

ENGENHARIA CIVIL INTEGRADA  
PROFESSOR RODRIGO ANDOLFATO

## SEMINÁRIO: DRENAGEM URBANA

Andreza Romano da Costa

Bruna de Mello Trindade

Marcelo da Cruz Pereira

Marcia Martins Gomes

Paula Garcia Lima

Rodrigo Cella

# INTRODUÇÃO

---

A drenagem antigamente era apenas um complemento da irrigação, porém evoluiu com técnicas e objetivos bem definidos, como recuperar pântanos, terrenos inundados, regular a umidade do solo em áreas agrícolas e desviar a água do subsolo em terrenos destinados a construções.



# IMPORTÂNCIA DA ÁREA NA ENGENHARIA CIVIL

## MERCADO DE TRABALHO – Salários Infraestrutura x Outros Setores

O setor de infraestrutura inclui transportes, armazenagem, distribuição de água e luz, drenagem urbana, tratamento de resíduos sólidos urbanos, entre outros.

Mais Engenheiros. Preferência por setores tecnológicos da mineração e petróleo (expansão nestas áreas). Porcentagem relativa de Engenheiros no setor Infraestrutura cai, porém a demanda aumenta.

O setor de infraestrutura é o que melhor paga \$ abrigando a melhor valorização junto com o setor de construção residencial



# IMPORTÂNCIA DA ÁREA NA ENGENHARIA CIVIL

## COMPROMETIMENTO – Desenvolvimento Humanista e Sustentável

Mais do que perspectivas boas para o mercado de trabalho, a sociedade está demandando também comprometimento com um desenvolvimento humanista e sustentável por parte do profissional.



5.265 municípios do país que possuem algum tipo de controle sobre as águas das chuvas – desde sarjetas até galerias subterrâneas –, 2.696, ou 51,3%, declararam ter sofrido alagamentos ou inundações no período de 2003 a 2008.



# IMPORTÂNCIA DA ÁREA NA ENGENHARIA CIVIL

## FATORES HISTÓRICOS – Dos problemas de Drenagem Urbana no Brasil.

“Comprometimento com um desenvolvimento humanista e sustentável por parte do profissional”.

Cidades Ribeirinhas – primeiras cidades do Brasil e interiorização.

Priorização de veículos e imobiliário em detrimento da proteção de áreas de fundo de vale.

Êxodo Rural e o inchaço das cidades

Marginalização econômica e imobiliária de parte da população urbana, resultando em ocupações desordenadas e em áreas de risco ambiental (Zonas de Alagamento, Encostas).

Migração para o Oeste e Norte (novas vilas e cidades sem planejamento e/ou ribeirinhas).



# IMPORTÂNCIA DA ÁREA NA ENGENHARIA CIVIL

## NOVO PARADIGMA

É necessário, portanto, que os Engenheiros Civis que atuarão em atividades de infraestrutura urbana tenham mais que uma visão técnica sobre os aspectos físicos e estruturais das obras.

Entendimento  
Holístico

Integração  
interdisciplinar

Humanista

Sustentável



# CONCEITO

## DRENAGEM URBANA OU...

## GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS URBANAS

O termo Drenagem Urbana tem sido utilizado principalmente na literatura técnica e normativa sobre o escoamento da água pluvial urbana, sendo considerada Tópico quando se pensa em Gestão Integrada das Águas Urbanas



Gestão Integrada das Águas Urbanas trabalha questões conceituais além da técnica. Integra também outras áreas do conhecimento como o Urbanismo e as relações entre a drenagem urbana com infraestruturas diversas como o esgotamento sanitário, abastecimento de água, malha viária, zoneamentos e a Bacia Hidrográfica como Unidade de Gerenciamento e Planejamento.



# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

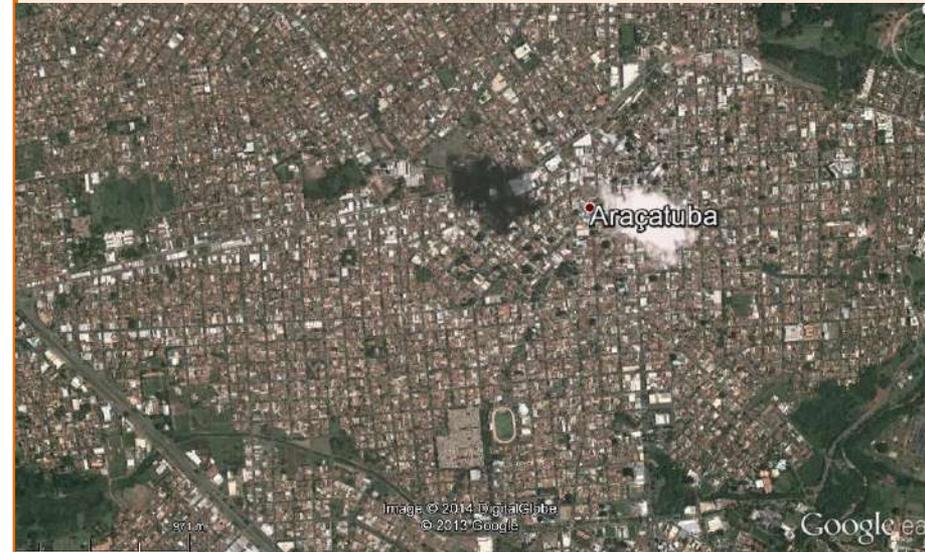
## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo) Versus SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

- Micro bacia como unidade de gerenciamento e planejamento



- Comercialização de áreas definem loteamentos de forma não integrada com a drenagem, vias e outras infra.

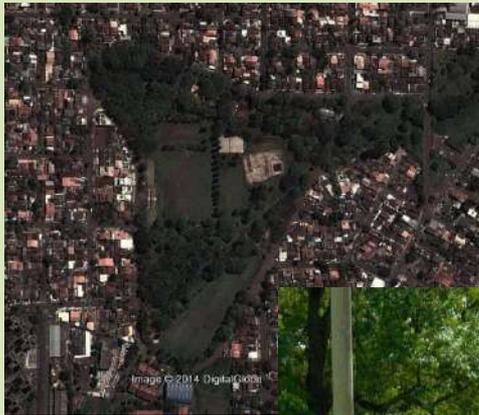
-Sanitarismo teve sua importância até a década de 50



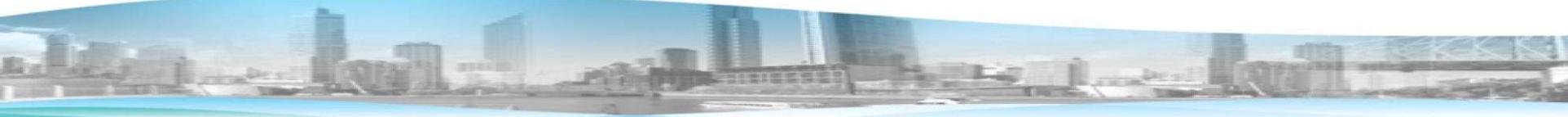
# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitismo) Versus SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

- Recuperação de Nascentes e integração com o paisagismo urbano



- Drenagem e aterramento de nascentes para maior aproveitamento imobiliário



# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo)

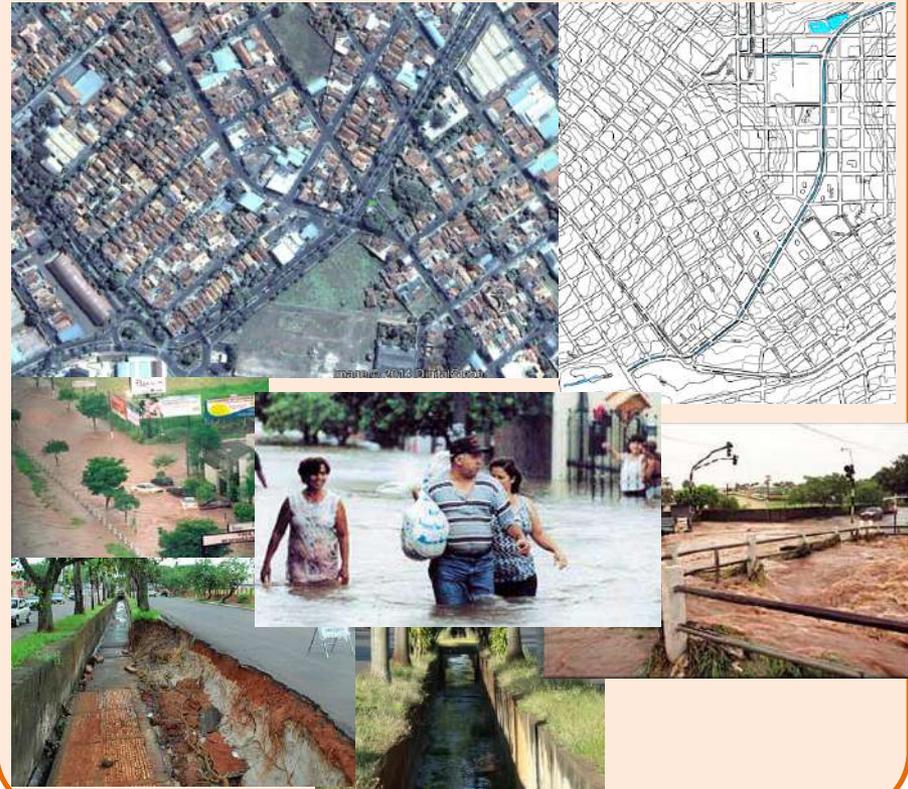
Versus

SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

- Recuperação de córregos e fundos de vale com integração na paisagem urbana



- Drenagem, aterramento e canalização de várzeas e córregos para melhor aproveitamento imobiliário e viário



# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo) Versus SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

### ➤ Floresta Urbana



### ➤ Arborização Urbana insuficiente e sem integração (Deserto Urbano)



# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo)

Versus

## SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

Diminuir a velocidade aumentando o tempo de concentração (diminui 'onda' de cheia à jusante)

Aumentar a velocidade diminuindo o tempo de concentração (eleva 'onda' de cheia à jusante)

- APP
- Reflorestamento
- Lagoas de detenção
- Dissipadores de energia
- Bacias de infiltração
- Programa de permeabilidade do solo

- Caro de implementar
- Ganho na manutenção
- Ganho ambiental, na qualidade de vida e segurança
- Alto custo para soluções
- Diminuição do verde e bem estar
- Falta de áreas de lazer



- Drenagem e aterramento de nascentes e córregos
- Canalizações
- Cursos d'água estrangulados como canteiros centrais de avenidas
- Segregação das áreas naturais da urbanização
- Impermeabilização severa

# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo)

Versus

## SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

➤ Integração mais harmoniosa e resiliente com outras infraestruturas

Fundos de vale receberão em suas APPs as adutoras e emissários facilitando a manutenção do sistema de distribuição de água e coleta de esgoto

Integração com o transporte por meio de pistas de caminhada e ciclovias

Reserva de área urbana para comportar novas ou ampliações de infraestruturas como reservatórios de água, terminais intermodais de transporte urbano e ampliação de vias.

Áreas de lazer, prática de exercícios e contemplação da natureza.

Retenção da poluição difusa

➤ Engessamento da infraestrutura da cidade

Qualquer intervenção necessita da quebra de pavimento, canais ou desapropriações de imóveis

Diminui a possibilidade de intervenções para melhorar o trânsito e transporte intermodal urbano

Os custos de manutenção e prejuízos são altos

Trava o processo de verticalização da cidade ou onera significativamente a implementação e ampliação de infra para suportar a verticalização

Poluição Difusa e Lixo impactam muito mais o meio ambiente e podem colapsar a drenagem mais frequentemente.



# COMPARAÇÃO DE PARADIGMAS

## IMOBILIARISTA E RODOVARISTA (Sanitarismo) Versus SUSTENTÁVEL (Gestão Integrada)

- Integração da macrodrenagem ao paisagismo urbano



- Segregação da macrodrenagem do uso comum, sendo “considerada” entrave, estorvo, terreno baldio e coisa a ser “escondida”.



# ENCHENTES NO BRASIL – PRINCIPAIS CAUSAS

---

Chuvas Intensas, ou seja, de curta duração e alta intensidade.

O maior vilão das enchentes, a Impermeabilização.

Poluição, carência de coleta de lixo nas áreas periféricas.

Problemas no Sistema de Drenagem

E ocupação Irregular do Solo.



# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

---

Estão enquadradas em três ramos:

técnicas :  
hidráulica ou  
hidrológica

Ambientais

Legais



# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

## Soluções do ramo da hidráulica:

- Utilizar drenos maiores em diâmetro ou em maior quantidade.



E quando o canal de drenagem costuma transportar muito lixo, os estudos hidráulicos devem contemplar um dispositivo de retirada automática desse material num ponto da margem ou uma grade ou tela transversal ao fluxo.

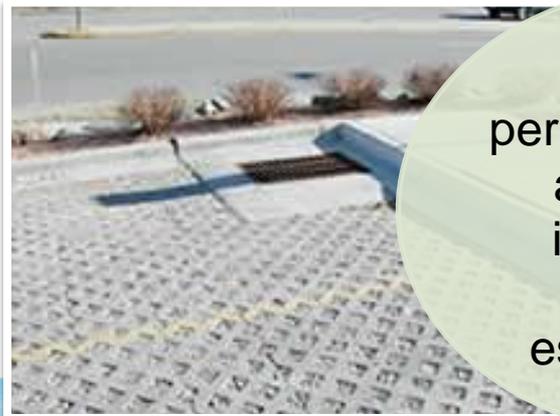
# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

---

Soluções do ramo hidrológico, entre elas destacam-se



Captação da  
água da chuva, a  
partir dos  
telhados e pisos;



Pisos  
permeáveis, para  
aumentar a  
infiltração e  
diminuir o  
escorrimento;

# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

---



Bacias de retenção, para reduzir o pico do escoamento para um nível compatível com a capacidade do meio receptor



Bacias de infiltração, para diminuir a vazão máxima das enchentes;



# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

---



Bacia de  
Detenção e Bacia  
de Detenção  
Seca.



Rio com mata  
ripária, para  
diminuir a  
velocidade média  
do escoamento.



# SOLUÇÕES PARA EVITAR OU MINORAR AS ENCHENTES

As soluções que estão relacionadas às **práticas ambientais** são:

- Evitar desmatamentos, para que não ocorram os assoreamentos;
- Não jogar lixo em valões, para não obstruir os canais de drenagem;
- Aumento das áreas verdes, para aumentar a infiltração; e
- Revitalização de rios, para evitar as enchentes, entre outras razões.

E por fim, os **instrumentos legais** para evitar as causas das cheias urbanas, destacam-se em:

- Plano diretor municipal;
- Plano de saneamento;
- Plano de micro e macro drenagem;
- Código de obras;
- Código florestal;
- e a Agenda 21 .



# ESTUDOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

---

Os estudos relacionados à drenagem urbana envolvem Engenheiros ligados à Hidrologia, Hidráulica e Sócio Econômico.

Para realizar os estudos **hidráulicos** de uma drenagem:

- **Calcular a seção transversal da tubulação.**
- Também deve-se calcular coeficientes de rugosidade por Manning, velocidades admissíveis, e as profundidades. Conforme aprendemos com o Prof. Tarso.



# ESTUDOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

Os estudos hidrológicos de uma Drenagem são bem mais complexos que os cálculos hidráulicos, pois envolvem:

- as **chuvas intensas**, a impermeabilização dos terrenos, a densidade demográfica, etc. E não se limitam à preocupação com a água que passará nas bocas de lobo, bueiros, valas e tubos, mas também nos córregos e rios que atravessam a cidade.

## CÁCULOS:

- Coeficiente de escoamento superficial
- Tempo de concentração
- Tempo de recorrência
- **Intensidade Pluviométrica.**
- Duração de chuva de projeto
- Entre outros.

Tabela – Andradina: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	100,5	122,6	137,3	145,6	151,4	155,9	169,7	183,3	196,9
20	78,0	94,9	106,1	112,5	116,9	120,3	130,8	141,2	151,6
30	64,1	78,0	87,3	92,5	96,2	99,0	107,6	116,2	124,8
60	42,3	51,9	58,3	61,9	64,4	66,3	72,3	78,2	84,1
120	25,8	32,1	36,3	38,7	40,4	41,6	45,6	49,5	53,4
180	18,8	23,7	27,0	28,8	30,1	31,1	34,1	37,2	40,2
360	10,6	13,8	15,9	17,0	17,9	18,5	20,5	22,4	24,3
720	5,9	7,9	9,2	9,9	10,5	10,9	12,1	13,4	14,6
1080	4,1	5,7	6,7	7,2	7,6	8,0	8,9	9,8	10,8
1440	3,2	4,5	5,3	5,8	6,1	6,4	7,2	7,9	8,7

# ESTUDOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

---

Já os estudos **sócio-econômicos** de uma Drenagem dizem respeito:

- ao nível de renda da população que poderá ser atingida pelas cheias, à localização geográfica das habitações construídas nas zonas de inundação, ao grau de atendimento pela Prefeitura e órgãos de saneamento nas áreas periféricas e aos custos das obras de drenagem necessárias para evitar as enchentes urbanas.



# SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

---

São sistemas de prevenção a inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água.

Quando um sistema de drenagem não é considerado desde o início da formação do planejamento urbano, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se, ao mesmo tempo, de alto custo e deficiente.

É composto por instalações destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas.



# BENEFÍCIOS DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

---

Um adequado sistema de drenagem quer de águas superficiais ou subterrâneas, onde esta drenagem for viável, proporcionará uma série de benefícios, tais como:

- Desenvolvimento do sistema viário;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas;
- Valorização das propriedades existentes na área beneficiada;
- escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações;
- Eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais;
- Rebaixamento do lençol freático;
- Recuperação de áreas alagadas ou alagáveis;
- Segurança e conforto para a população habitante ou transeunte pela área de projeto.



# COMPONENTES DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

---

Os componentes de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são:



**Guia ou meio-fio**



**Bocas-de-lobo  
ou bueiros:**



**Sarjeta**



**Galeria**



# COMPONENTES DE UM SISTEMA DE DRENAGEM

Os componentes de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são:



Poços de visita



Bacias de amortecimento



Bacias de infiltração



Canais abertos

# SISTEMAS DE MICRODRENAGEM

É o sistema de drenagem inicial, inclui coleta das águas superficiais ou subterrâneas de pequenas e médias galerias.

São obras na qual no projeto é adotado vazões produzidas por eventos hidrológicos com 2, 5 e no máximo 10 anos de período de retorno.

As áreas envolvidas, na sua maioria com menos de um quilometro quadrado ou cem hectares, ou seja, são ruas e loteamentos que envolvem a parte da drenagem urbana representada pelo dimensionamento de sarjetas e posterior entrada em bocas de lobo para escoamento em dutos de drenagem.



# SISTEMAS DE MACRODRENAGEM

O Sistema de Macrodrenagem destina-se ao escoamento final das águas escoadas superficialmente, inclusive as captadas pelas estruturas de Microdrenagem;

Sendo assim, a macrodrenagem compreende a rede de drenagem natural, existente antes da ocupação. São obras de retificação ou de embutimento dos corpos aquático, são de grande vulto, dimensionadas para grandes vazões e com maiores velocidades de escoamento.

O traçado de macrodrenagem obedece ao caminho natural dos corpos aquáticos, as áreas envolvidas são na maioria, maiores que 3km<sup>2</sup> (grandes bairros, bacias hidrográficas). As vazões de projeto são oriundas de eventos com 20, 50 ou 100 anos de período de retorno.



# PAVIMENTOS PERMEAVEIS

Nas áreas florestais cerca de 95% da água da chuva infiltra no solo e evapora, porém nas áreas urbanizadas o percentual pode cair para apenas 5% de infiltração e evaporação. Para os cálculos de drenagem, portanto, é utilizado o Coeficiente de Escoamento Superficial “C” de acordo com o tipo de ocupação do solo. Políticas públicas e tecnologias para promover a permeabilidade são extremamente importantes para o Sistema de Drenagem Urbana.

Tabela 6.6 - Valores de C adotados pela Prefeitura de S. Paulo

Zonas	C
<b>Edificação muito densa:</b> Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<b>Edificação não muito densa:</b> Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<b>Edificações com poucas superfícies livres:</b> Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
<b>Edificações com muitas superfícies livres:</b> Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
<b>Subúrbios com alguma edificação:</b> Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
<b>Matas, parques e campos de esporte:</b> Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20



# PAVIMENTOS PERMEAVEIS

O pavimento permeável é uma das alternativas para reduzir os impactos com a impermeabilização do solo e pode ser utilizado como via para:

- Pedestres;
- Estacionamento;
- e para tráfego leve de veículos;

Pois além de permitir a infiltração da água, o pavimento permeável diminui as **superfícies impermeáveis** das cidades.



Este tipo de pavimento reduz o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e sua característica principal é o retardamento da chegada da água ao subleito, diminuindo assim a erosão.



# PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

---

Os pavimentos permeáveis possuem espaços livres em sua estrutura e sua camada de revestimento é a base de cimento e pode ser executada utilizando concreto poroso moldado in loco ou peças pré-moldadas de concreto.



O concreto poroso moldado in loco possui poros que permitem a infiltração de água, para isso utilizam-se agregados com poucos ou sem finos, resultando nos vazios por onde a água passa.

Também podem ser utilizadas peças pré-moldadas de concreto, que dependendo da sua dimensão são classificadas como peças de concreto para pavimentação Inter travada ou como placas de concreto.



# PAVIMENTOS PERMEAVEIS

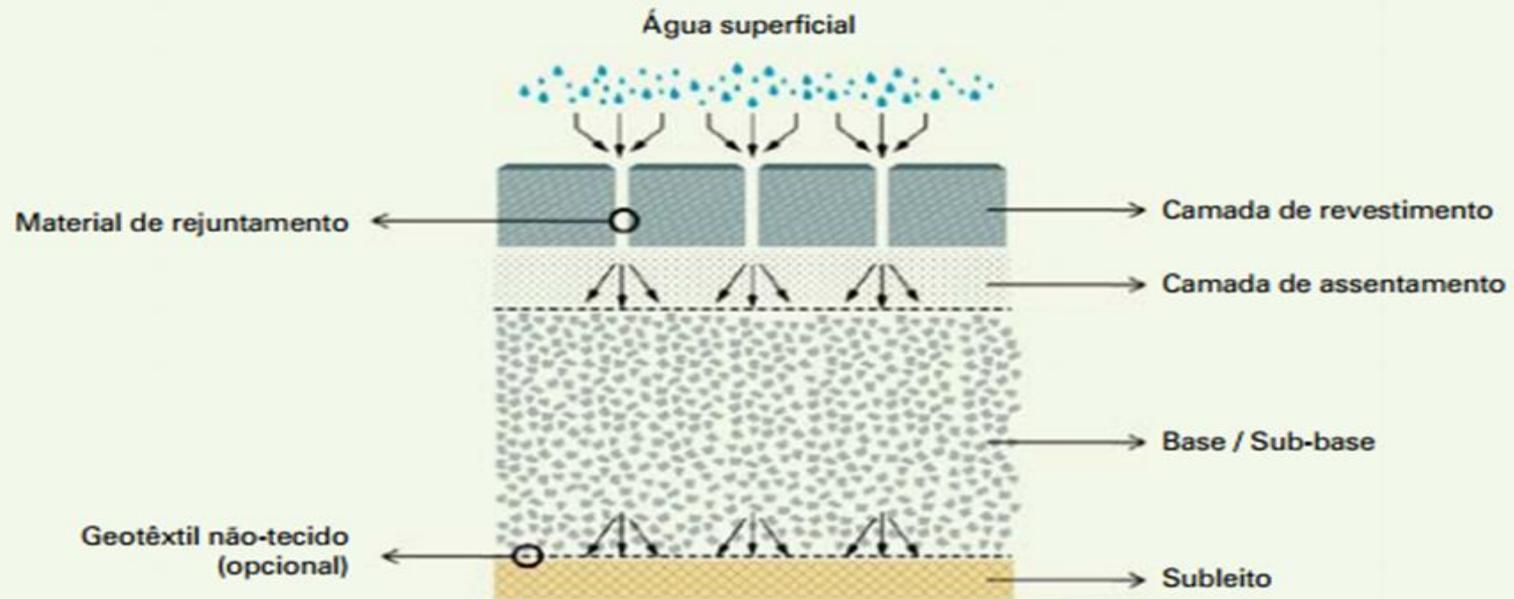
---



Pavimentação Inter travada

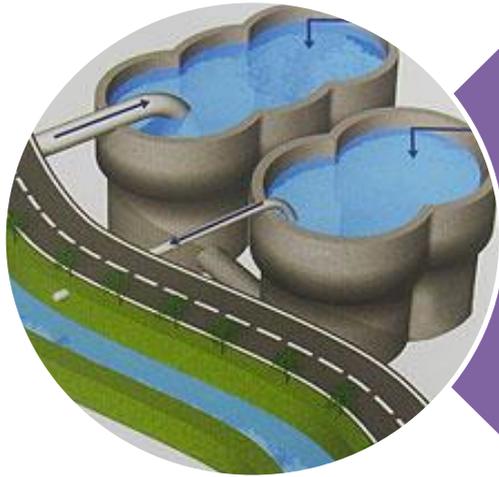


# PAVIMENTOS PERMEAVEIS



A camada de revestimento tem como objetivo permitir a passagem da água, que fica armazenada por um período nas camadas de base e sub-base.

# PISCINÃO



O piscinão é uma área que possa acumular água atrasando sua ida para o esgoto pluvial, ou seja, um reservatório para amortecimento de picos de cheias, ele retém a água que iria transbordar no rio até que o fluxo que circula na rede diminua e possa receber ela de volta, sendo liberada aos poucos de forma controlada evitando inundações.

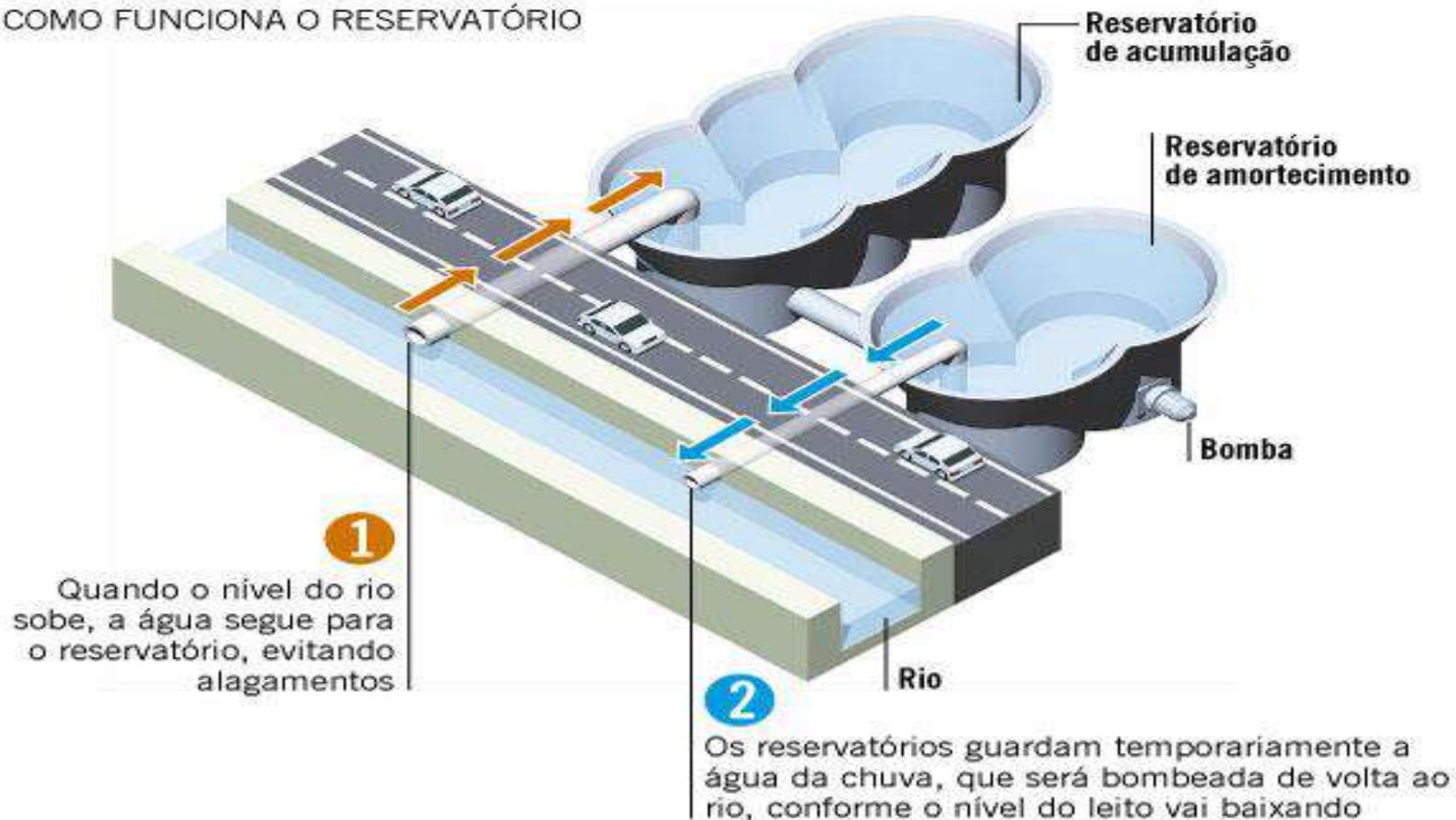


Os piscinões podem ser cobertos ou a céu aberto.



# PISCINÃO

COMO FUNCIONA O RESERVATÓRIO



# ESTRUTURAS DO PISCINÃO DO MALUF

Estrutura do reservatório: uma laje de concreto armado com volume de 6 mil m<sup>3</sup> e 180 m<sup>3</sup> de escavação em solo, vigas longitudinais e pilares pré-moldados, apoiados sobre fundação direta de sapatas.

Seis mil m<sup>3</sup> de concreto armado e 180 m<sup>3</sup> de escavação em solo.

Capacidade de armazenamento de 75.000 m<sup>3</sup> de água de chuva (equivalente a 75.000 caixas d' água de 1.000 litros).

Escavação da área da praça de é 15 mil m<sup>2</sup>, com uma profundidade útil de 5,6 m, o **seu escoamento se da por gravidade.**

Quando o reservatório se enche existe uma abertura de (1,00m x 0,50m) no fundo aonde a água vai para a galeria e caso o volume seja grande cairá fora através do extravasor que mede 2 metros.

É o único reservatório subterrâneo coberto na cidade de São Paulo para amortecimento dos picos de enchente. Foi construído em 12 meses tendo inicio no final de 1993 e concluído em novembro de 1994.



# PISCINÃO VERSUS GALERIAS

## Piscinões

Custo do piscinão (reservatório) orçado em cerca de US\$ 8 milhões;

A execução da obra teve interferências mínimas no tráfego local, como também nas redes das concessionárias de serviços públicos.

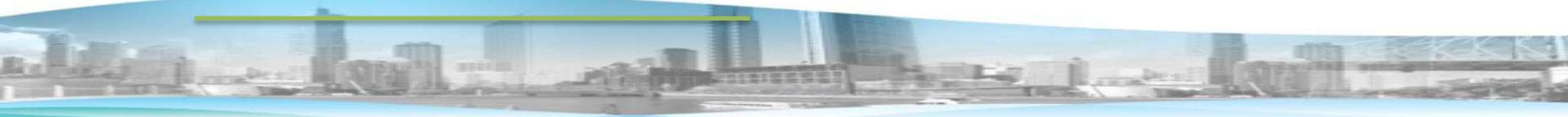
Atendem completamente as necessidades de drenagem

## Galerias

O custo das galerias foi orçado em US\$ 20 milhões;

Transtornos ao intenso tráfego local;

Não atenderia as necessidades de drenagem face aos problemas com os alagamentos.



**OBRIGADO A TODOS !!!**

