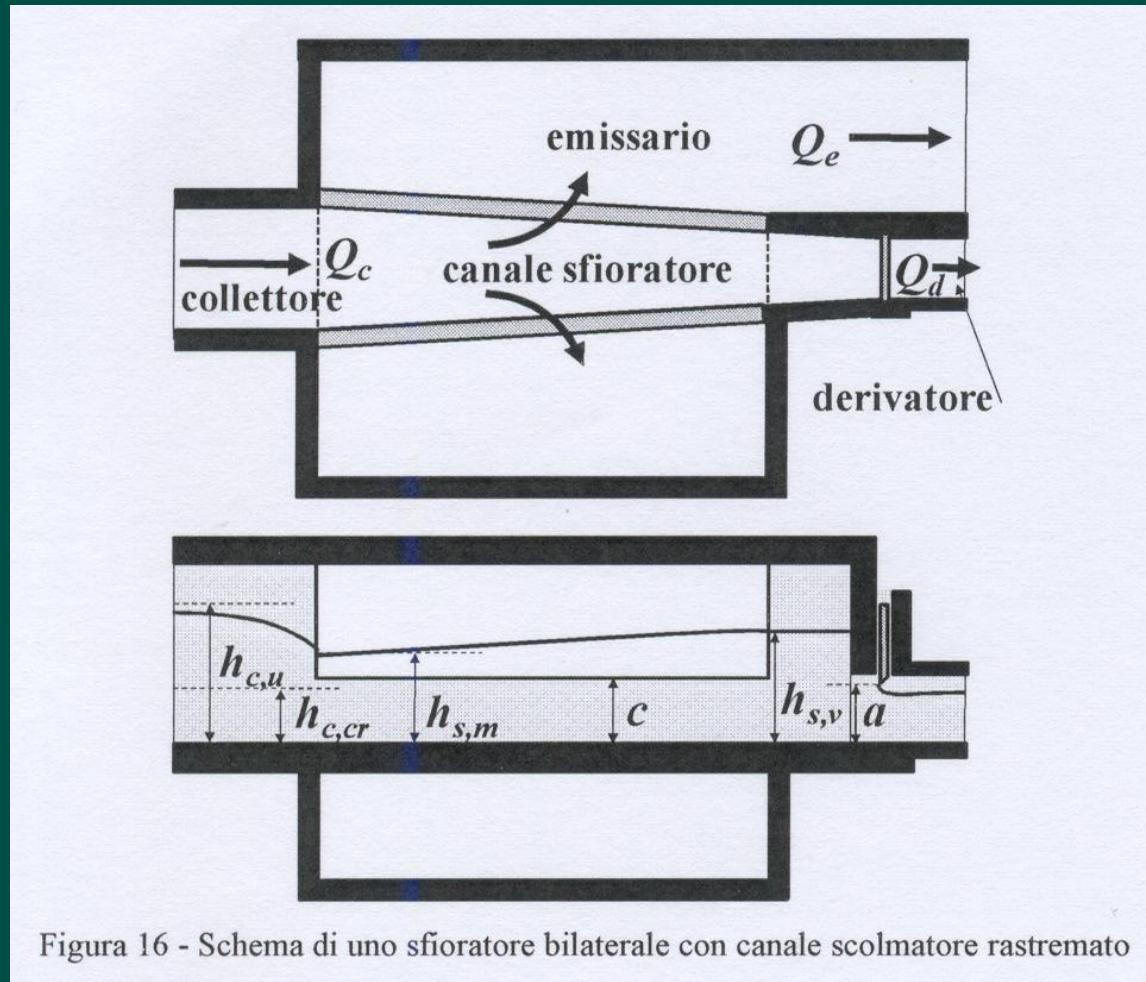


Figura 16 - Schema di uno sfioratore bilaterale con canale scolmatore rastremato

Sistema de partição de vazão com descarga de fundo

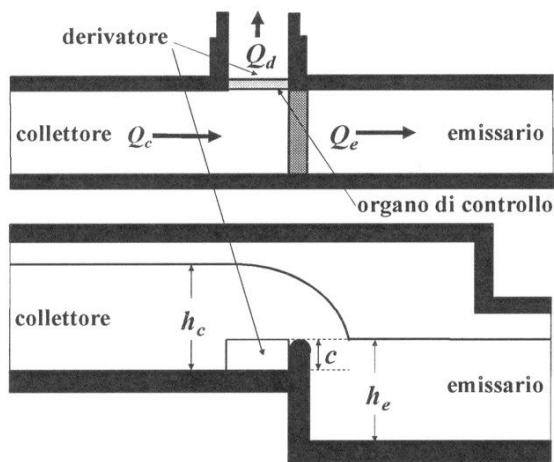


Figura 13 - Schema di uno sfioratore frontale

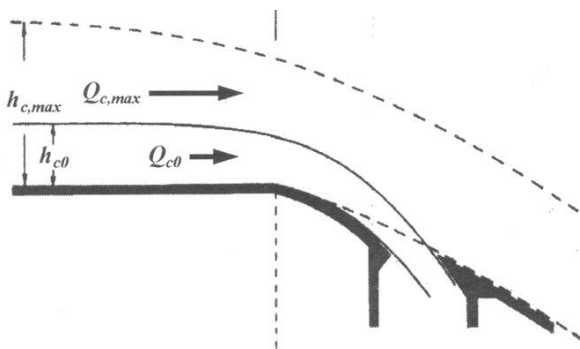


Figura 12 - Disposizioni della luce di fondo con scivolo di raccordo

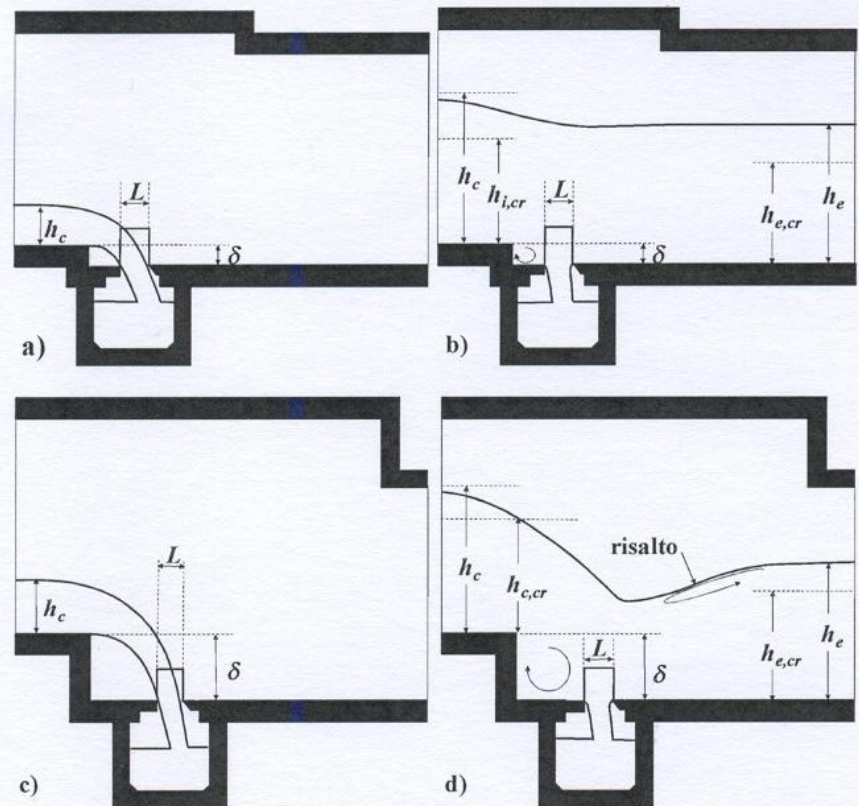


Figura 9 - Scolmatori a luce di fondo con salto: a) e b) salto basso, c) e d) salto alto

Sistema de partição de vazão com descarga de fundo

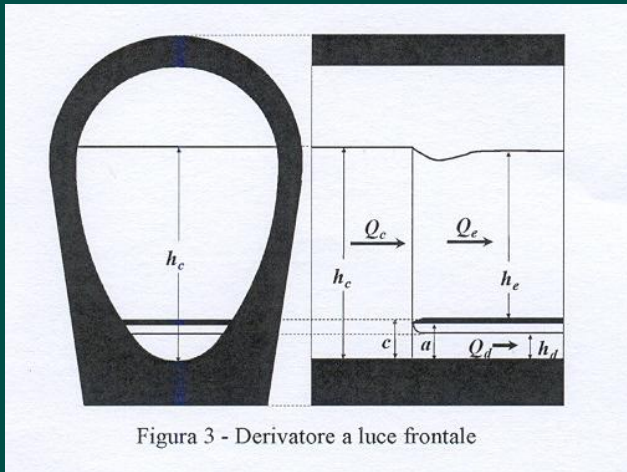


Figura 3 - Derivatore a luce frontale

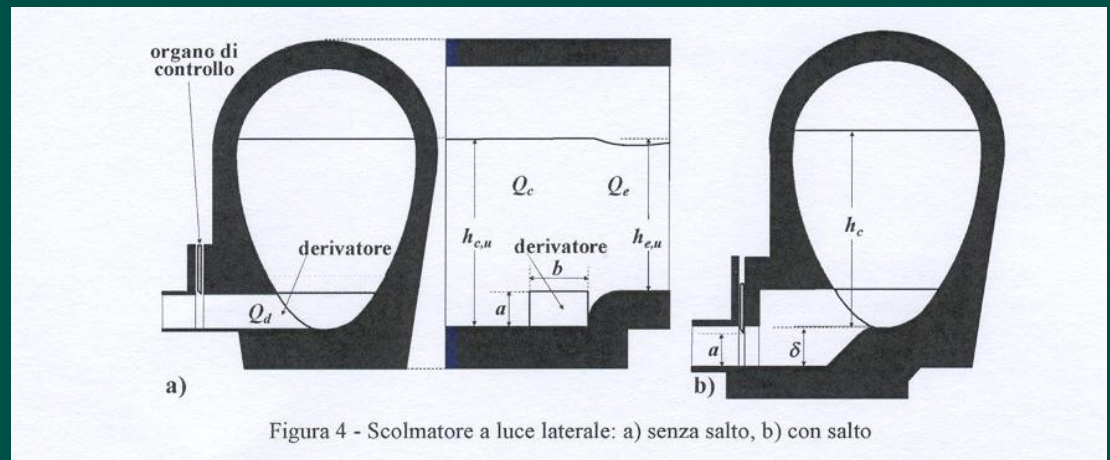


Figura 4 - Scolmatore a luce laterale: a) senza salto, b) con salto

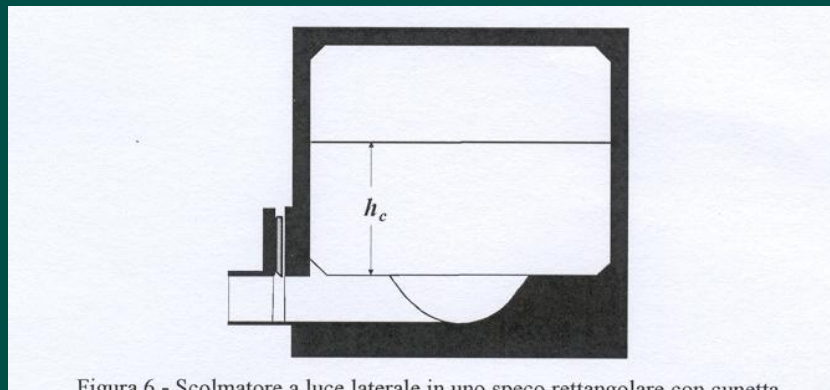


Figura 6 - Scolmatore a luce laterale in uno spazio rettangolare con cunetta

Reservatórios de 1ª chuva

Sistemas de armazenamento temporário



L.F. Orsini, 2007

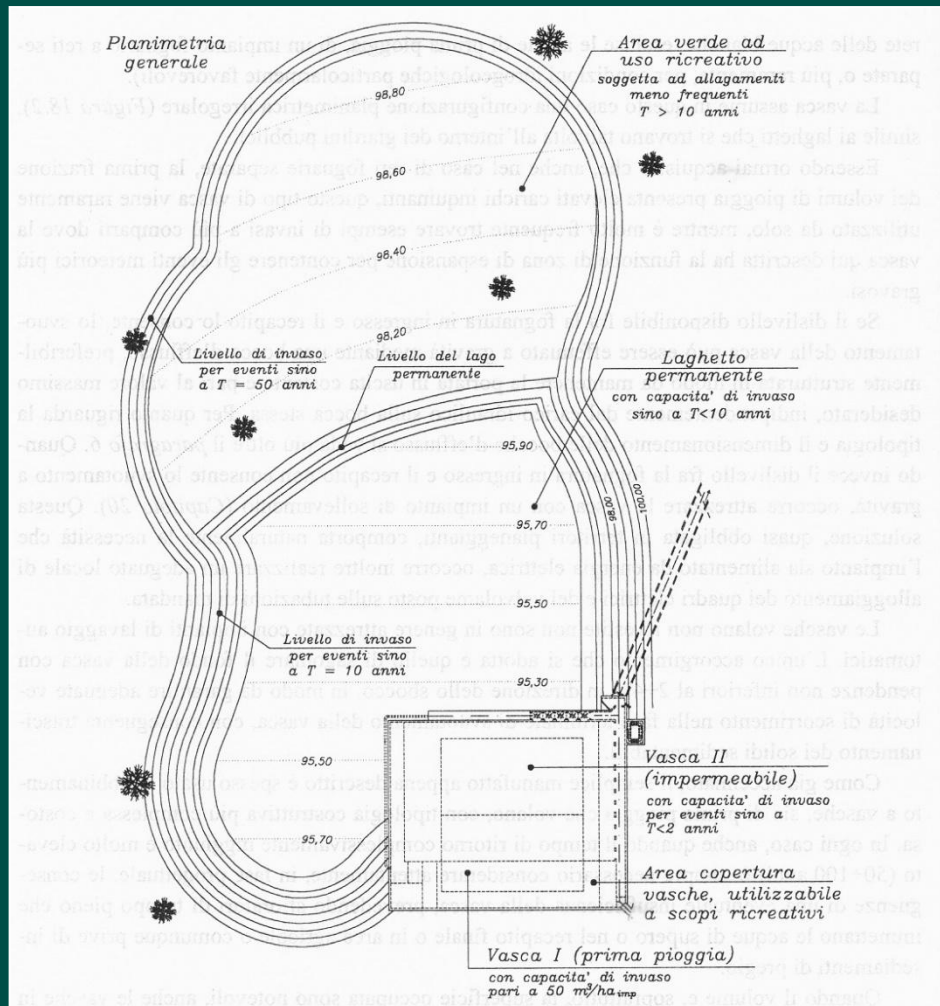
Distrito industrial de Biandrate, It

Bivio Vela, Pavia, It



L.F. Orsini, 2006

Reservatório de amortecimento com controle das águas de primeira chuva



Volumi approssimados

- Volume total para amortecimento de cheias = $300 \text{ m}^3/\text{ha}$.
- Vol. para controle da poluição difusa = 25 a $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ de área impermeável.
- Exemplo:
- Área da bacia = 100 ha (1 km^2); 70% impermeabilizada
- Vol. total do reservatório = 30.000 m^3
- Vol. do reserv. de água de 1ª chuva = 3.500 m^3

Tratamento de esgotos e das águas de 1ª chuva



Supertubos

Ex: Cesano Boscone - Corsico (Milão, Italia)



TUTELA
AMBIENTALE
SUD MILANESE S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO
DEI LAVORI DI COSTRUZIONE DEL
COLLETTORE CESANO BOSCONE - CORSICO

DICEMBRE 2003

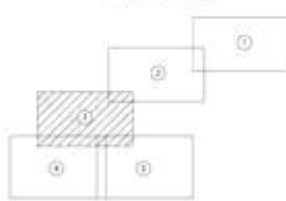
Aut. Ambientale	Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.

ETATEC S.p.A.

PIANIMETRA Scala 1:1000
OPERE IN PROGETTO
Foglio 2

Aut. Ambientale	Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.
Aut. P.S.	Aut. P.C.	Aut. P.S.	Aut. P.C.

QUADRO DI LEGGENDA



Foglio 2



LEGGENDA

- STATO DI FATTO**
 - FOUNTAIN COMUNALE
 - COLLETTORI CONDIVISI
 - RETELLA SINGOLA
 - CANALI DIMETRI
- OPERE IN PROGETTO**
 - MANIFESTO SUPERIORE IN ELEMENTI PREFABRICATI IN C.A.A. (DISEGNO TM 01/04)
 - MANIFESTO IN C.A. CESTONI IN OPERA
 - TUNNEL
 - N. 3 COLLETTORI RETE 1000 PER LINEA T22 E ALIMENTAZIONE ELETTRICA E PIZZETTO PREFABRICATO (DISEGNO TM 02/04)
 - PUNTI DI CONSEGNA (AREA T.C.) ELETTRICI CON COLONNINI IN RETROSCALDA (DISEGNO TM 03/04) PER ALLESTIMENTO SPARSO (MANTO RIFORMAZIONE DI ADEMPIMENTO PUNTO AUTOLAVAGGIO)
 - TORRE DI STATO IN ACCIAIO INCE
- DEMOLIZIONI**
 - TUNNEL

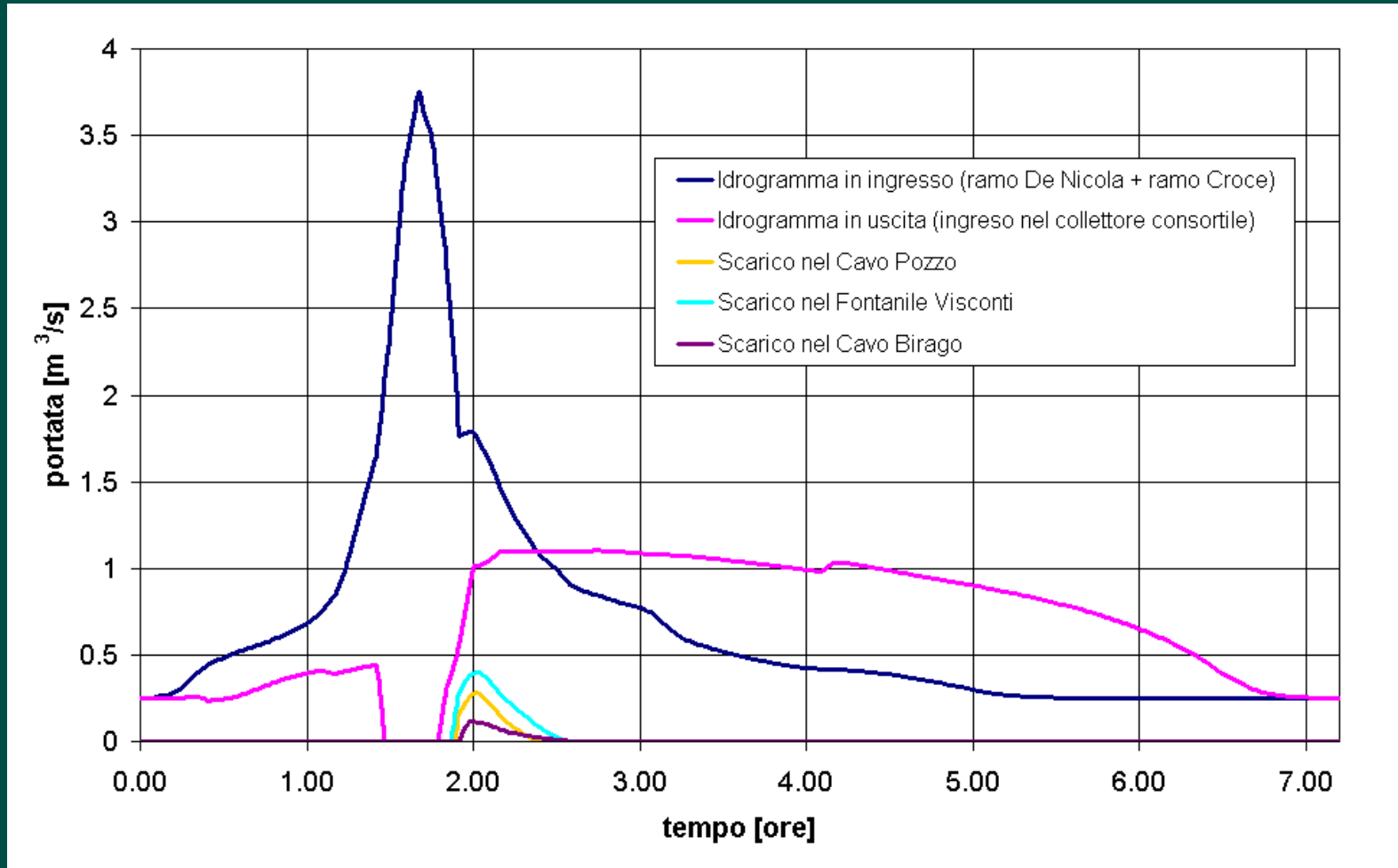
N.B. LE OPERE IN PROGETTO RIGUARDANO LA RETE DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE PER IL RIMPIANTO DELLE MARCHI DI LARGHEZZA DEI SUPERFICIALI, SOTTO MARCHE TALE T.M. 04-01/03

Supertubo Cesano Boscone - Corsico (Milão, Italia)



Supertubo

hidrogramas para T = 20 anos



Bocas de lobo sifonadas

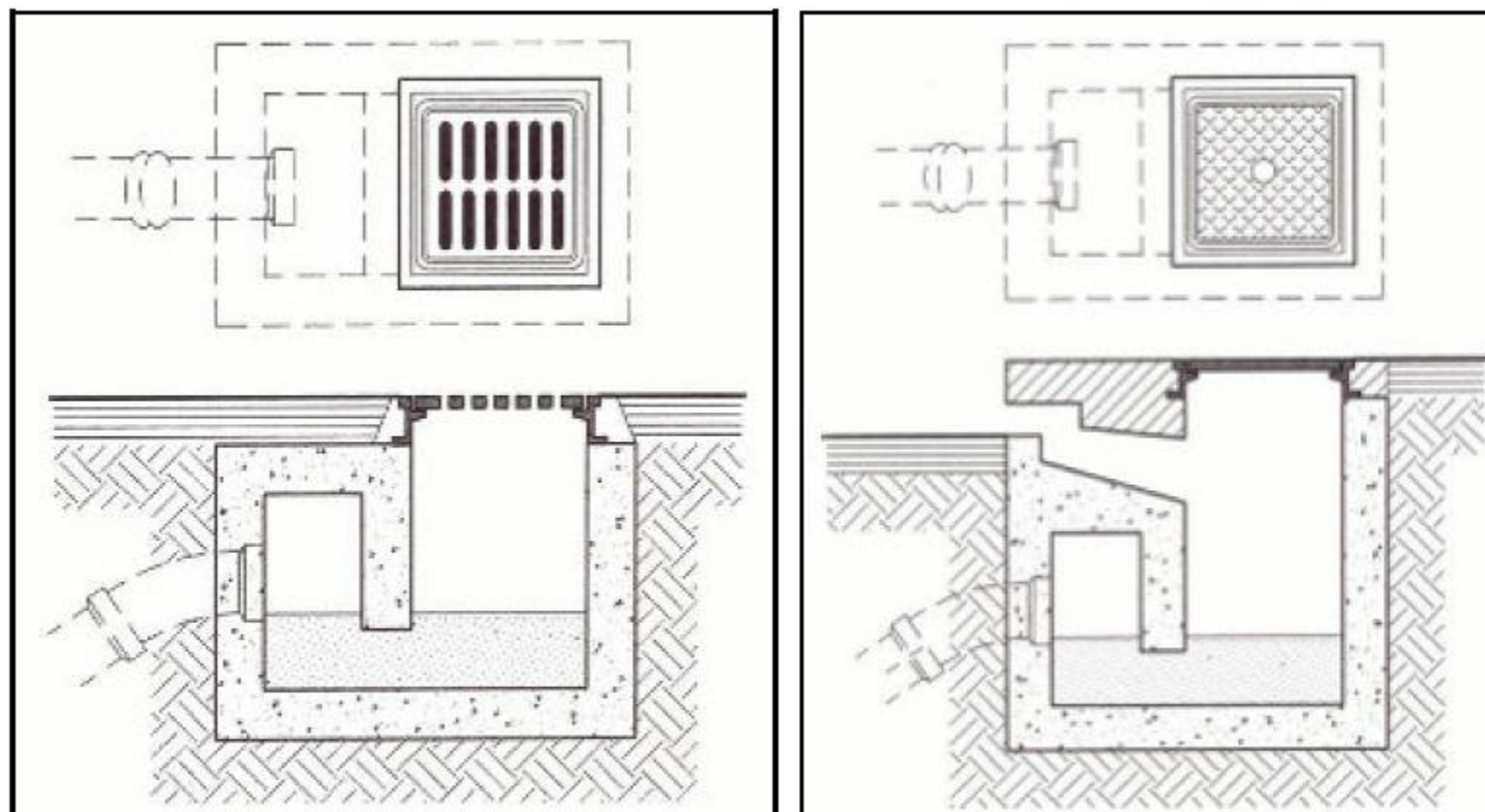


Figura 1.3: Caditoie a griglia e a bocca di lupo con collegamento alla rete fognaria sifonato

Bocas de lobo sifonadas com cesto para coleta de resíduos

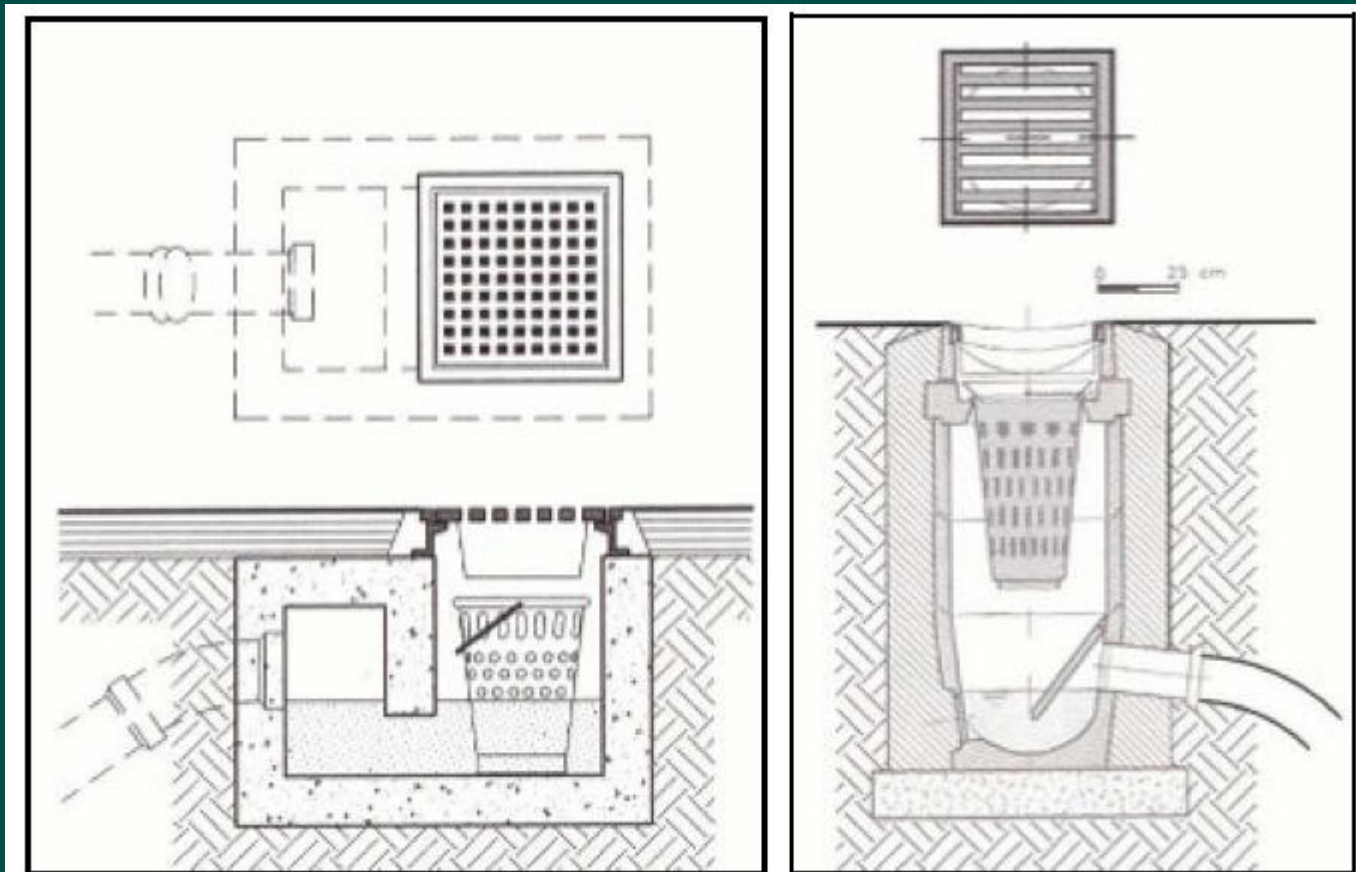
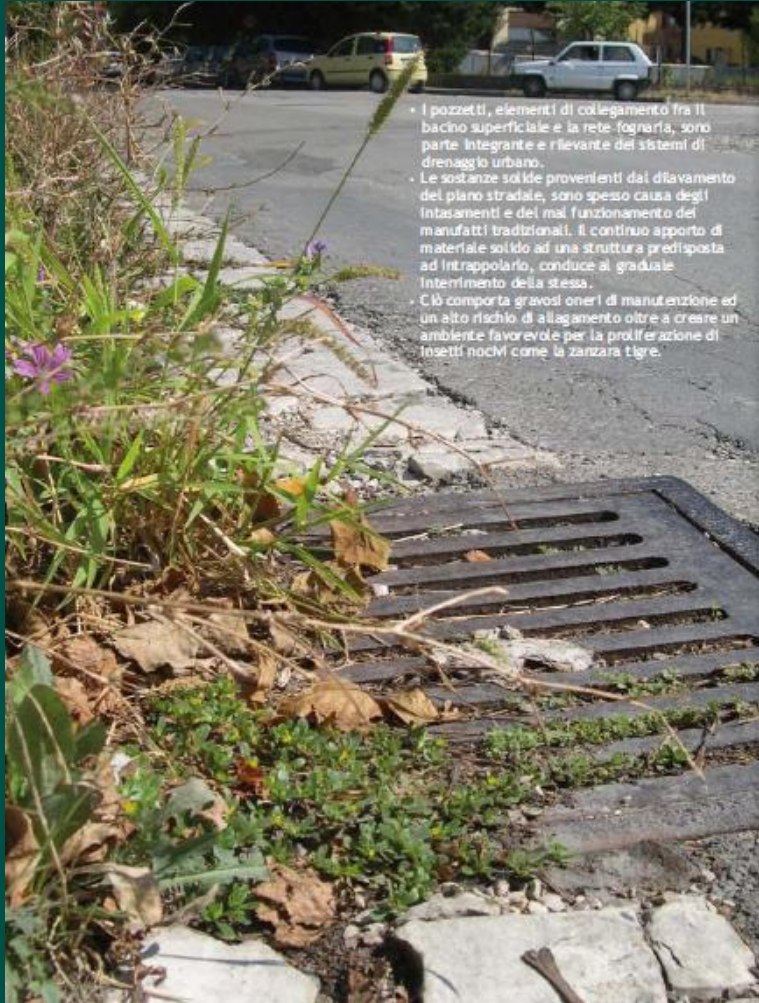


Figura 1.4: esempio di caditoie con cestello

Bocas de lobo auto limpantes



- I pozzetti, elementi di collegamento fra il bacino superficiale e la rete fognaria, sono parte integrante e rilevante del sistema di drenaggio urbano.
- Le sostanze solide provenienti dal dilavamento del piano stradale, sono spesso causa degli intasamenti e del mal funzionamento dei manufatti tradizionali. Il continuo apporto di materiale solido ad una struttura predisposta ad intrappolarlo, conduce al graduale intormentimento della stessa.
- Ciò comporta gravosi oneri di manutenzione ed un alto rischio di allagamento oltre a creare un ambiente favorevole per la proliferazione di insetti nocivi come la zanzara tigre.

• O Problema

- S. Paulo possui 400 mil bocas de lobo
- São removidos cerca de 33.600 m³ de resíduos/ano
- Custo R\$ 110 milhões/ano



Tempo de entupimento de bocas de lobo convencionais*

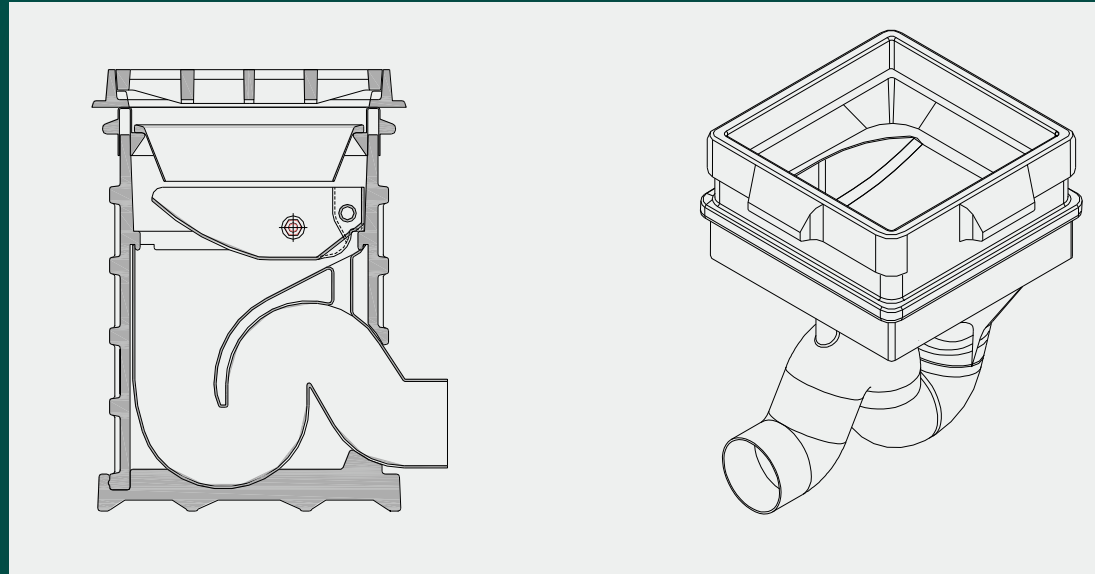
Tipologia urbana	% impermeabile	T interrimento
Zone residenziali densamente abitate	0,8	6 mesi
	0,9	5 mesi
Zone residenziali scarsamente abitate	0,3	52 mesi
	0,6	26 mesi
Zone commerciali	0,6	10 mesi
	0,8	8 mesi
	0,9	6 mesi
Zone industriali	0,3	9 mesi
	0,6	4 mesi
	0,8	3 mesi
	0,9	3 mesi

Tabella 1.3: Tempo di interrimento in funzione della tipologia urbana e della percentuale di aree impermeabili stimate su un bacino di 0.25 ha (Silvagni e Volpi, 2002)

*em São Paulo esse tempo é estimado em 25 dias

Bocas de lobo auto limpantes

Detalhes



Bocas de lobo auto limpantes

Instalação

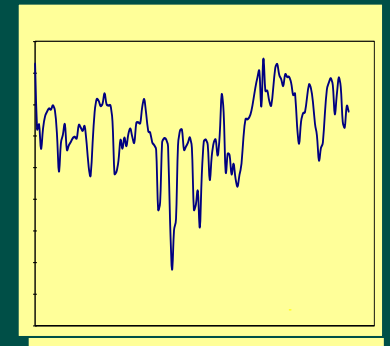
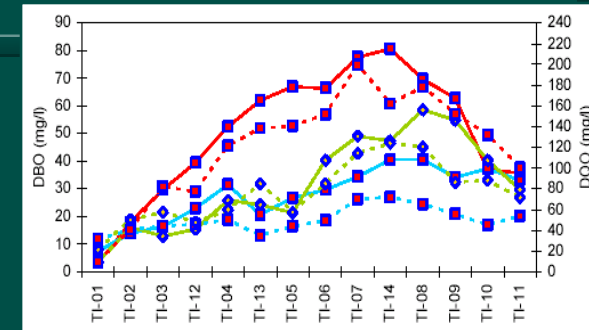


SUMÁRIO

- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais
- Princípios da Invariância hidráulica
- Técnicas de manejo de águas pluviais
- Modelagem matemática

Modelos são ferramentas para tomada de decisões

- Permitem comparar soluções
- Ajudam a compreender situações reais
- Auxiliam na otimização das soluções
- Permitem cometer erros sem causar danos na escala real



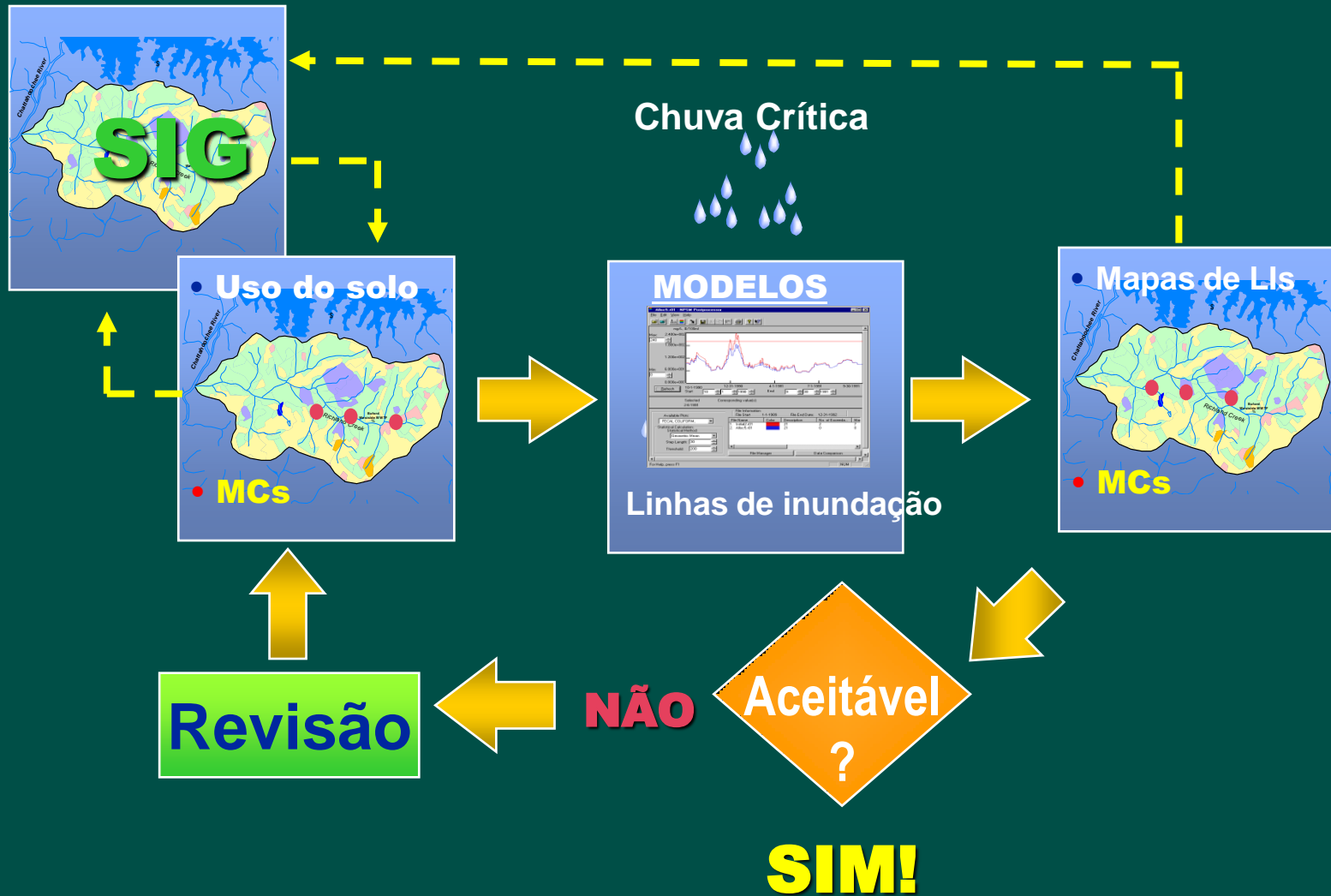
Esquema geral

Dados

Modelagem

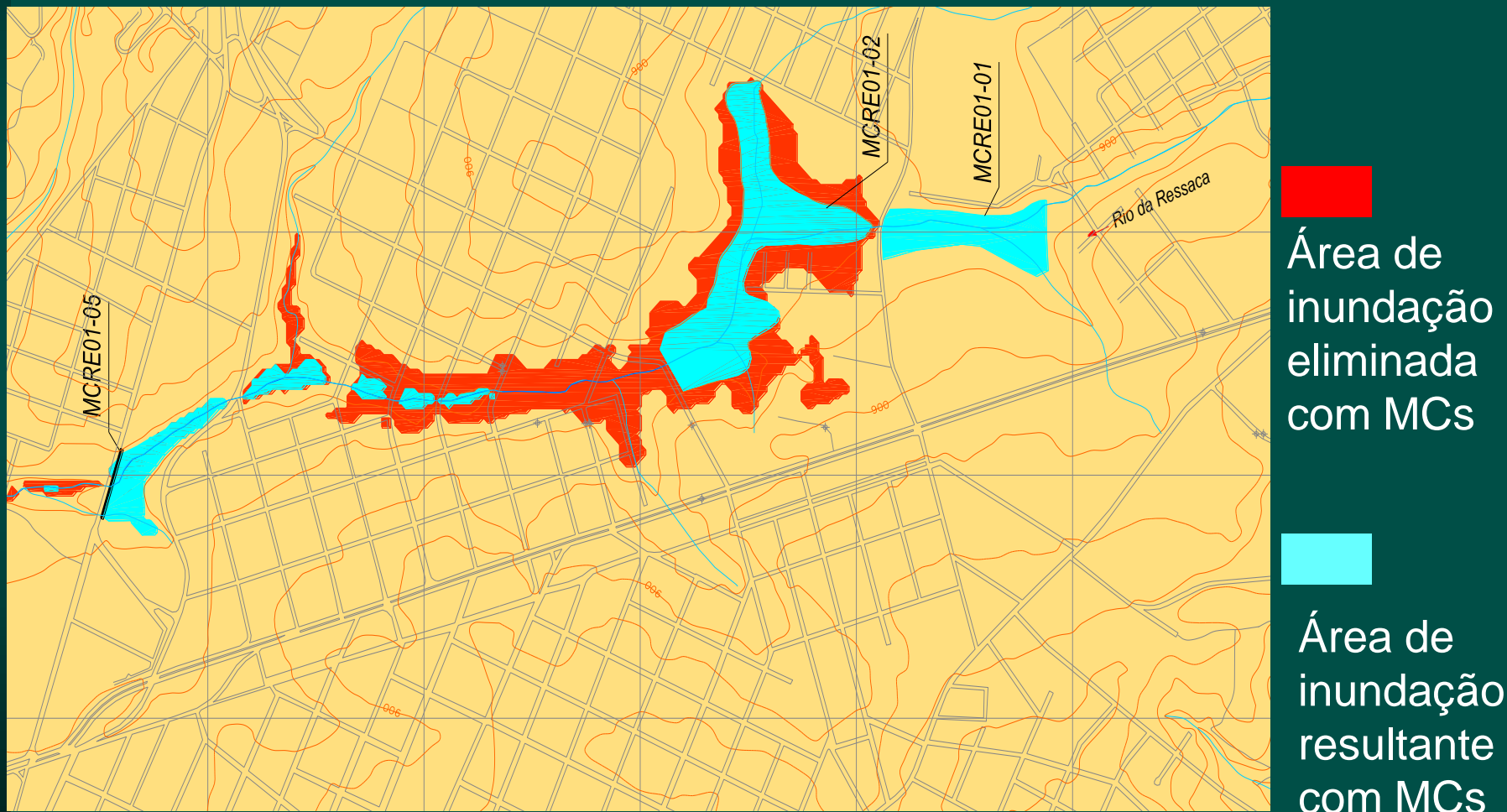
Intervenções

Estudo de alternativas



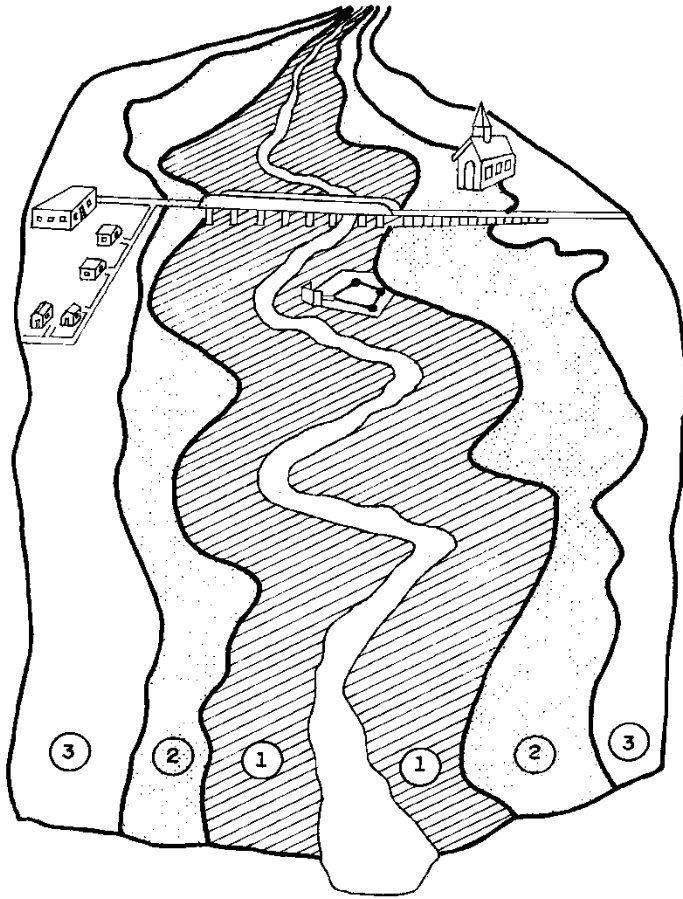
Exemplo

Simulação de linha de inundação



Córrego Ressaca - Curitiba

Zoneamento de Áreas de Inundação



- ① Ocupação Proibida
- ② Ocupação Restrita
- ③ Ocupação Livre

Figura 16.13. Regulamentação da zona inundável (U.S.WATER RESOURCES COUNCIL,1971).

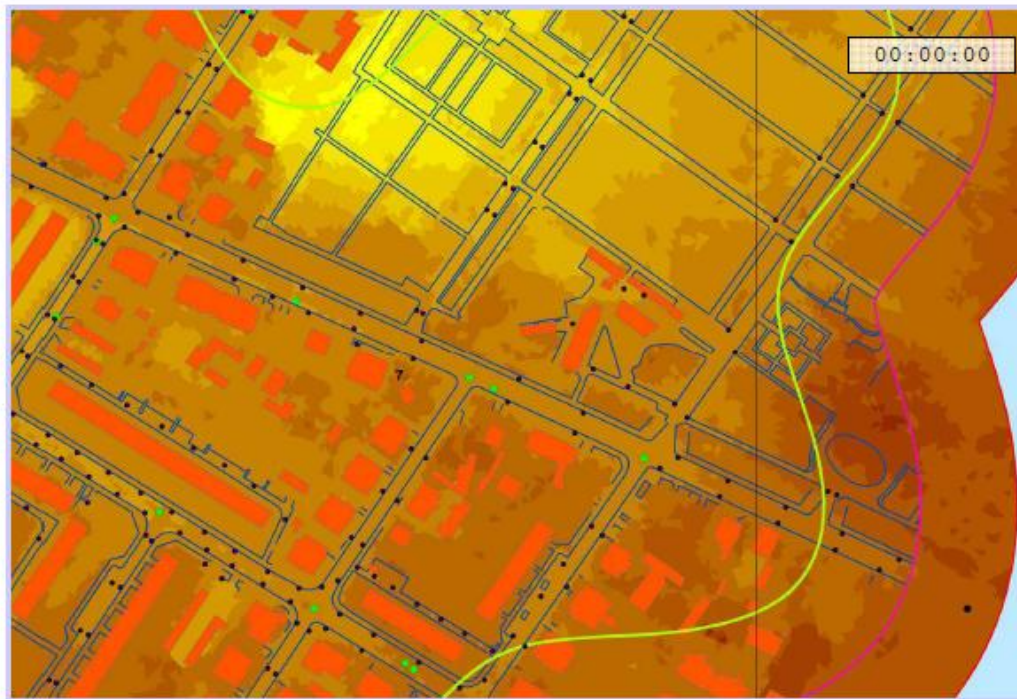
Produtos

- Linhas de inundação para diversos cenários
- Estruturas de armazenamento e infiltração
- Reordenação do uso do solo
 - Áreas de preservação
 - Zoneamento de inundações
 - Controle da impermeabilização
- Aumento da condutividade hidráulica

Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



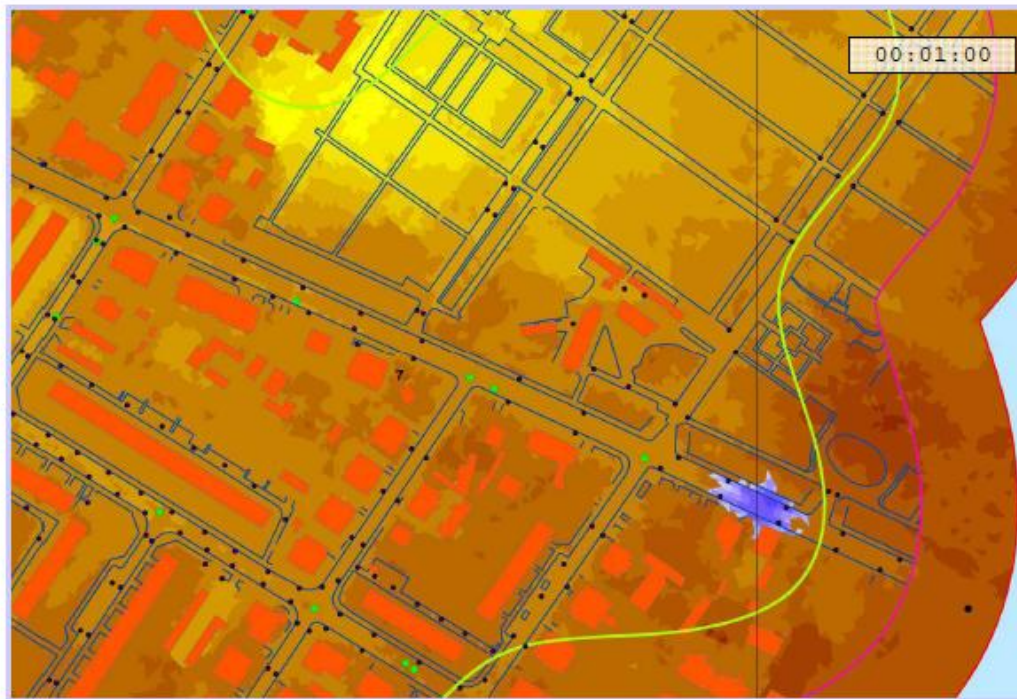
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



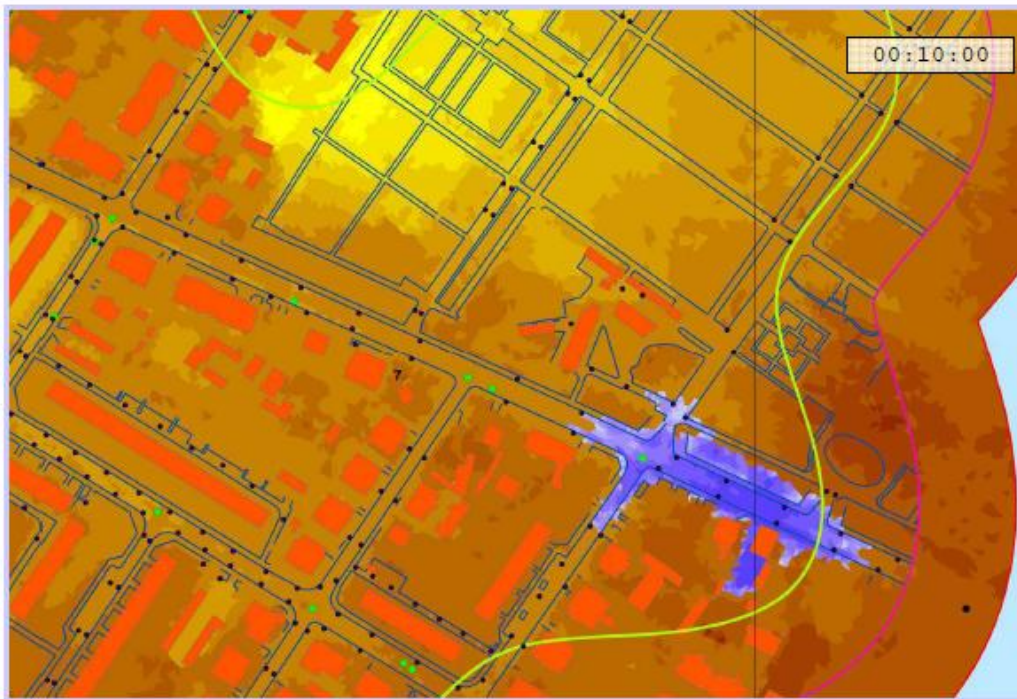
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



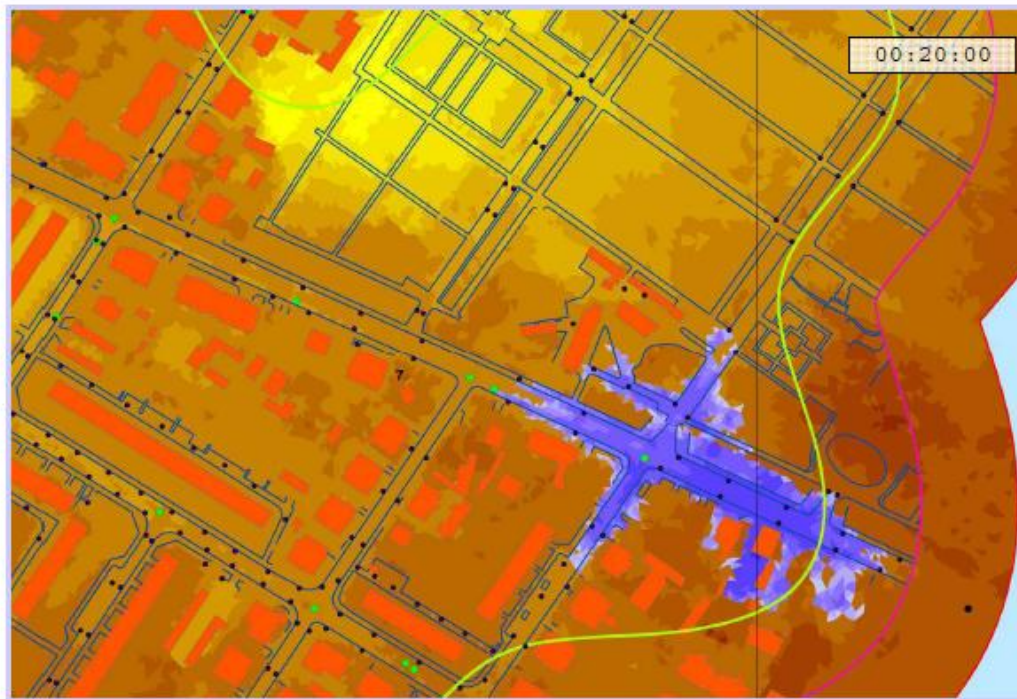
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



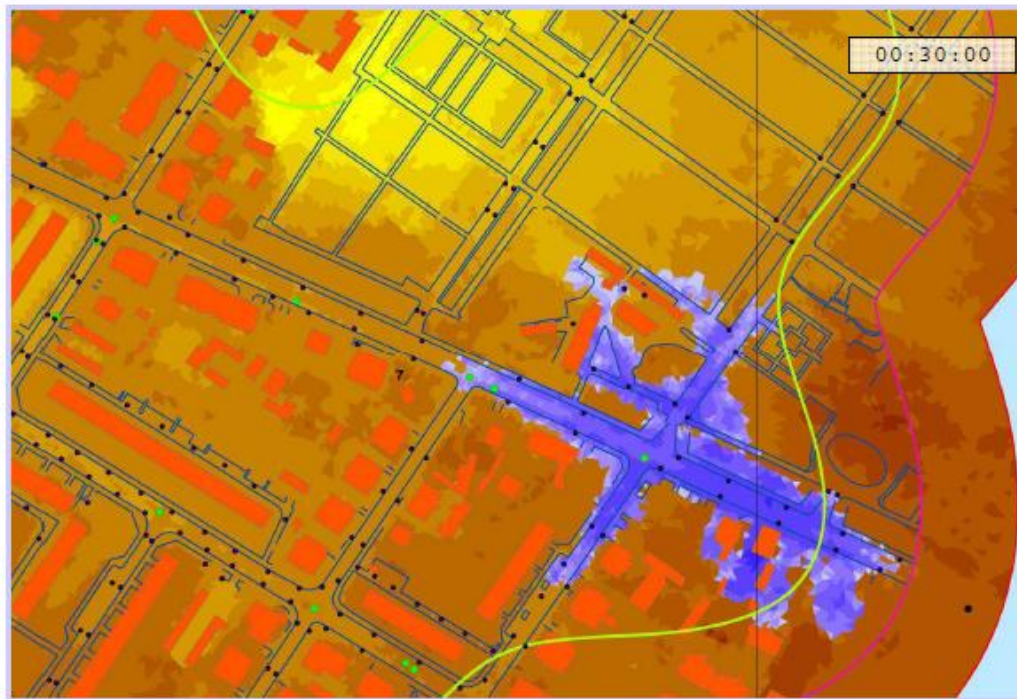
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



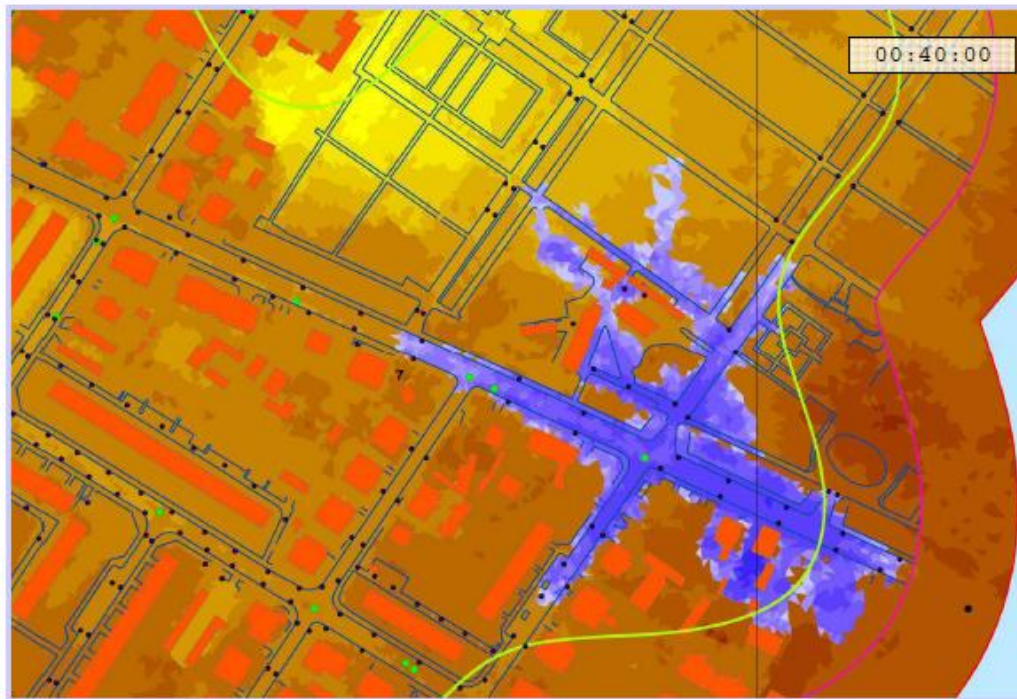
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



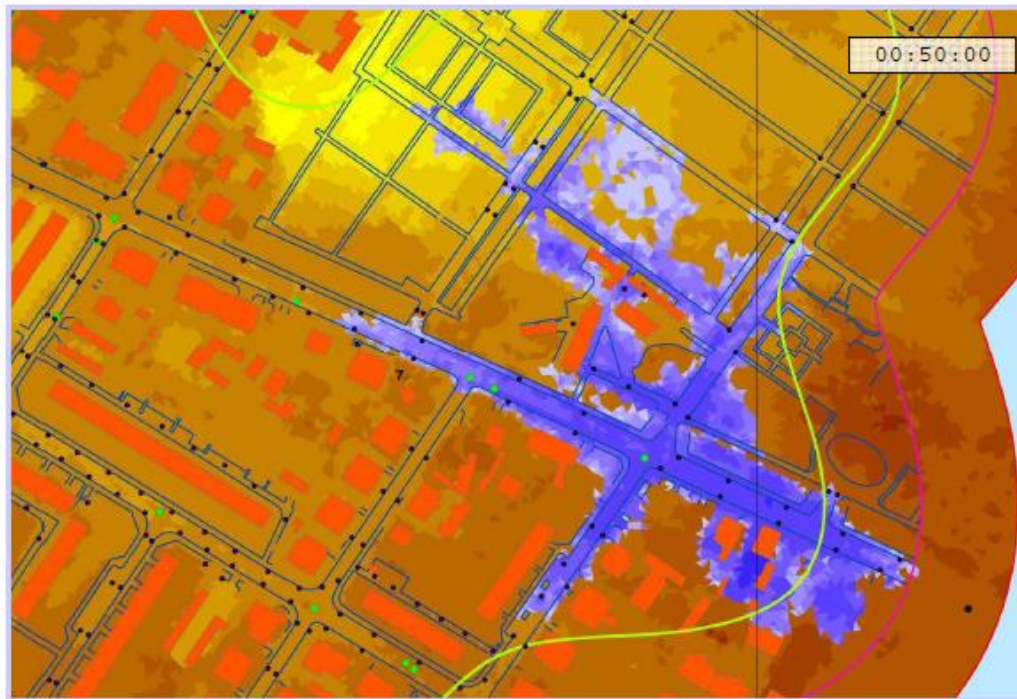
Urban Drainage Master Planning



Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



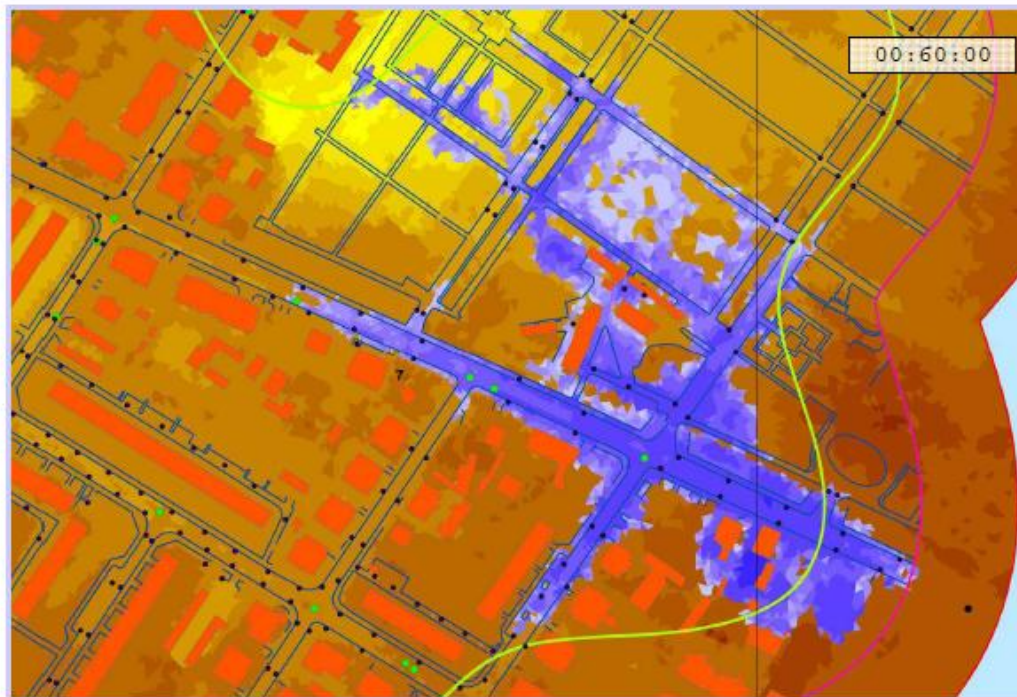
Urban Drainage Master Planning

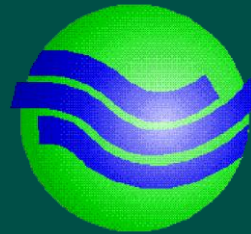


Modelos de simulação mapeamento de áreas de inundação



Urban Drainage Master Planning





FCTH

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

Luiz Fernando Orsini Yazaki

11 3039-2167 / 11 9906-1755

luizorsini@fcth.br