



OBRAS HIDRÁULICAS DE DRENAGEM E LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

CAPACITAÇÃO TÉCNICA EM INFRAESTRUTURA URBANA

Aula 1A - Panorama das Obras de Controle de Inundações

Dr. Filipe Falcetta

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO - DER

FILIPE FALCETTA

Apaixonado por rios.

E por inspirar pessoas a pensar diferente.

Engenheiro civil pela Unicamp

Mestre em Hidráulica pela EPUSP

Doutor em Energia pelo IEE-USP

Pós-doutor em Políticas Públicas e Drenagem Urbana pelo IEA-USP

Pesquisador no IPT desde 2014.

Linhas de pesquisa: hidrologia urbana; clima & dados; inovação urbana; resiliência climática.

Fundador e líder das iniciativas

- RUA – Resiliência Urbana em Ação
- CCD Cidades Resilientes a Inundações.

<http://www.linkedin.com/in/filipefalcetta>



GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA



GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

- Antes de falarmos de leis e regulamentos, convém contextualizar alguns conceitos básicos fundamentais.
- Um dos mais importantes é o conceito de **bacia hidrográfica**, o começo de tudo.
- A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de um curso d'água é a área onde, devido ao relevo e geografia, a água da chuva escorre para um rio principal e seus afluentes. Esta área é delimitada pelos divisores de água.
- **Todas as atividades humanas, sem exceção, ocorrem em uma ou mais bacias hidrográficas e seus impactos podem superar inclusive o limite geográfico entre bacias.**

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA



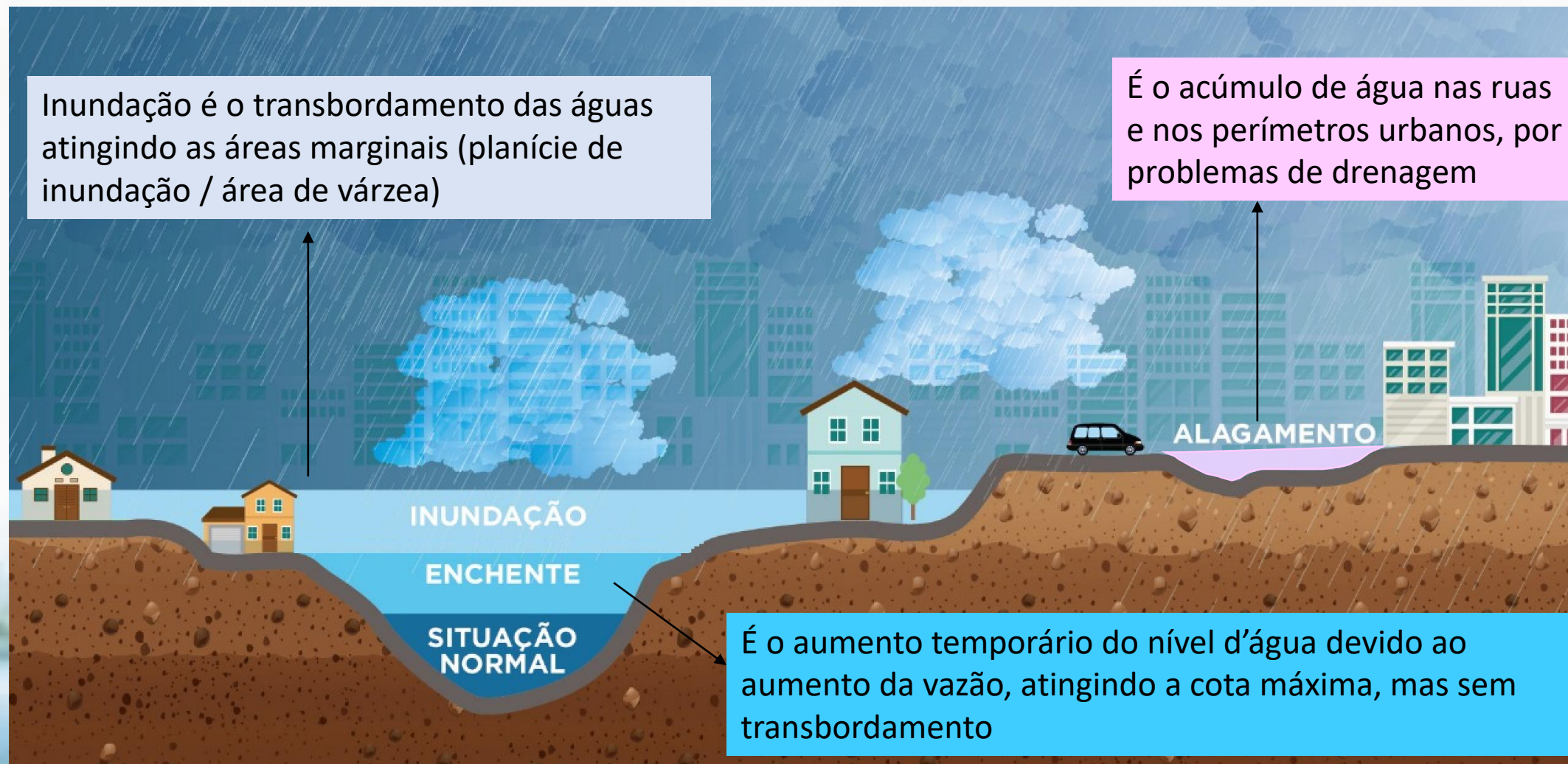
- A **água** é um recurso natural **essencial** para todas as espécies do planeta.
- O conhecimento do comportamento das bacias hidrográficas permite aproveitar melhor este recurso para o abastecimento de cidades, agropecuária, atividade industrial, construção de usinas hidrelétricas, lazer...
- Quanto não aproveitamos bem o recurso hídrico temos conflitos pelo seu uso, degradação dos cursos d'água, assoreamento, poluição, inundações etc.

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA



- Como surgem os **rios**?
- Formados pelo acúmulo natural de água em regiões baixas: talvegues ou fundos de vale.
- As chuvas elevam o nível dos rios, em um primeiro momento em seu leito: **enchente**.
- Se as chuvas continuam, o rio ocupa uma área plana junto aos fundos de vale – várzea: **inundação**.

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA



GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

- Leis e regulamentos regem o **manejo da drenagem e das águas pluviais**.
- Planos setoriais, regionais, quer municipais, estaduais ou federais, devem ser **compatíveis** com o plano de drenagem urbana.
- Quando o sistema de drenagem não é considerado desde o início da formulação do planejamento urbano, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se ao mesmo tempo de **alto custo e ineficiente**.
- O **escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá** independentemente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores.

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

- O sistema de drenagem urbana, portanto, não se fundamenta apenas em planos, projetos e obras, mas incorpora legislações e medidas não estruturais que compreendem:
 - Códigos, leis, regulamentos e normas sobre edificações, zoneamento, parcelamento e loteamento do solo e também medidas de controle sanitário e de preservação ambiental.
 - Fiscalização da administração pública nas áreas urbanizadas e edificadas, bem como planos de reurbanização e renovação de áreas degradadas.
 - Declaração de utilidade pública e desapropriação de áreas ociosas ou assoladas por inundações frequentes.

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

- **Legislação aplicável à drenagem urbana**
- São inúmeras leis e regulamentos em diversas esferas que guardam relação com temas referentes ao meio ambiente, saneamento, recursos hídricos e temas afins.
- Cada município pode desenvolver suas próprias bases legais a fim de pormenorizar e regulamentar pontos particulares do seu meio físico e ações a serem tomadas, garantindo-se sempre o cumprimento do fundamento legal a ser observado na consecução das ações relativas ao seu plano de drenagem.

GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

- **Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais**

Referência técnica para que a gestão da drenagem do município possa ser executada.

Estratégico: apresenta programas de ações, envolvendo medidas estruturais, não estruturais, medidas estruturais de controle do escoamento superficial, além do cronograma de implantação do plano e o acompanhamento das ações propostas (monitoramento). Tudo isso concebido dentro de um horizonte de planejamento.

Principais objetivos:

redução das inundações; zoneamento; minimização dos efeitos da poluição difusa; eficiência econômica; desenvolvimento regional; preservação e melhoria ambiental; satisfação das necessidades sociais e de lazer.

AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES



AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Ações não-estruturais:

Procuram reduzir impactos sem modificar o risco das enchentes naturais (por ações de convivência com as inundações sem intervenções por obras).

Ex.: regulamentação do uso da terra, sistema de previsão e alerta, seguro contra inundações etc.

Ações estruturais:

Modificam o sistema para reduzir o risco de cheias, pela implantação de obras para conter, reter ou melhorar a condução de escoamentos.

Ex.: barragens, diques, reflorestamento, canalização, retificação etc.

AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Abordagem higienista:

- Considerada por muitos autores como a abordagem tradicional dos projetos em drenagem urbana. Dominou o cenário até a década de 1970.
- Adoção massiva do princípio do afastamento das águas pluviais e da aceleração do escoamento, por meio do uso de canais e condutos enterrados. As vazões de pico são transferidas para jusante.
- São soluções caras (os custos podem superar 10 vezes ao controle na fonte) e cuja eficiência vai se perdendo no médio e no longo prazo.

AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES



AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Abordagem ambientalista:

- Abordagem alternativa (deveria ser a usual) em projetos de drenagem urbana.
- Manutenção e recuperação de ambientes, de forma a os terem saudáveis, tanto interna quanto externamente à área urbana.
- Medidas de controle devem ser integrados ao planejamento ambiental do meio urbano e às medidas não-estruturais.
- O objetivo principal é o de compensar o efeito da urbanização sobre os processos hidrológicos.
- Soluções Baseadas na Natureza

AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES

Exemplos de S.B.N.

- Alagados construídos (wetlands);
- Corredores verdes urbanos (greenways);
- Ruas verdes (green streets);
- Canteiros pluviais
- Jardins de chuva;
- Estruturas com bambu / bioengenharia;
- Renaturalização ou restauração de cursos d'água;
- Parques lineares urbanos;
- Valas de Infiltração;
- Telhados verdes;
- Fitorremediação;
- Hortas Urbanas...



AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES



AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE INUNDAÇÕES



MACRO E MICRODRENAGEM

- **MACRODRENAGEM:** escoamentos em fundos de vale que normalmente são bem definidos, compostos por cursos d'água naturais, perenes ou não que podem estar dispostos em canais artificiais retificados.

Pode-se considerar macrodrenagem todo escoamento que apresente uma área de contribuição de pelo menos 5 km² ou represente a drenagem de uma área total ou quase que totalmente impermeabilizada.

- **MICRODRENAGEM:** áreas onde o escoamento natural não é bem definido e, portanto, acaba sendo determinado pela ocupação do solo. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado das ruas.

MACRO E MICRODRENAGEM

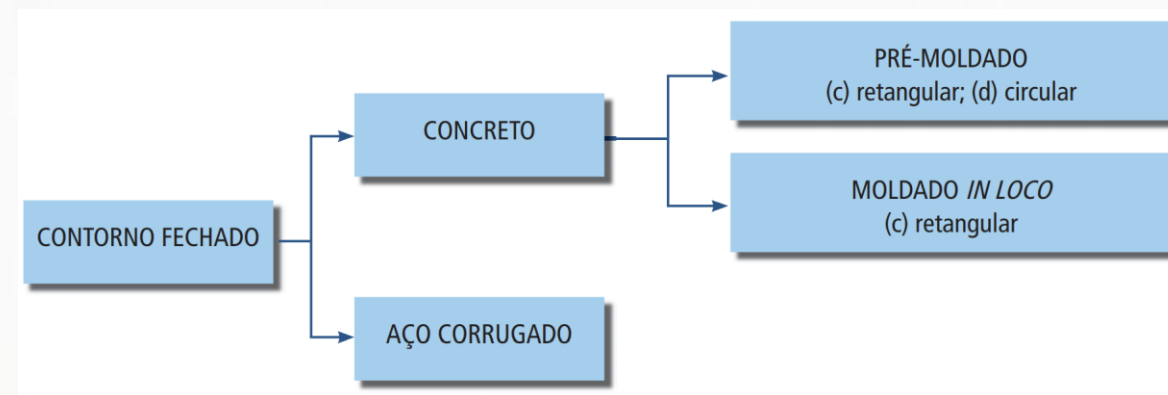
- As obras de **macrodrenagem** mais comuns em área urbana são: **canais de drenagem** (em concreto, gabião, sempre retificados), as **grandes galerias pluviais** (que podem se originar das tubulações menores ou corresponder a cursos d'água tamponados), os **reservatórios de detenção/retenção** ou mesmo de regularização de vazão (**barramentos**).
- A macrodrenagem tem como função principal **afastar** (visão tradicional / higienista) e **conduzir** as águas oriundas do sistema de microdrenagem e minimizar a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações.
- Atualmente, evita-se a consideração higienista e favorece-se o **controle na fonte**, a fim de minimizar os efeitos danosos da urbanização e impermeabilização do solo e modificar o mínimo possível as condições naturais das bacias hidrográficas.

MACRO E MICRODRENAGEM

- Os **canais** de drenagem e **galerias** de grande porte são condutos livres, desenhados para que se desenvolva em seu interior escoamento o mais uniforme possível.

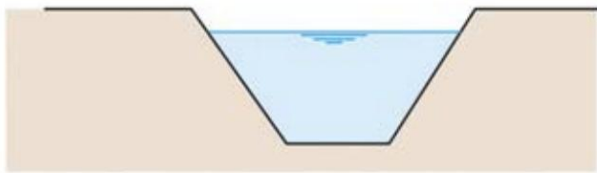
TIPOS DE CANALIZAÇÃO	A céu aberto (canais) De contorno fechado (galerias)
SEÇÕES GEOMÉTRICAS NORMALMENTE UTILIZADAS	Trapezoidal Retangular Circular
REVESTIMENTOS MAIS COMUNS	Terra Enrocamento (rachão) Pedra argamassada Concreto Gabião Terra armada

MACRO E MICRODRENAGEM

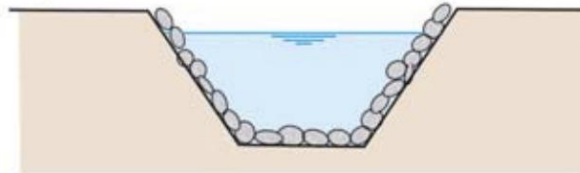


MACRO E MICRODRENAGEM

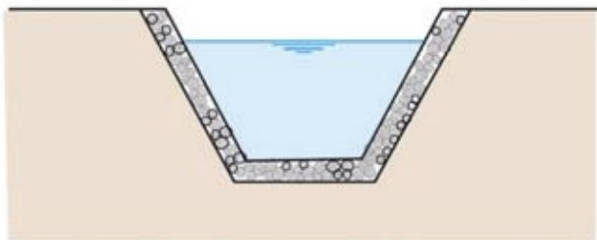
a1) terra



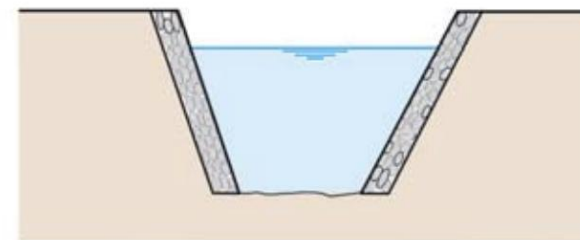
a2) enrocamento



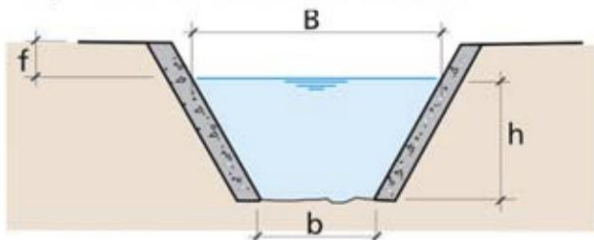
a3) gabião



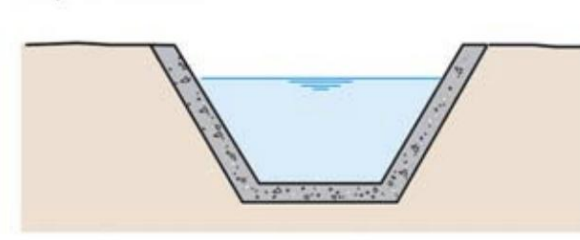
a4) pedra argamassada com fundo natural



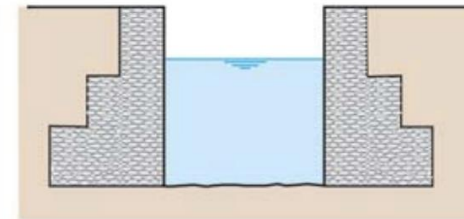
a5) concreto com fundo natural



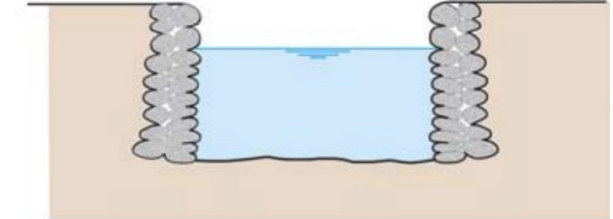
a6) concreto



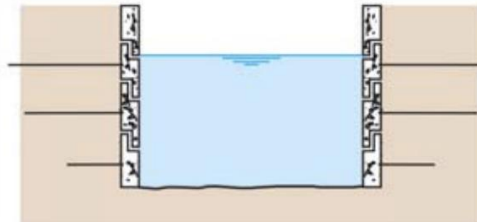
b1) gabião



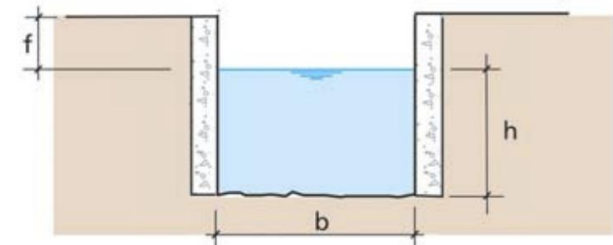
b2) pedra argamassada



b3) concreto (terra armada)

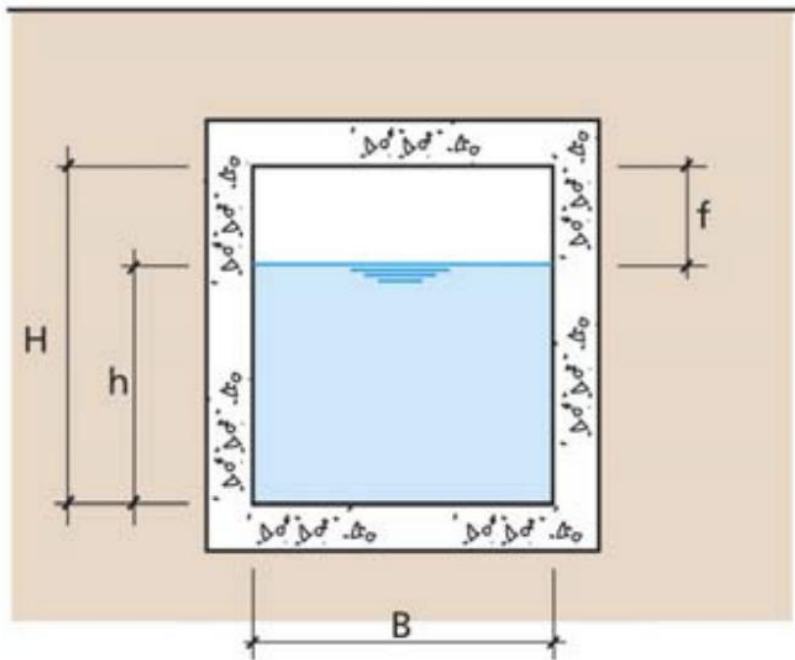


b4) concreto

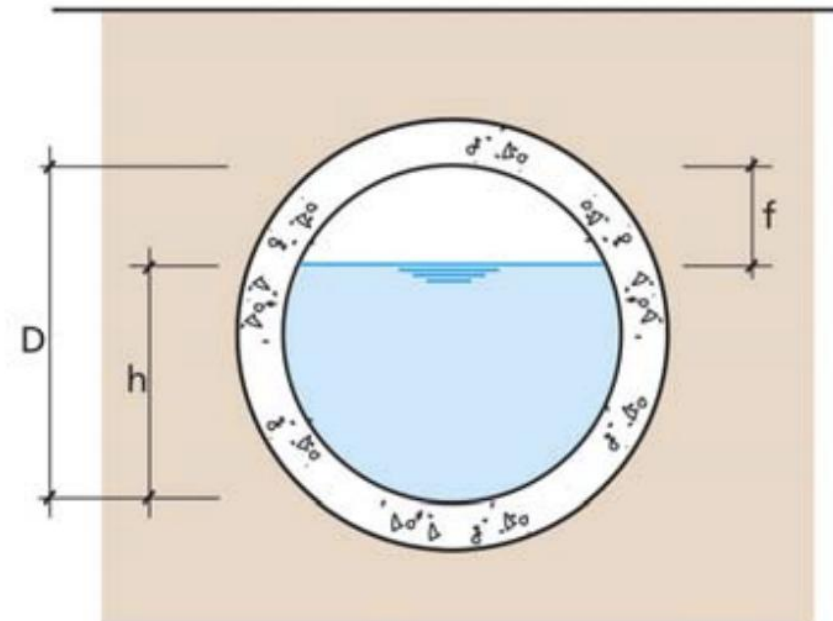


MACRO E MICRODRENAGEM

c) retangular



d) circular



MACRO E MICRODRENAGEM

- A **microdrenagem** é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana.
- A principal função do sistema de microdrenagem é coletar e conduzir a água pluvial apenas de redes primárias de drenagem municipal, como ruas e loteamentos que envolvem a parte da drenagem urbana, até o sistema de Macro drenagem, além de retirar a água pluvial dos pavimentos das vias públicas, evitar alagamentos, oferecer segurança aos pedestres e motoristas, e evitar ou reduzir danos

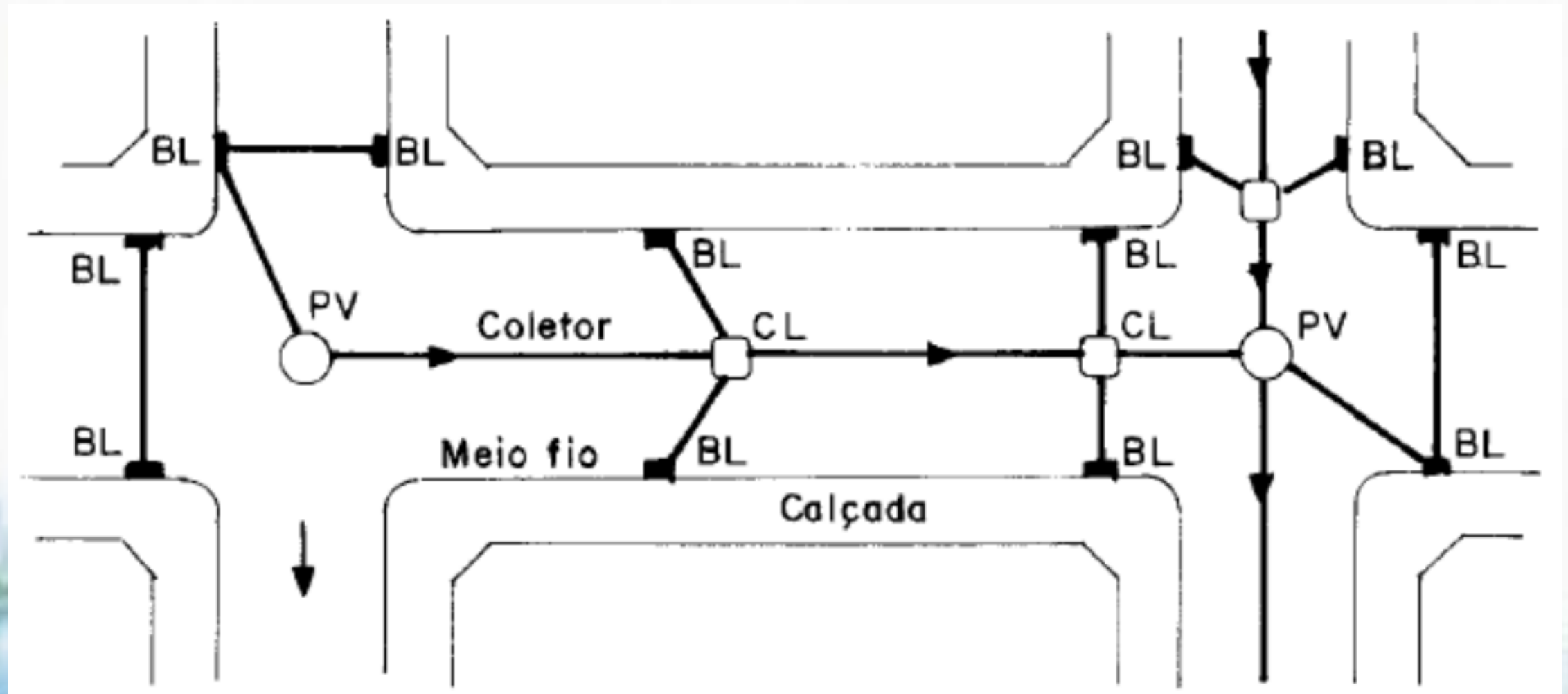
MACRO E MICRODRENAGEM

- Alguns exemplos de estruturas de microdrenagem incluem:
- **Bocas-de-lobo ou bueiros:** dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais.
- **Estações de bombeamento:** conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.
- **Galerias:** canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas.
- **Meios-fios:** elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

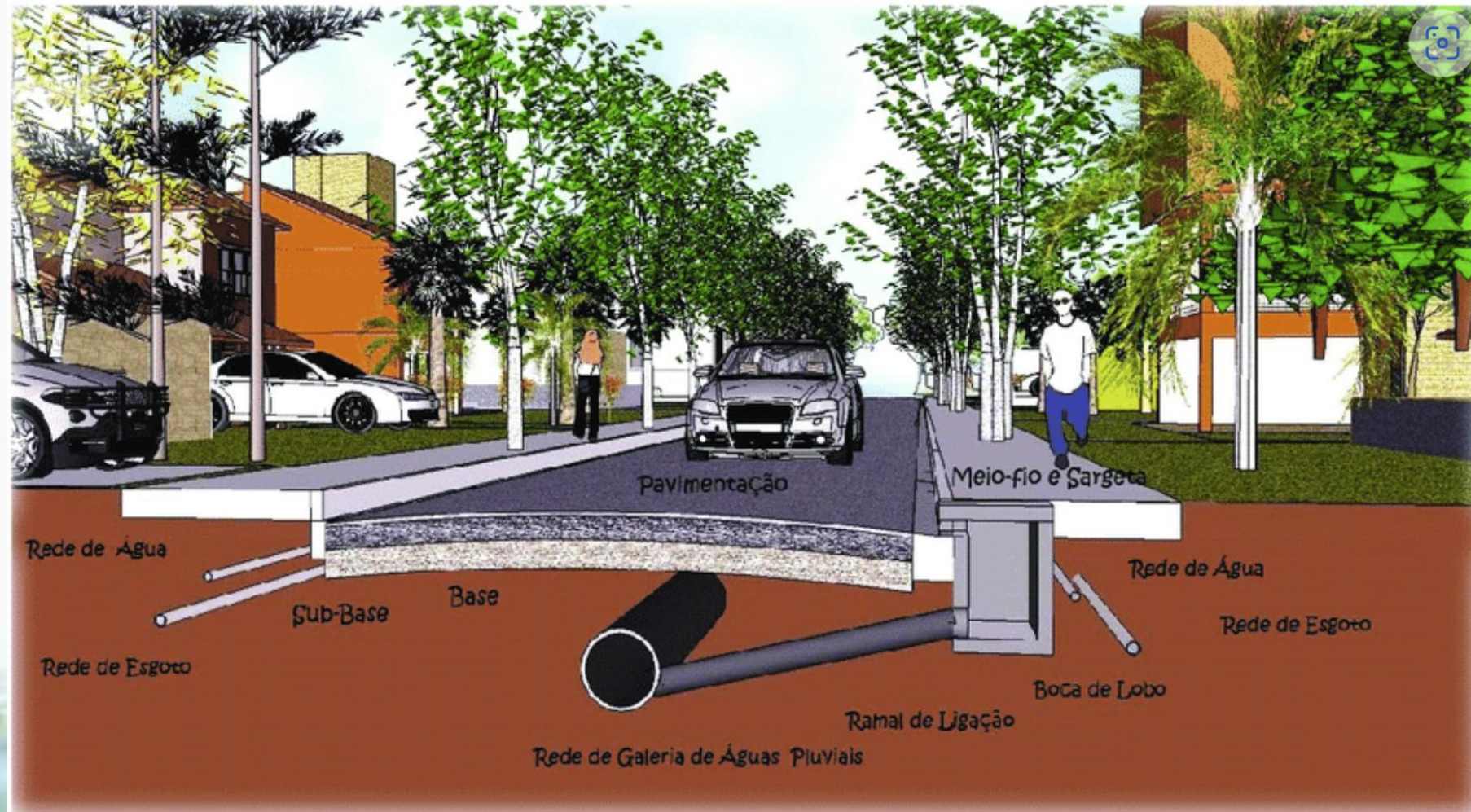
MACRO E MICRODRENAGEM

- Alguns exemplos de estruturas de microdrenagem incluem:
- **Poços de visita (PVs):** dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro, inspeção e limpeza das canalizações.
- **Sarjetas:** faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas.
- **Sarjetões:** calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas.
- **Trechos:** Comprimentos de galeria situada entre dois poços de visita.
- **Tubos de ligação:** tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poços de visita.

MACRO E MICRODRENAGEM



MACRO E MICRODRENAGEM

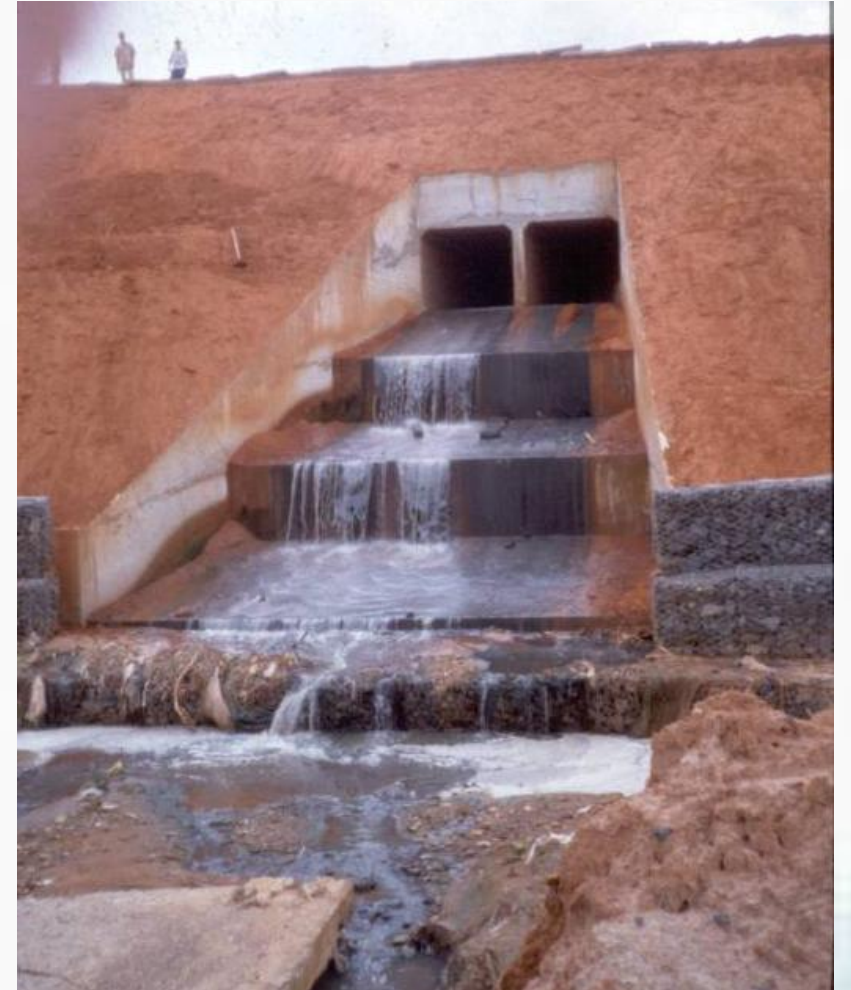


MACRO E MICRODRENAGEM



- As obras de extremidade **jamais devem ser negligenciadas** em projetos de microdrenagem.
- A energia do escoamento precisa ser dissipada de modo a não propiciar o surgimento de erosões nos pontos de término das redes de drenagem.

MACRO E MICRODRENAGEM





OBRAS HIDRÁULICAS DE DRENAGEM E LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

CAPACITAÇÃO TÉCNICA EM INFRAESTRUTURA URBANA

Filipe Falcetta
falcetta@ipt.br



ipt.br



@iptsp



@ipt_oficial