

# Plano Diretor de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

## Medidas de Controle Não Estrutural

Anexos



**BID**



Fevereiro / 2011

951-PMJ-PDC-RT-P005 | REV.1



REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
1	01/11	Emissão Final	ASM / ALF	



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

## PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

**ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLi**

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU**  
**BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICIPIO DE JOINVILLE - SC**

**R4 - MEDIDAS DE CONTROLE NÃO ESTRUTURAL**

ELABORADO:	ASM / DF / CLC / CC / FB	APROVADO:	Alberto Lang Filho
VERIFICADO:	Alberto Lang Filho	COORDENADOR GERAL:	Danny Dalberson Oliveira
Nº PMJ:		DATA:	jan/11
		CREA :	0600495622
Nº ENGECORPS:	951-PMJ-PDC-RT-P005	FOLHA:	
		Rev.	1

# ***ANEXO I***

## ***DESENHOS DE PROJETO***

---

---

---

## Lista de Desenhos

---

- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1092 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Projeto de Parques e Vias
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1093 - Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Vulnerabilidade na situação atual
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1094 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Proposta de Legislação para Zonas Inundáveis
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1095 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Zonas não construídas
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1096 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Primeira alternativa de controle do escoamento
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1097 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Segunda alternativa de controle do escoamento
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P1098 – Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Terceira alternativa de controle do escoamento



## **ANEXO II**

# **GUIA TÉCNICO DE GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA FUTURAS ÁREAS URBANIZADAS**

---

## **1. ANTECEDENTES**

As águas pluviais atualmente são drenadas através de uma rede de coletores que tem por objetivo conduzir para o mais longe possível e o mais rápido possível as águas provenientes do escoamento superficial.

A aceleração da urbanização induz a um aumento nesse escoamento, e a uma, cada vez maior, saturação das redes existentes.

Considerando os métodos tradicionais de esgotamento, esse aumento da impermeabilização deveria ser acompanhado de um aumento das dimensões das redes de coletores, o que representa um custo considerável para a população e que pode tornar-se um fator limitante do desenvolvimento urbano

Dessa maneira, a coletividade deve se orientar para soluções inovadoras que se mostrem eficientes na gestão do escoamento superficial gerado pelas futuras áreas urbanizadas: as técnicas ditas “alternativas”.

O princípio é simples. Contrariamente ao modo de gestão de “coleta total”, trata-se de “distribuir os fluxos e favorecer a infiltração” devolvendo às superfícies de escoamento um papel regulador. Essa regulação é feita através da retenção e infiltração das chuvas, o mais próximo possível do local da precipitação.

Assim, é possível desobstruir as redes, bem como respeitar o ciclo natural da água e reduzir o risco de inundações.

## **2. EFEITOS DO MODO DE FUNCIONAMENTO ATUAL**

A drenagem pluvial existente ou projetada foi desenvolvida de acordo com um sistema clássico de coleta e de condução das águas para um corpo receptor.

Esse modo de funcionamento associado aos projetos de urbanização leva a efeitos não negligenciáveis:

- ✓ Em nível quantitativo: o funcionamento hidrológico da bacia contribuinte é sensivelmente perturbado;
- ✓ Em nível qualitativo: as águas do escoamento se transformam em poluentes e podem trazer graves consequências ao corpo receptor;
- ✓ Em nível financeiro: os investimentos necessários ao redimensionamento dos coletores que se tornaram insuficientes pela urbanização a montante frequentemente são pesados para serem assumidos pela coletividade.

## 2.1 IMPACTOS QUANTITATIVOS

Para melhor compreender os efeitos da urbanização sobre a dinâmica da enchente, deve-se observar sua influência sobre a curva de vazão em função do tempo, ou seja, o hidrograma de cheia.

Na Figura 2.1 a curva azul corresponde ao hidrograma observado em um ponto do curso d'água principal da bacia estudada, em seu estado natural. A curva vermelha representa as vazões observadas para a mesma precipitação e mesma bacia urbanizada sem considerar os impactos hidráulicos.

Eis o que caracteriza essa mudança:

A impermeabilização se traduz em uma supressão quase completa da infiltração das águas no solo, provocando, conseqüentemente um escoamento quase imediato após a chuva, do que decorre:

- ✓ Redução do tempo de resposta da bacia (1), suprimindo a temporização que gera a infiltração das primeiras chuvas (isto é, quando o solo dispõe de sua capacidade máxima de armazenamento) aliado à concentração das águas nas redes coletoras criadas, a subida das águas é mais rápida, o que constitui um fator agravante em termos de risco;
- ✓ Aumento visível da vazão de ponta (2) em especial quando a chuva é de curta duração, em relação a um solo natural que poderia assegurar a infiltração da totalidade da chuva;
- ✓ Claro crescimento dos volumes escoados durante as precipitações; para grandes bacias, isso leva a um agravamento da combinação da afluência das sub-bacias e a aumentar a altura de submersão nas zonas inundáveis, uma vez que os volumes a armazenar são maiores.

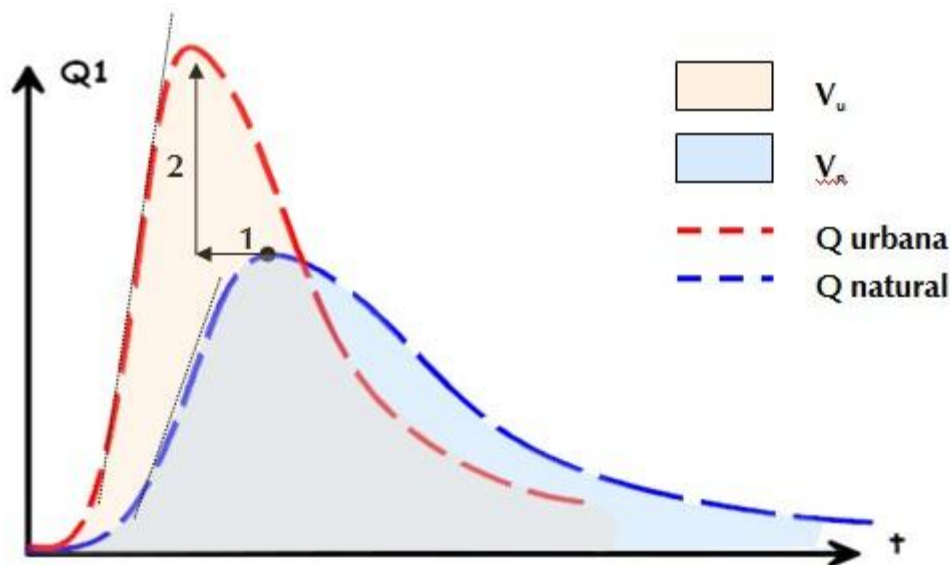
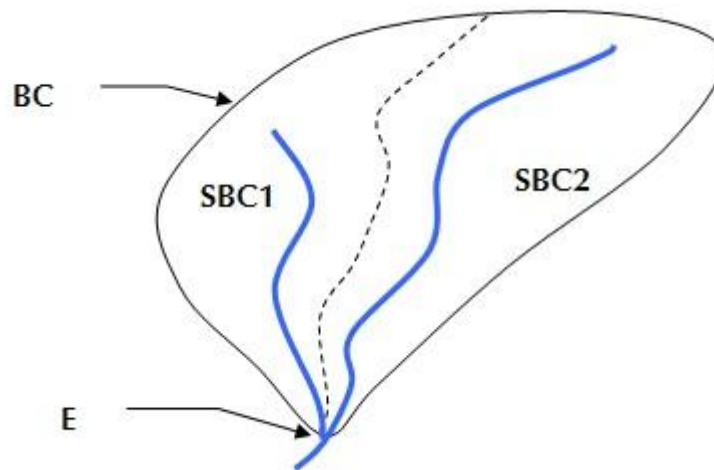


Figura 2.1 - Impacto da urbanização sobre o hidrograma de cheia



Dessa forma, pelo efeito do aumento da vazão de ponta (pico) e do volume escoado, a impermeabilização dos solos da bacia gerará um aumento seja da frequência de transbordamento seja da gravidade desses transbordamentos.

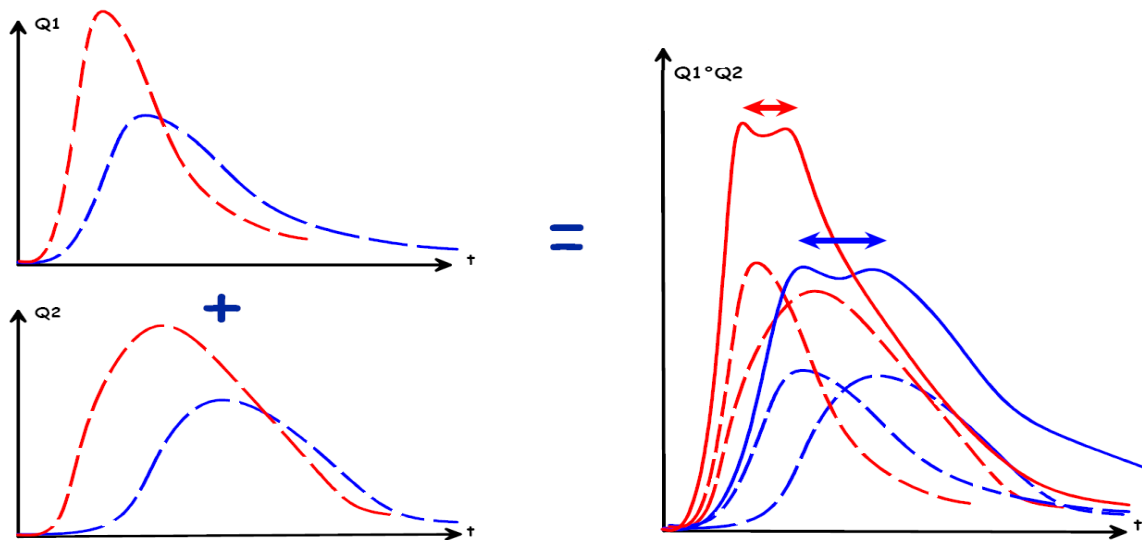
Considerando uma bacia BC, composta de duas sub-bacias SBC1 e SBC2, conforme Figura 2.2



**Figura 2.2 - Esquema da configuração da bacia de contribuição BC**

Na confluência dos dois cursos d'água (no ponto E), os hidrogramas se superpõem.

Como mostrado na figura 2.1 apresentada anteriormente, o aumento da impermeabilização dos solos pode ter um efeito negativo: com efeito, a redução do tempo de concentração pode levar a uma diminuição da distância entre os picos dos hidrogramas. Sua superposição na confluência pode levar a um aumento considerável na vazão de ponta pela “concentração” dos efeitos negativos do desenvolvimento não controlado da urbanização, conforme apresentado na Figura 2.3.



**Figura 2.3 - Superposição dos hidrogramas de cheia de duas sub-bacias urbanizadas**

Concluindo, uma impermeabilização dos solos não controlada tem consequências sobre as vazões e volumes escoados imediatamente a jusante dos setores urbanizados, bem como, de modo global, sobre as bacias contribuintes onde ocorre essa urbanização.

Quando da ocorrência das chuvas, os problemas serão, portanto, mais frequentes no conjunto da rede hidrográfica, e os efeitos desses problemas mais intensos.

## **2.2 IMPACTOS QUALITATIVOS**

As águas do escoamento superficial podem se transformar em elementos poluentes: poluição orgânica (DQO, DBO5), metais pesados (Zn, Pb, Cd, Ni,...), hidrocarbonetos...

Poluição de diversas origens:

- ✓ Atmosférica: não negligenciável por hidrocarbonetos e metais pesados, é oriunda dos gases de escape, das indústrias, da atividade agrícola, da incineração...
- ✓ Acumulação em áreas revestidas (de 1 à 3 g/d/m<sup>2</sup>): é oriunda do desgaste de pneus, de poluições acidentais, decorrente da manutenção de vias ...), do desgaste do pavimento das estradas, dos esgotos urbanos, dos dejetos de animais, da poeira...
- ✓ Escoamento sobre o solo natural ou vegetado: é constituída de restos vegetais, fertilizantes, pesticidas, partículas sólidas...
- ✓ Acumulação nas redes de coletores e nas áreas urbanizadas, que em caso de chuva após um período seco, por exemplo, pode criar um pico de poluição especialmente intenso.

A água de origem pluvial veicula uma poluição comparável àquela das águas servidas após tratamento, para os parâmetros DBO5 e DQO, e bem superior para os parâmetros TSS, metais pesados e hidrocarbonetos.

A título indicativo, o Quadro 2.1 apresenta os valores médios anuais de cargas e concentrações transportadas pelas redes separadoras (Estudo de 10 bacias em Ile de France).

**QUADRO 2.1**  
**CARGAS E CONCENTRAÇÕES DAS ÁGUAS DE ESCOAMENTO PLUVIAL (J.P. PHILIPPE)**

<i>Características das águas de escoamento pluvial separador</i>	<i>Cargas poluentes anuais (kg/ha impermeabilizado)</i>	<i>Concentrações médias anuais (mg/l)</i>
DBO <sub>5</sub>	90	25
DQO	630	180
TSS	665	235
Hidrocarbonetos	15	5,5
Pb	1	0,35

DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxigênio

DQO: demanda química de oxigênio

TSS: total de sólidos em suspensão

O efeito de choque pode ser muito importante uma vez que uma precipitação com período de retorno semestral a anual pode carrear os rejeitos por cada hectare de área impermeabilizada de:

- ✓ 6,5 kg de DBO<sub>5</sub>
- ✓ 40 kg de DQO
- ✓ 65 kg de TSS
- ✓ 0,7 kg de HC
- ✓ 0,04 kg de Pb.

Na situação atual, as redes hidrográficas presentes na bacia do rio Cachoeira estão bastante impactadas pelos rejeitos de águas servidas. Com efeito, apenas 14% da população está atualmente ligada à rede de esgotos.

De acordo com o PDU (Art.27), a prefeitura municipal mostra a intenção de melhorar a qualidade das águas dos diversos riachos na bacia do rio Cachoeira: “...planos e programas que contemplam: a despoluição gradativa das Bacias e Sub-bacias dos rios urbanos, em especial da Bacia do Rio Cachoeira, através do tratamento dos efluentes domésticos e industriais antes desses serem lançados no meio ambiente”.

Considerando a amplitude dos problemas atuais decorrentes do lançamento de esgotos, é compreensível que a problemática “qualidade das águas pluviais” não seja colocada como prioridade.

Porém, em vista das cargas poluentes transportadas por essas águas, é importante integrá-las o mais cedo possível na reflexão dessa problemática, em especial no que tange à escolha das técnicas de gestão das águas pluviais. Poderão ser privilegiadas técnicas que, com a mesma eficiência, permitam melhorar a qualidade das águas de escoamento.



---

## 2.3 *IMPACTOS FINANCEIROS*

---

Os custos de reforço do dimensionamento das redes primárias para combater as inundações que se seguem a um desenvolvimento urbano não controlado podem se mostrar proibitivos.

As técnicas que permitem controlar as águas na origem e reduzir assim o impacto da impermeabilização do solo têm a vantagem de tornar perene a eficácia das obras hidráulicas implantadas nas redes hidrográficas a jusante, com custos de investimento menores.

Também permitem não agravar a situação de inundação a jusante o que é muito importante no caso de Joinville com a influência da maré.

As técnicas alternativas satisfazem igualmente a um critério de gestão sustentável dos recursos hídricos. Com efeito, além de limitar as inundações e a poluição dos corpos receptores, elas permitem:

- ✓ não deslocar os problemas, nem no espaço (de montante para jusante), nem no tempo;
- ✓ reutilizar as águas coletadas em pequena escala para determinados usos (irrigação de jardins, abastecimento de bacias ...).

Essas técnicas também podem ser utilizadas como medidas compensatórias para novas impermeabilizações do solo.

---

## 2.4 *VIAS COM ESTRUTURA-RESERVATÓRIO*

---

Em drenagem pluvial, as vias com estrutura-reservatório têm por objetivo eliminar os picos da vazão de escoamento, armazenando temporariamente essas vazões no corpo da via. Quando ocorre a infiltração das águas no solo de suporte, essas obras permitem a redução, ou mesmo a eliminação dos volumes de água que transitam nas redes clássicas.

Essa técnica foi desenvolvida a partir dos anos 1970 nos Estados Unidos, no Japão, na Suécia e na França. Garantindo a retenção temporária e local das águas de chuva e eventualmente sua infiltração, as vias com estrutura-reservatório permitem a limitação das vazões nos valores anteriores à urbanização. As vias devem ser o mais impermeáveis possível a fim de evitar:

- ✓ A degradação rápida do corpo da via devido à subpressão nas fissuras e outros vazios,
- ✓ O enfraquecimento das propriedades mecânicas do solo devido à saturação de água.



### **2.4.1      *Princípios da Concepção das Vias com Estrutura de Reservatório***

Para permitir uma redução importante das vazões de escoamento em zona urbana, as estruturas-reservatório devem garantir três funções no plano hidráulico:

- ✓ Introdução da água da chuva nos poros da estrutura,
- ✓ Armazenamento temporário dessa água,
- ✓ Esvaziamento do reservatório.

A água da chuva a ser recebida é aquela que cai sobre a estrutura-reservatório. Ela também pode receber a chuva que cai sobre outras áreas.

São geralmente obras com custo elevado tanto no nível de investimento como no de operação e manutenção (para reduzir o risco de colmatção).

## **2.5      *TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DE DETENÇÃO***

As trincheiras são dispositivos de recebimento das águas de escoamento. São obras lineares com uma profundidade que não excede, em geral, um metro. A recepção das águas se dá de forma perpendicular ao comprimento. Segundo o modo de evacuação das águas, distinguem-se as trincheiras absorventes, também chamadas de infiltração, e as trincheiras de detenção.

A técnica das trincheiras para drenagem pluvial é de uso corrente na França, também é largamente difundida em muitos outros países como Alemanha, Austrália, Dinamarca, Japão.

Esta solução apresenta a vantagem de uma boa integração no espaço urbano e permite embelezá-lo, quando construída com grandes larguras verdes.



*Exemplo de trincheira de detenção*

### **2.5.1 Princípios da Concepção das Trincheiras de Infiltração**

O funcionamento hidráulico das trincheiras é garantido por três funções:

- ✓ **Recepção das águas:** pode ser assegurada pela superfície da estrutura ou por uma rede de condutos. Nesse último caso, é necessário prever - quando as águas são carregadas de sólidos finos – um equipamento de decantação e de depuração a fim de reduzir os riscos de colmatagem do fundo.
- ✓ **Armazenamento das águas:** há um local no corpo da obra que pode ser preenchido com material poroso ou vazio e coberto de grama. Cabe ressaltar, a esse respeito, a influência da topografia local que pode, no caso de terrenos íngremes, exigir a construção de separações a fim de compensar a perda de capacidade de armazenamento.
- ✓ **Evacuação das águas armazenadas:** Em função da natureza do subsolo, as águas das chuvas podem ser reunidas, com uma vazão regularizada, e conduzidas para uma rede ou um exutório, ou infiltradas no solo suporte. No caso da adoção dessa última solução, é preciso realizar previamente um estudo hidrogeológico do local a fim de prevenir qualquer risco de poluição do lençol e de recalques diferenciais das fundações das construções vizinhas. Recomenda-se uma zona não saturada de 1 metro de profundidade com relação ao nível máximo do lençol.

## **2.6 VALAS DE DETENÇÃO**

---

A técnica de valas é de uso corrente para a drenagem pluvial de estradas e de zonas não totalmente urbanizadas. As valas de detenção (valas largas e pouco profundas), desempenham as mesmas funções, com a vantagem paisagística, graças à sobrelargura verde que melhora a integração urbana. Cabe notar que esses dispositivos – que são de implantação simples – quando bem dimensionados podem garantir a drenagem pluvial de todo um loteamento garantindo assim um ganho financeiro à jusante da área drenada pela redução ou eliminação dos condutos clássicos. A manutenção dependente dos Espaços Verdes garante a regularidade do bom funcionamento das obras e seus dispositivos anexos.





*Exemplo de valas de retenção*

### **2.6.1 Princípios da Concepção das Valas de Detenção**

Como para todas as técnicas de drenagem alternativas, o funcionamento hidráulico dessas obras consiste em:

- ✓ Recepção das águas de chuva: ela se dá pelo escoamento direto nas áreas drenadas. A entrada das águas pode ser localizada como é o caso a recepção das águas dos telhados.
- ✓ Armazenamento das águas recebidas: se dá no corpo da estrutura. A construção de paredes na obra pode ser necessária quando a declividade do terreno é muito grande.
- ✓ Evacuação das águas: Em função das condições edáficas, as águas pluviais serão evacuadas, com vazão regularizada, seja em direção a um exutório, seja infiltradas no solo suporte. Cabe lembrar que a adoção de qualquer solução nesse estágio deve ser resultado de um estudo detalhado das condições hidrodinâmicas do solo suporte, da qualidade das águas de escoamento e dos usos das áreas drenadas e do lençol se for o caso.

## **2.7 COBERTURAS ARMAZENANTES**

As coberturas tipo terraço constituem um meio eficaz de armazenamento das águas de chuva e de sua restituição diferida com vazão regularizada, permitindo assim uma redução da vazão de ponta e com custo adicional muito pequeno. As coberturas armazenantes são utilizadas de maneira generalizada em alguns Estados dos Estados Unidos.



*Exemplo de cobertura armazenante*

### 2.7.1 *Princípios da Concepção das Coberturas Armazenantes*

As coberturas armazenantes são constituídas dos seguintes elementos:

- ✓ Um elemento de suporte das cargas de operação;
- ✓ Um sistema de proteção contra a migração dos vapores do interior do prédio para o isolante térmico;
- ✓ Uma camada estanque;
- ✓ Uma proteção de estanqueidade;
- ✓ Um conjunto de dispositivos de esvaziamento que permitam a limitação das vazões conduzidas às saídas. As águas pluviais são evacuadas em dois níveis.

O sistema contempla:

1. uma saída permanente no nível do revestimento estanque. O dimensionamento dessa saída, que é feita através de orifícios calibrados, é determinado em função da vazão máxima admissível por  $m^2$  de cobertura.
2. uma saída tipo vertedor constituindo um extravasor de segurança para evitar sobrecargas acidentais e ultrapassagem do nível d'água correspondente às cargas consideradas nos estudos de estabilidade da estrutura.

Esses dois tipos de saída podem ser distintos ou solidários.

No que concerne ao número de saídas, poderá ser fixado pelas seguintes regras:

- ✓ Nenhum ponto da cobertura poderá estar a mais de 30 metros de uma saída,
- ✓ Cada boca deverá drenar uma superfície máxima de 700  $m^2$ .

## 2.8 *BACIAS DE DETENÇÃO*

---



As bacias de retenção apresentam múltiplos interesses:

- ✓ A possibilidade de faseamento da implantação

As bacias podem ser executadas em trechos operacionais acompanhando o desenvolvimento urbano, o que pode gerar um custo global de investimentos maior, mas reduz ao estritamente necessário os custos financeiros ligados às obras de infraestrutura. A análise financeira prévia deverá considerar os diversos aspectos, inclusive os encargos de operação.

- ✓ A segurança hidrológica

As bacias inundadas, cuja variação do nível d'água é pequena, oferecem margens de segurança importantes, uma vez que alguns centímetros de lâmina suplementar na superfície máxima do espelho d'água representam volumes consideráveis que permitem fazer frente a chuvas excepcionais.

- ✓ O combate às poluições acidentais

As bacias secas, seja a céu aberto ou enterradas, constituem locais privilegiados para conter e tratar as poluições acidentais, também com sistemas naturais como a filtração pela vegetação..

- ✓ A integração urbana

Sob certas condições, as bacias podem ser concebidas como obras de vocação mista "drenagem/lazer" e apresentar um interesse para a qualidade de vida.

### **3. SELEÇÃO DE UMA TÉCNICA ADAPTADA PARA REDUZIR OS EFEITOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS**

Antes de desenvolver a avaliação financeira ou estudos de mercado, o empreendedor deverá efetuar um diagnóstico "objetivo" do local que lhe permitirá determinar as potencialidades e restrições, em especial com relação à gestão das águas pluviais.

As condicionantes hidráulicas (inexistência de exutório nas proximidades do local, exutório de baixa capacidade...) ou as obrigações legais (projeto situado em zona onde são impostas restrições em termos de impermeabilização dos solos e de gestão de águas pluviais) deverão ser considerados desde o início do projeto a fim de encontrar mais facilmente as soluções integradas na obra.



### 3.1 CONCEPÇÃO GERAL

O procedimento geral a ser adotado a fim de reduzir os efeitos da urbanização é portanto:

✓ Limitar a impermeabilização



Conceber sistemas que se aproximem do ciclo natural da água. Trata-se, portanto, de limitar a impermeabilização dos solos utilizando materiais porosos e revestimentos não estanques que facilitem a infiltração difusa das águas pluviais.

✓ Favorecer a infiltração

Privilegiar, segundo as restrições impostas pelo lençol, as técnicas que permitam a infiltração superficial das águas pluviais (valas de retenção, trincheiras e poços de infiltração).

✓ Organizar a retenção com vazão limitada

Implementar técnicas de gestão das águas pluviais que permitam um armazenamento antes do lançamento com vazão limitada. São técnicas simples como as valas de retenção, e as trincheiras de retenção, ou técnicas mais complexas como armazenamento em telhados, cisternas ou bacias de retenção ou ainda superdimensionamento dos coletores.

	
<i>Vaga de estacionamento gramada</i>	<i>Vala de retenção</i>

### 3.2 METODOLOGIA

Antes de qualquer seleção, deverão ser elaborados estudos preliminares, de forma a definir o ambiente do projeto e as potencialidades do local.

✓ Diagnóstico do local

Serve para determinar os seguintes pontos:

- ✧ O caminamento natural da água, os principais talvegues para respeitar seu traçado;

- ✧ Os pontos baixos e as zonas úmidas eventuais para ali implantar preferencialmente as áreas de armazenamento;
- ✧ A declividade geral do terreno;
- ✧ Os aportes de montante (que quantidade de água de escoamento o projeto é susceptível de receber? Qual a qualidade? Provêm dos telhados, das vias, da agricultura?);
- ✧ Os riscos de inundação do local;
- ✧ Os exutórios a jusante (existe um rio ou uma vala onde possam ser lançadas as águas pluviais com vazão limitada? É preciso infiltrar?);
- ✧ A vulnerabilidade a jusante (existem construções a jusante susceptíveis de serem inundadas?);
- ✧ A qualidade do solo de fundação (permeabilidade do terreno, profundidade do lençol, riscos de deslizamento do terreno...).

A esse diagnóstico serão reunidas as restrições impostas pela coletividade, em especial o PDDU.

✓ Esboço do projeto

Em função dos resultados, os primeiros elementos do projeto podem ser delineados, de acordo com o seguinte roteiro:

- ✧ O esquema da infraestrutura viária, a compatibilizar com o caminhamento natural das águas de montante para jusante;
- ✧ As áreas a mobilizar para uma gestão coletiva das águas pluviais nos pontos baixos da região e ao longo das vias públicas;
- ✧ A implantação das obras em relação à declividade (em especial no caso de uma gestão na parcela);
- ✧ A definição dos modos de deslocamento previstos no local (pedestres, bicicletas, automóveis) e os usos das áreas públicas;
- ✧ Os modos de gestão futura previstos (áreas privadas ou áreas confiadas à coletividade).

A gestão das águas pluviais do projeto pode na sequência se organizar de maneira individual ou coletiva segundo o caso.

- ✧ Cada parcela construída deve gerir suas próprias águas pluviais (uma solução coletiva é, entretanto, necessária para as infraestruturas públicas comuns de acesso e para as áreas compartilhadas);
- ✧ Quando a gestão coletiva é implementada, nenhuma restrição é imposta à parcela.

✓ A chave para o sucesso de um projeto integrado

É preferível estudar diversos cenários de gestão das águas pluviais, com técnicas diferentes, e compará-los. Esta comparação deve considerar os seguintes aspectos:

- ✧ O aspecto financeiro (custo dos estudos preliminares, investimentos);
- ✧ A eficiência hidráulica (impacto em caso de chuva excepcional, facilidade de implantação...).
- ✧ A manutenção e a gestão (quem faz o que ? custos e modo de manutenção);
- ✧ A possível utilização do local para atividades de lazer;
- ✧ O impacto paisagístico, a integração com o ambiente, a valorização ecológica (possibilidade de criar zonas de desenvolvimento de espécies protegidas, de mini-zonas úmidas).

✓ Os aspectos de segurança

É indispensável que os proprietários e empreendedores tomem todas as precauções para prevenir as quedas acidentais e permitir a evacuação das pessoas em caso de subida das águas (declives suaves ou em escada, proteção das obras onde a chegada da água possa ser violenta.). Uma sinalização eficiente e permanente deverá ser instalada.

Um exemplo a ser seguido:

Esse arranjo utiliza uma vala de retenção e uma bacia coletiva. Ele é aplicável em grandes áreas impermeabilizadas (loteamentos, residências, zonas industriais, infraestrutura rodoviária...) e implica na gestão global das águas pluviais podendo exigir a implantação de diversas técnicas combinadas.



### Um exemplo a não ser seguido:

Esse outro exemplo (ver desenho a seguir) mostra uma casa construída em um talvegue. O dispositivo implantado apenas desloca o problema. São os vizinhos que sofrem as consequências das inundações.



## **4. SÍNTESE E CRITÉRIO DE SELEÇÃO**

Os elementos chave a considerar são:

**Se informar:** é necessário, desde o início do projeto, identificar perfeitamente as restrições do local no nível hidráulico.

**Escolher:** Em função das restrições técnicas ou financeiras o empreendedor será levado a escolher um tipo de obra: bacia de retenção, vala de retenção, trincheira ou estrutura drenante, reservatório enterrado, ...

**Integrar:** Um cuidado especial deve ser dado à integração dessas obras em seu ambiente. Notadamente as bacias de retenção não devem se parecer com escavações fechadas (tipo tanque de concreto) terminando em degradação e esquecimento.

Ao contrário, estas obras podem perfeitamente ser construídas em áreas verdes ou de lazer, tomando certas precauções de segurança. Elas participam inclusive do aspecto paisagístico da operação.

**Garantir:** Os vertedores de segurança poderão ser implantados em caso de necessidade a fim de garantir a perenidade da obra em caso de um evento excepcional. Os taludes serão em declive suave a fim de facilitar a subida das pessoas. Uma sinalização deverá ser colocada para informar da presença e da função da bacia, bem como das proibições em caso de chuvas.

**Perenizar:** Para garantir um funcionamento permanente e seguro das instalações, recomenda-se estabelecer m plano de gestão definindo as modalidades de supervisão e de manutenção das obras: inspeção visual de rotina e após as chuvas, controle da vegetação, combate aos danos causados por animais roedores, limpeza, manutenção e reparações.

A fim de escolher as técnicas melhor adaptadas o empreendedor poderá utilizar as tabelas multicritério a seguir:

### **Integração / Implantação**

		<b>Valorização paisagem</b>	<b>Tecido urbano<sup>1</sup></b>	<b>Topog. do terreno</b>	<b>Influência fundiária<sup>2</sup></b>	<b>Obstrução do subsolo</b>	<b>Multi-funcionalidade</b>
Bacia de detenção	Seca	+++	P, R	Plano	+++	0	+++
	Úmida	+++	P, R	Plano	+++	0	+++
	Enterrada	0	U, P	Plano	+	+++	+
Bacia de infiltração		+++	P, R	Plano	+++	0	++
Estrutura Reservatório	Natural	0	U, P	Plano	+	+++	+
	pré-fabricada	0	U, P	Plano	+	+++	+
Vala de detenção		+++ / +	P, R	Ingreme <sup>3</sup>	++	+	++
Telhado armazenante		++	U, P, R <sup>4</sup>	Qualquer	0	0	++
Trincheira		+	U, P, R	Ingreme <sup>3</sup>	++	+	+
Poço de infiltração		+	U, P	Qualquer	+	+	++

### **Execução / Manutenção**

		<b>Funcionamento<sup>5</sup></b>	<b>Dificuldade de execução</b>	<b>Atenção dada à construção</b>	<b>Dificuldade de manutenção</b>
Bacia de detenção	Seca	ret.	0	+	0
	Úmida	ret.	+	++	++
	Enterrada	ret.	+++ <sup>6</sup>	+++	++
Bacia de infiltração			+	++	+
Estrutura Reservatório	Natural	ret. e/ou inf.	++	+++	+++
	pré-fabricada	ret. e/ou inf.	+	++	+++
Vala de detenção			0	+	0 / +
Telhado armazenante			+++	+++	++
Trincheira			++	++	++
Poço de infiltração			++	++	++

<sup>1</sup>U: Urbano (denso), P: periurbano, R: rural

<sup>2</sup>Depende do dimensionamento da obra

<sup>3</sup> Em terreno íngreme, as trincheiras, as redes superdimensionadas, as valas e as valas de detenção devem ser posicionadas perpendicularmente ao declive

<sup>4</sup> Pode ser função das leis urbanísticas

<sup>5</sup> O funcionamento corresponde a de detenção (ret.) e/ou a de infiltração (inf.). A infiltração das águas pluviais ocorre se a permeabilidade do solo é suficiente

<sup>6</sup> Salvo para materiais pré-fabricados

## Despoluição / Ecologia

		<i>Despoluição<sup>7</sup></i>	<i>Realimentação do lençol</i>	<i>Reutilização das águas de chuva</i>	<i>Sensibilização do público</i>	<i>Aporte ecológico</i>
Bacia de detenção	Seca	Ph, D	0	0	+++	++
	Úmida	Ph, D	0	++	++	+++
	Enterrada	D	0	+++	0	0
Bacia de infiltração			sim	0	+++	+++
Estrutura Reservatório	Natural	D, F	possível <sup>8</sup>	0	0	+
	pré-fabricada	D	possível <sup>1</sup>	+	0	0
Vala de detenção			sim	+	+++	++
Telhado armazenante			0	0	+	0
Trincheira			possível <sup>1</sup>	0	+	+
Poço de infiltração			sim	+++	++	+

7 Os três tipos de despoluição são a Phito-remediação (Ph) para as obras vegetadas, a decantação (D) e a interceptação por filtração (F)

8 Caso a obra seja de infiltração



## ***ANEXO III***

### ***FICHAS TÉCNICAS***

---

---

# 1. **DISPOSITIVOS DE DETENÇÃO E DE INFILTRAÇÃO**

## 1.1 **BACIA DE DETENÇÃO**

São destinadas a conter o excesso de água de chuva e de escoamento gerado pela urbanização de um local em função de uma vazão de fuga regulada para um corpo receptor, que pode ser uma rede pública, a rede de drenagem superficial ou um sistema de infiltração. Têm a função de regularizar as águas pluviais.

### **Local de Utilização**

As bacias de retenção são obras usualmente adaptadas aos meios urbanos, periurbanos ou rurais devido a área necessária para sua construção. A fim de reduzir o impacto financeiro que isso representa, procura-se conferir a essas obras uma utilização multifuncional (área de esportes, de lazer, área verde). Isso é também uma maneira de garantir uma manutenção regular: no caso a bacia de retenção ter também a função de parque de lazer, a manutenção é facilitada.

### **Construção:**

- ✓ Integração social e segurança dos ribeirinhos: cercas, prevenção, informação sobre o funcionamento.
- ✓ Prever o acesso para manutenção desde a concepção do projeto.
- ✓ Utilizar um sistema de gradeamento para reter os materiais flotantes.

	Vantagens	Inconvenientes
Bacia de retenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boa integração paisagística possível.</li> <li>- Redução das vazões de ponta para o exutório.</li> <li>- Despoluição eficaz das águas pluviais pela decantação das partículas.</li> <li>- Grande experiência facilitando a concepção e a operação.</li> <li>- Execução em etapas operacionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande área de terreno para construção.</li> <li>- Risco ligado a segurança dos ribeirinhos.</li> <li>- Depósitos de lama da decantação.</li> <li>- Depósito de materiais flotantes.</li> <li>- Danos ligados a estagnação das águas.</li> <li>- Degrada-se rapidamente sem manutenção.</li> </ul>

### **Bacia seca ou úmida:**

Segundo a integração e a valorização da obra desejada, é possível prever bacias secas ou úmidas.



**Figura 1.1 - Bacia seca de Leysotte<sup>9</sup> e bacia úmida no fundo de jardim<sup>10</sup>**

### **Bacias secas**

A retirada das águas deve ser rápida para que elas sejam funcionais quando da ocorrência de chuvas sucessivas, por razões de segurança dos habitantes das margens e de salubridade. Existem dois tipos de bacia seca:

- ✓ Bacia vegetada: seu ponto forte é a integração paisagística uma vez que particularmente estética, embora exija uma manutenção rigorosa para preservar sua função principal. Frequentemente infiltrante, os riscos de poluição do lençol devem ser considerados.
- ✓ Bacia revestida: seu ponto forte é a multifuncionalidade. Pode servir como pista de skate ou de patins, praças. Praticamente elimina os inconvenientes da precedente mas necessita de manutenção das obras civis.

### **Bacias úmidas**

São espelhos d'água permanentes nos quais são lançadas as águas de chuva e de escoamento coletadas durante as precipitações. O volume útil de retenção é dado pela variação de nível máxima. Seu tamanho varia em função de sua utilização (uso multifuncional) e do volume de retenção necessário. Pode variar desde um pequeno tanque no fundo do jardim até um lago. Sua dimensão condicionará o tipo de utilização e de operação. Quaisquer que sejam as dimensões sempre abrigarão um "ecossistema" aquático cujo equilíbrio dependerá da variação de volume e de qualidade resultantes do aporte de águas de chuva.

<sup>9</sup>Fonte: Cete du Sud-Ouest

<sup>10</sup>Fonte: Foncier Conseil

	Vantagens	Inconvenientes
Bacia seca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservação de áreas verdes em zona urbana.</li> <li>- Multifuncional</li> <li>- Manutenção simples, poda ser for uma bacia vegetada, limpeza se for uma bacia revestida.</li> <li>- Sensibilização do público pela visão direta do problema do tratamento das águas pluviais.</li> <li>- Possibilidade de conter poluições acidentais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estagnação da água em caso de má concepção ou falta de manutenção.</li> <li>- Riscos de mau cheiro (estagnação da água, putrefação de vegetais).</li> <li>- Problema de higiene em caso de enchimento frequente.</li> <li>- Pequena frequência e duração de utilização</li> </ul>
Bacia úmida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilidade de recriar um ecossistema.</li> <li>- O aproveitamento de um espelho d'água existente demanda pouco investimento.</li> <li>- Possibilidade de conservar e reutilizar a totalidade das águas de chuva coletadas.</li> <li>- Estética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condicionantes estritas sobre a qualidade das águas coletadas.</li> <li>- Riscos de mau cheiro.</li> <li>- Riscos ligados à fauna (mosquitos, sapos).</li> <li>- Riscos ligados à flora (eutrofização, desenvolvimento de algas).</li> <li>- Prever abastecimento de água no período seco.</li> </ul>

### ***Bacia de retenção e de infiltração***

Segundo a natureza do solo, é possível construir a bacia de forma que uma parte das águas, ou mesmo a totalidade, possa infiltrar diretamente. Esse tipo de bacia é, por natureza, do tipo “seco”. A descrição do item precedente é, portanto, válida, com a diferença de que a fauna e a flora de aproximam mais das zonas úmidas.

A implantação de uma bacia de infiltração é aconselhável nos casos de:

- ✓ Ausência de um exutório natural;
- ✓ Permeabilidade do solo favorável;
- ✓ Ausência de lençol freático aflorante;
- ✓ Disponibilidade de área.

Podem ser utilizadas seja em meio urbano, periurbano ou rural. Da mesma forma por um industrial (após o tratamento se isso se mostrar necessário) ou por um particular.

	Vantagens	Inconvenientes
Infiltração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da dimensão da bacia.</li> <li>- Realimentação do lençol freático.</li> <li>- Despoluição por decantação e filtração no solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilidade de contaminação do lençol freático em caso de poluição accidental (zona de risco).</li> </ul>

Um estudo geológico deverá ser previamente realizado para:

- ✓ Dimensionar a bacia;
- ✓ Verificar que o ambiente do entorno imediato seja compatível, de modo a evitar deslizamentos de terreno, saturação ou recalque do solo, inundações do subsolo.

É possível prever a infiltração total das águas, ou prever uma obra de evacuação das águas, permitindo fixar uma vazão de fuga para a rede pública, em caso de insuficiência de infiltração.

	Vantagens	Inconvenientes
Infiltração pura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não necessita exutório natural, além do solo permeável</li> <li>- Sem ligação com a rede pública</li> <li>- Elimina os volumes de água a jusante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em caso de saturação dos solos (precipitações de longa duração) podem surgir águas estagnadas.</li> </ul>
Retenção infiltrante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução dos conflitos fundiários devido à bacia de retenção</li> <li>- Redução da vazão de ponta e do volume a jusante</li> <li>- Redução do volume a armazenar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Idem Infiltração pura</li> </ul>

Um sistema de pré-tratamento das águas de montante pode reduzir o risco de poluição do lençol.

### **Manutenção**

Uma idéia correntemente difundida é de se dizer: “Se funciona, não é necessário manutenção”. Dessa forma a obra pode rapidamente tornar-se antiestética, caso a vegetação desenvolva-se livremente e os detritos se acumulem, principalmente se a obra só tiver utilização para armazenamento de água. Sua imagem junto aos habitantes das margens se

degrada rapidamente, e uma vez abandonada, sua principal função pode também ser alterada, em especial pela obstrução dos orifícios de saída.

A frequência de manutenção depende do tempo de retorno para o qual a bacia é dimensionada. Existem diversos tipos de manutenção, destacando-se:

- ✓ Poda e corte para as bacias vegetadas.
- ✓ Limpeza para as bacias revestidas.
- ✓ Controle da vegetação, retirada dos materiais flotantes para as bacias úmidas, bem como esvaziamento a cada dez anos para manutenção das obras submersas, limpeza do fundo e renovação da água.

Se a qualidade da lama, retirada quando da limpeza do fundo, é boa, pode-se vislumbrar sua comercialização para aplicação na agricultura, em especial em culturas frutíferas, ou então em jardins de praças e parques públicos, como forma de melhorar as condições físicas e de fertilidades dos solos, daí a importância de tratar as águas de montante. O critério de avaliação da qualidade da lama pode ser o mesmo utilizado para os lodos oriundos do tratamento de esgotos (resolução Conama 375/2006). Caso a qualidade não atenda aos padrões exigidos na legislação a lama deverá ser encaminhada para aterros sanitários.

### ***Bacia de detenção enterrada***

#### **Apresentação**

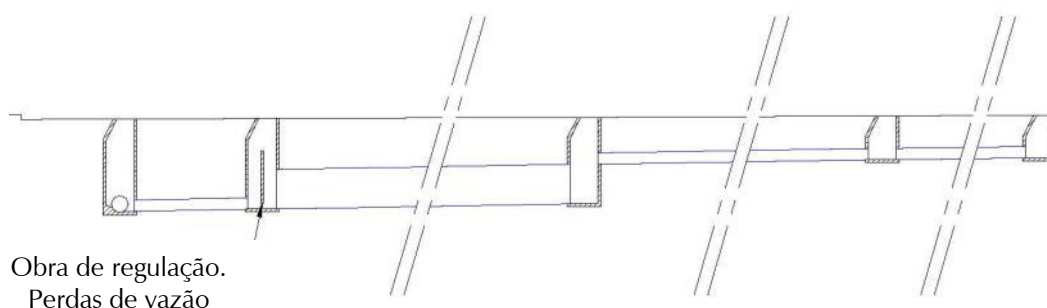
São obras de armazenamento (em concreto ou alvenaria) subterrâneas, que podem ser enterradas sob áreas verdes, vias ou estacionamentos. Elas são totalmente esvaziadas após a ocorrência da chuva.

A bacia enterrada é normalmente utilizada por particulares (obras pré-fabricadas) para pequenos volumes (retenção das águas de chuva e do escoamento na parcela). Nesse caso, dois tipos de bacias podem ser construídos:

- ✓ bacia cujo volume disponível corresponde ao volume útil;
- ✓ bacia cujo volume disponível corresponde ao volume útil + volume para reutilização (melhor aproveitamento do investimento, amortização).



	Vantagens	Inconvenientes
Bacia enterrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A superfície do solo permanece disponível.</li> <li>- Bacias pré-fabricadas podem ser utilizadas por particulares.</li> <li>- Despoluição por decantação</li> <li>- Possibilidade de reutilizar as águas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Execução custosa que pode ser compensada pelo valor do terreno.</li> <li>- Restrição da altura do lençol em relação à estrutura</li> <li>- Sem valor agregado</li> <li>- Dificuldade de acesso e, portanto, de manutenção</li> </ul>



### Condições e local de utilização

Essa técnica pode ser recomendada caso haja falta de terrenos disponíveis ou o custo da terra justifique (centro da cidade, por exemplo), bem como, e principalmente, por particulares com armazenamento na parcela. Sua implantação permite ao proprietário, graças a uma gestão rigorosa e no caso de um volume disponível superior ao volume de retenção necessário, reutilizar as águas de chuva para fins privados (irrigação).

A obra é preferencialmente concebida em forma de caixa ou compartimentos. A geometria bem como a forma de alimentação e de esvaziamento vai determinar as zonas de decantação e as zonas de risco de erosão. Devido a isso o estudo de definição deve ser refinado e rigoroso.

## **1.2 SUPERDIMENSIONAMENTO DA REDE**

### **Apresentação**

Esta solução técnica é de implantação simples (instalação de uma rede pluvial de grande diâmetro) e elimina qualquer investimento em integração paisagística.

O princípio se apóia no volume de armazenamento gerado pelo superdimensionamento da canalização de águas pluviais imediatamente a montante da obra de regulação. O volume útil de armazenamento é a diferença entre o volume total da canalização superdimensionada e o volume necessário para escoamento das águas coletadas sem regulação.

	Vantagens	Inconvenientes
Infiltração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da vazão a jusante.</li> <li>- Pouca influência do custo do terreno</li> <li>- Implantação possível sob vias e estacionamentos</li> <li>- Concepção e execução simples</li> <li>- Manutenção clássica</li> <li>- Sem restrições à população</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solução pode ser custosa</li> <li>- Volume de armazenamento limitado</li> <li>- Desníveis – a ligação pode ser difícil de acordo com o local</li> <li>- Inexistência do aspecto de despoluição.</li> </ul>

### **Condições e local de utilização**

Esta técnica é essencialmente destinada ao meio urbano. É mais frequentemente utilizada quando existem grandes trechos lineares e de ocupação muito densa.

Pode também ser implantada em áreas particulares para pequenos volumes.

O volume total da canalização não representa o volume de armazenamento útil uma vez que é preciso considerar o volume de escoamento da precipitação. O armazenamento possível é, portanto, em alguns casos, muito restrito.

O redimensionamento de uma rede existente implica em obras (retirada e reassentamento da rede) e exige um orçamento bastante elevado. Esta solução será menos onerosa caso seja integrada no planeamento de novas redes.

Esta técnica pode ser utilizada em complemento às demais (infiltração ou retenção), caso os custos da terra ou os custos operacionais o exijam. Assim sendo, ela pode, também, liberar um volume de detenção antes da saturação da rede e transbordamento em uma bacia ou constituir-se em um volume de detenção entre dois poços de detenção, por exemplo.

## **1.3 ESTRUTURAS-RESERVATÓRIO**

Uma estrutura-reservatório é similar a uma bacia de retenção enterrada preenchida com material poroso, que permite armazenar água de escoamento nos espaços vazios.

### **Local de Utilização**

Levando-se em conta sua discrição e sua integração sob qualquer tipo de superfície impermeabilizada, esta técnica é particularmente adaptada às zonas urbanas. Pode ser implantada sob ruas, estacionamentos, praças, ou outras áreas de utilidade pública. Sua principal vantagem reside no fato de que ela não necessita de áreas adicionais e não é visível.

### **Características**

Ela se caracteriza por:

- ✓ O coeficiente de vazios define sua capacidade de armazenamento de água,
- ✓ A resistência à compressão define sua solidez e localização.

Diversos tipos de materiais podem ser utilizados:

- ✓ Materiais naturais,
- ✓ Materiais pré-fabricados.

Seu funcionamento é simples. A água é armazenada no volume de vazios do material constituinte. O modo de evacuação das águas difere de acordo com o tipo de estrutura e a natureza do solo.

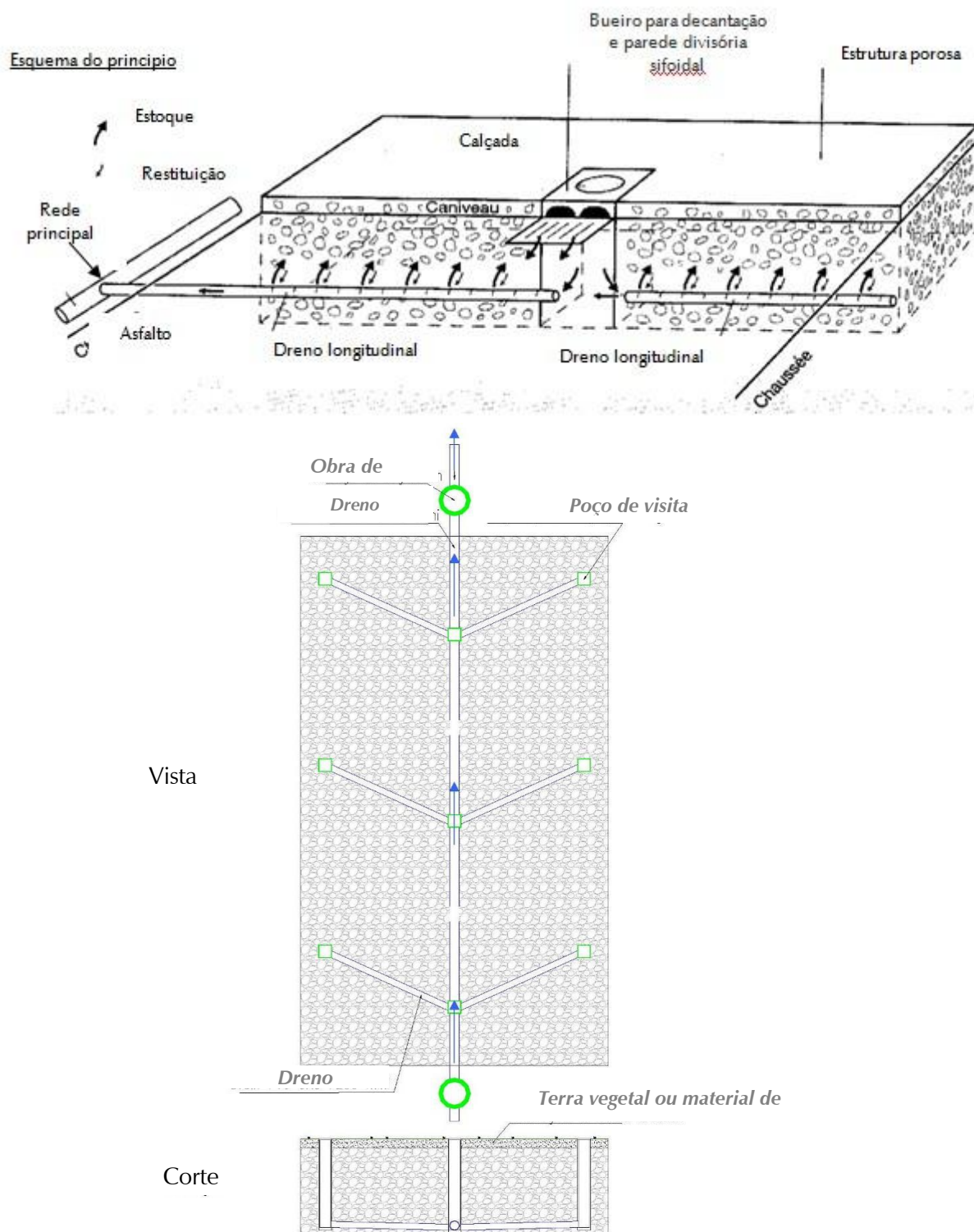
Elas podem ser coletadas:

- ✓ por aberturas e drenos que as conduzem ao reservatório
- ✓ por um revestimento drenante que as infiltra na superfície

Elas podem ser evacuadas:

- ✓ com vazão regularizada, por um dreno, para um corpo receptor clássico (rede pública, corpo receptor superficial ou um sistema de infiltração),
- ✓ por infiltração direta caso o solo apresente horizontes geológicos favoráveis.

Como o funcionamento é similar ao das bacias de retenção e de infiltração, por suas características, pode-se reportar aos itens precedentes.



**Figura 1.2 - Exemplo de uma via com estrutura-reservatório, com coleta por boca de lobo e calçada infiltrante, evacuação por dreno, funcionamento em carga e descarga**

	Vantagens	Inconvenientes
Estrutura reservatório	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouca influência do custo da terra.</li> <li>- Obras enterradas e, portanto, discretas.</li> <li>- Redução das vazões de ponta.</li> <li>- A superfície do terreno permanece disponível (Implantação possível sob vias, estacionamentos,...).</li> <li>- Despoluição eficaz das águas pluviais por decantação e “filtração” pela retenção das partículas através da estrutura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colmação da estrutura.</li> <li>- Manutenção difícil pois normalmente o acesso ao interior da estrutura não é fácil, muitas vezes impossível.</li> <li>- Intervenção sob o pavimento é difícil sem destruir a estrutura (no caso de uma estrutura sob o pavimento).</li> <li>- Concepção normalmente onerosa.</li> <li>- Dificilmente aplicável em terrenos de grande declividade natural.</li> </ul>

### ***Materiais naturais ou pré-fabricados***

Diversos tipos de material podem servir como estrutura porosa:

- ✓ ***Materiais naturais***, geralmente constituídos de pedregulhos e comumente chamados de cascalho não tratado poroso. Os materiais naturais utilizados para preencher as estruturas podem ser:

- ✧ seixo rolado,
- ✧ brita,
- ✧ cascalhos.

Cabe destacar que a areia não pode ser utilizada como material de armazenamento nas estruturas-reservatório

- ✓ ***Materiais pré-fabricados***, em plástico ou compostos similares que são, por seu coeficiente de vazios muito elevado, bem mais eficientes que os materiais naturais. Os materiais pré-fabricados utilizados para preencher as estruturas são:

- ✧ Estruturas alveolares,
- ✧ Estruturas em colmeia,
- ✧ Estruturas compartimentadas,

	Vantagens	Inconvenientes
Materiais naturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os materiais naturais atuam como filtro na depuração das águas pluviais.</li> <li>- Permitem a infiltração das águas retidas.</li> <li>- Podem estar disponíveis localmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esses materiais podem colmatar rapidamente de acordo com sua granulometria e com a qualidade das águas armazenadas.</li> <li>- O volume útil obtido utilizando esses materiais não é muito grande considerando seu coeficiente de vazios (da ordem de 30%).</li> </ul>
Materiais pré-fabricados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiais muito leves, e, portanto, de fácil colocação.</li> <li>- Porosidade superior a 90%. Volume da estrutura menor que para os materiais naturais.</li> <li>- Colmatam mais lentamente que os materiais naturais.</li> <li>- Grande resistência à compressão (utilização sob vias).</li> <li>- Insensíveis na maior parte aos agentes químicos, aos microorganismos, aos fungos,...</li> <li>- Vantajosos no caso de terrenos muito declivosos ou quando da recuperação de pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto custo de aquisição.</li> <li>- Nem todos permitem a infiltração das águas retidas.</li> <li>- Alguns materiais não são bons filtros para a despoluição das águas pluviais.</li> </ul>

### **Revestimento infiltrante**

Quando da implantação da estrutura-reservatório sob as vias ou estacionamentos é possível infiltrar a água diretamente da superfície com um revestimento especial: capa drenante ou pavimento poroso. Esta técnica evita a implantação de bocas de lobo, que podem sofrer obstruções durante chuvas fortes e não cumprir a função que lhes é destinada. Além disso, ela melhora consideravelmente o conforto da população do entorno:

- ✓ Reduzindo o ruído do tráfego até 3 dB (que são preponderantes acima de 70 km/h),
- ✓ Eliminando as poças d'água, os reflexos dos faróis,
- ✓ Melhorando a aderência e limitando os riscos de aquaplanagem.

A retenção de poluente também aumenta. Entretanto, os principais riscos são a colmatagem do pavimento e os problemas de viabilidade no inverno. Dessa forma, uma manutenção específica deve ser prevista, como descrito a seguir.



## **Manutenção**

A manutenção rotineira da estrutura-reservatório é inexistente, uma vez que ela é inacessível. Entretanto, quando o reservatório é aberto para obras, é preciso reconstituir a estrutura porosa, e evitar qualquer contato com os materiais finos que podem migrar para os espaços porosos e obstruí-la em parte.

Para os revestimentos drenantes, uma simples aspiração em toda a sua extensão permite prevenir a colmatção. Os aspiradores não são ainda muito difundidos, mas é possível adaptar os equipamentos existentes. Para limpar as superfícies uma lavagem com água a alta pressão permite restaurar a absorção. A frequência de manutenção depende do tipo de tráfego. Para vias de grande circulação, deve ser feita a aspiração a cada 6 meses e uma lavagem a cada 3 anos. Para vias de circulação pouco intensa e estacionamentos é suficiente uma aspiração a cada 1 ou dois anos, com lavagem a cada 3 anos.

A autolimpeza pode acontecer caso o tráfego do trecho não ultrapasse 10.000 veículos/dia e quando a circulação é “rápida”. O tráfego lento tem a tendência de compactar o pavimento e reduzir os espaços de infiltração.

---

## **1.4 VALAS DE DETENÇÃO**

---

As valas de retenção são obras que permitem coletar e regularizar as águas de chuva e de escoamento, reduzindo a vazão de pico do seu escoamento em direção a um corpo receptor. A infiltração contínua do ponto de coleta até o corpo receptor permite reduzir o volume. O corpo receptor pode ser a rede coletora pluvial tradicional, um corpo hídrico superficial ou um sistema de infiltração de acordo com o tipo de solo. A diferença entre a vala de drenagem e a vala de retenção consiste em sua concepção e seu formato. A vala é relativamente profunda, com taludes de maior inclinação e possibilidade de permanecer cheia por um determinado tempo. A vala de retenção é, por outro lado, menos profunda e mais larga.

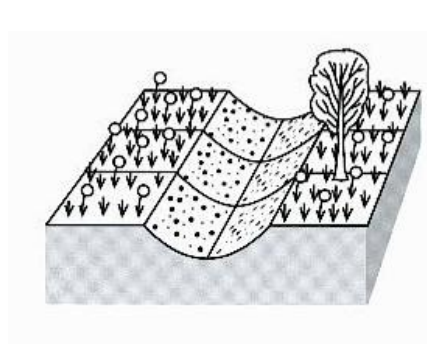
No geral, do ponto de vista de seu funcionamento, são obras do tipo bacia de retenção infiltrante de pequeno tamanho, que permitem quando de precipitações especialmente raras (centenárias), conduzir a água para jusante.

	Vantagens	Inconvenientes
Valas de detenções e valas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução, e talvez eliminação, no caso de obras de infiltração, da vazão de ponta para o corpo receptor.</li> <li>- Uma mesma estrutura pode realizar a coleta, o armazenamento e a condução das águas pluviais.</li> <li>- Tem funções de retenção, regulação, redução de picos que limitam a vazão de ponta a jusante, bem como de drenagem dos solos.</li> <li>- Constituem exutórios naturais, caso o solo seja bastante permeável (sem necessidade de corpo receptor).</li> <li>- Realimentação do lençol.</li> <li>- Concepção simples e barata.</li> <li>- Despoluição eficaz das águas pluviais por decantação e por "filtração" por retenção no solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conflito fundiário pode ser importante e oneroso (sobretudo para uma vala de retenção de grande volume).</li> <li>- Risco de poluição do solo (caso seja de infiltração).</li> <li>- Depósitos de lama da decantação,</li> <li>- Depósitos de materiais flotantes,</li> <li>- Risco de mau cheiro (estagnação da água) devido a problemas de construção ou falta de manutenção.</li> </ul>

### ***Valas de retenção ou valas de drenagem?***

Sendo a vala de drenagem bastante conhecida, mostra-se fácil de executar. Toma pouco espaço e não apresenta grandes dificuldades de concepção. Entretanto, dificilmente se integra em zonas urbanas, por sua profundidade e por ser antiestética. É de difícil manutenção, pois frequentemente está cheia e pela quantidade de vegetação.

A vala de retenção é uma vala larga e pouco profunda, com uma seção com taludes suaves. É em geral melhor adaptada às zonas urbanas e periurbanas. Oferece ainda a vantagem de permitir a introdução de áreas verdes próximo aos loteamentos, zona comercial ou nas margens das estradas.



***Figura 1.3 - Foto e croquis de uma vala de retenção***

	Vantagens	Inconvenientes
Vala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obra conhecida e tradicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A manutenção é específica e dificultada pela profundidade e pelo fato de estar frequentemente cheia.</li> <li>- Pode apresentar risco para os ribeirinhos e, em especial, para as crianças.</li> <li>- Não pode ser implantada em meio urbano ou periurbano.</li> </ul>
Vala de retenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente integração com a paisagem, criação de paisagens vegetadas, habitats aéreos.</li> <li>- Possibilidade de se integrar como sistema garantindo a drenagem de uma obra (em uma bacia, por exemplo).</li> <li>- Possibilidade de execução em etapas, de acordo com as necessidades de armazenamento.</li> <li>- Conceção e execução fáceis.</li> <li>- Baixo custo de implantação.</li> <li>- Manutenção simples e clássica (tipo área verde).</li> <li>- Baixo risco de colmatagem.</li> <li>- Sensibilização da população pela visualização direta do problema do tratamento das águas pluviais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As valas de retenção podem exigir grandes áreas de terreno, o custo pode se mostrar impeditivo.</li> <li>- Manutenção regular (porém simples).</li> <li>- Concepção cuidadosa.</li> </ul>

Para evitar a estagnação das águas é possível adicionar um dreno sob a vala de retenção, a fim de garantir a eliminação de poças residuais. Para ter uma capacidade de infiltração da obra, é preciso se assegurar que as camadas geológicas sejam adequadas.

### **Manutenção**

A manutenção das valas de drenagem é difícil, pois não se pode cortar a vegetação como em uma área verde (taludes muito inclinados para uma roçadeira), é preciso podar, cortar com facão (manutenção específica).

Além disso, como uma vala de drenagem é profunda e/ou está frequentemente cheia não é simples retirar a lama da decantação que assoreia o fundo da obra. É preciso, portanto, efetuar uma limpeza seguida de um retaludamento em toda a extensão.

As valas de drenagem são consideradas áreas verdes e devem ser objeto de manutenção periódica sob o risco de serem invadidas pela vegetação. A manutenção é normalmente manual (o que pode ser um inconveniente).

A longo prazo, a terra vegetal que constitui a parte superficial da vala de retenção pode se acumular e diminuir assim a infiltração. Esse fenômeno é, entretanto, muito limitado e a infiltração é sempre possível.

Uma vala de retenção exige manutenção preventiva regular para evitar que se transforme em charco ou em esgoto a céu aberto. Porém, a manutenção preventiva não exige o uso de técnicas especiais. Em geral, ela é similar à das áreas verdes: corte da grama, irrigação no período seco, catação das folhas mortas, do entulho e dos dejetos. É preciso também limpar os orifícios.

Para minimizar os riscos de obstrução dos orifícios, pode ser implantado um dreno sob a vala de retenção; a água se infiltra no fundo da vala de retenção chega ao dreno e escoar para o corpo receptor.

Para as valas de drenagem e valas de retenção, é preciso limpar os dispositivos de esvaziamento periodicamente, a fim de não comprometer sua função de regulação.

De modo geral, quando mais suaves os taludes, mais fácil a manutenção.

---

## **1.5 COBERTURAS ARMAZENANTES**

---

O armazenamento em coberturas tipo terraço (telhados armazenantes) é definido como uma técnica de micro-armazenamento, que consiste em armazenar provisoriamente a água da chuva próxima à superfície de captação (telhado). Elas coletam a água diretamente de sua superfície. Não precisam, portanto, de obras de coleta. O armazenamento é possível graças a um revestimento estanque normalmente protegido por uma camada de cascalho. A camada de cascalho permite reduzir a vazão de ponta e garante uma “filtração” das águas pluviais, reduzindo assim o efeito da colmatagem.

Um pequeno parapeito em torno da cobertura permite armazenar alguns centímetros de água antes de restituí-la, com vazão limitada, a um corpo receptor, graças a um dispositivo de regulação. O corpo receptor em questão pode ser a rede coletora tradicional, um corpo hídrico superficial ou um sistema de infiltração. Além disso, um extravasor permite evitar uma sobrecarga da estrutura quando da ocorrência de chuvas que possam saturar os sistemas de armazenamento e de regulação.

As coberturas tipo terraço não encascalhadas ou não vegetadas não tem um efeito notável sobre a vazão de ponta se sua declividade for maior que 0,05 m/m salvo se for colocado um dispositivo de controle na saída. Em compensação, aquelas que são vegetadas ou encascalhadas tem um efeito também importante. A redução é maior no caso de chuvas rápidas e intensas. O efeito das coberturas tipo terraço pode ser amplificado pela instalação de dispositivos apropriados. Esta técnica é muito desenvolvida nos Estados Unidos, no Japão e na Alemanha, onde é utilizada há muitos anos com sucesso.

## Local de Aplicação

Esta técnica não é muito difundida, pois seu desenvolvimento é freado pelos à priori e reticências. Este fato é lamentável, uma vez que essa solução, pouco onerosa, é bem adaptada ao meio urbano denso, para a drenagem pluvial de pequenas superfícies impermeabilizadas com habitações particulares.

Os telhados devem ser planos ou ligeiramente inclinados (inclinação entre 0,1 e 5%). No caso de telhados com inclinação maior pode-se utilizar paredes para compartimentar a superfície, fazendo o papel de mini barragens. Entretanto, um telhado plano é preferível a um telhado inclinado.

Esta solução não é aplicável em regiões de clima montanhoso, ou seja, com altitudes maiores que 900 metros. Alguns tipos de telhados não podem ser equipados com uma cobertura armazenante. Trata-se, entre outros dos telhados sob os quais existam instalações elétricas como: aquecimento, sistema de ventilação, casa de máquinas, limpeza de fachadas, poço de elevador ou de monta-carga, painéis solares.



Foto 1.1 – Cobertura Armazenante

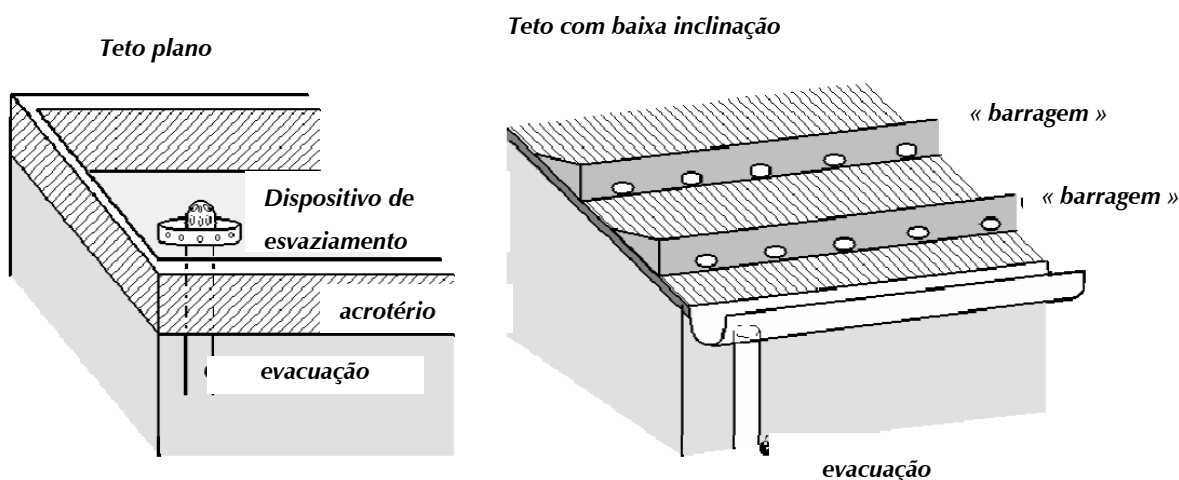


Figura 1.4 - Esquemas de coberturas ani

	Vantagens	Inconvenientes
Cobertura armazenante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução das vazões de ponta escoando para os corpo receptor.</li> <li>- Técnica que quando é empregada em cobertura vegetada permite uma economia substancial de energia (isolamento).</li> <li>- Pouco consumo de espaço.</li> <li>- Boa integração ao meio urbano.</li> <li>- Drenagem parcelar em residências particulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumes armazenados muito limitados.</li> <li>- Manutenção e operação difíceis (sobretudo o sistema de regulação).</li> <li>- Exige no mínimo duas visitas de manutenção por ano.</li> <li>- Riscos de mau cheiro (estagnação da água) por problemas de execução ou falta de manutenção.</li> <li>- Concepção muito cuidadosa, exigindo empresas qualificadas para garantir uma perfeita estanqueidade.</li> <li>- Eventuais sobrecustos.</li> <li>- Difícil de implantar em telhados com inclinação maior que 2%.</li> <li>- Risco para a segurança se o telhado é acessível.</li> </ul>

### Manutenção

Preconizam-se, no mínimo, duas visitas anuais para as coberturas armazenantes. Além disso, é necessária a remoção dos musgos a cada 3 anos, em média, no nível do dispositivo de regulação.

A manutenção fica a cargo dos proprietários.

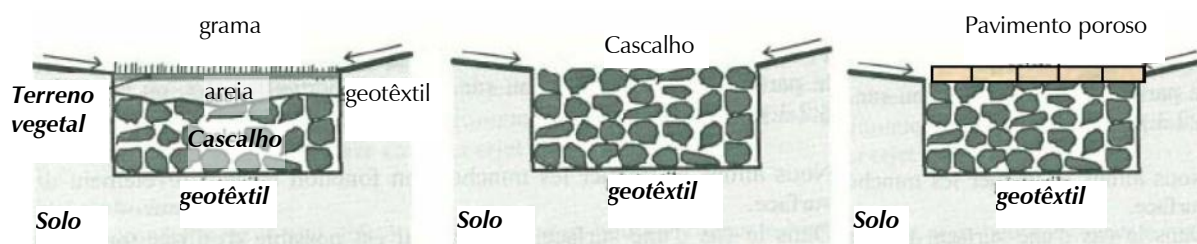
## 1.6 TRINCHEIRAS DRENANTES / INFILTRANTES

Uma trincheira é uma obra superficial (entre 1 e 2 metros de profundidade), linear, utilizada para a drenagem pluvial de vias e de coberturas. São preenchidas com materiais porosos (cascalho, brita) e revestidas com lajes de concreto ou gramadas. São frequentemente dotadas de um sistema de drenagem. Cabe destacar que existem dois tipos principais de funcionamento:

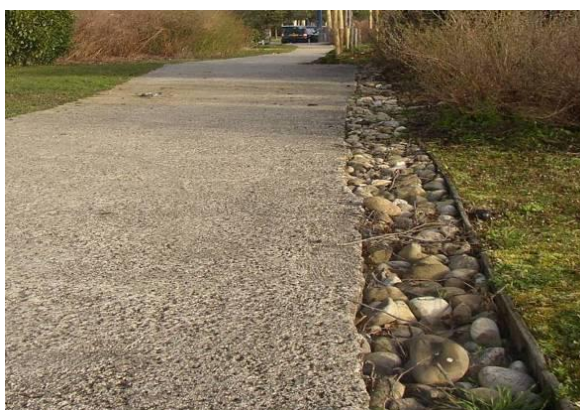
Trincheiras drenantes: sistema de retenção de água. A água é evacuada graças a um dreno, com vazão regularizada para um corpo receptor (rede coletora tradicional, um corpo hídrico superficial ou um sistema de infiltração).

Trincheiras infiltrantes: sistema de infiltração, associado ao sistema de retenção. A evacuação das águas pluviais é feita pela infiltração direta no solo, mas pode também ser associada a um escoamento regularizado. Isso permitirá o esvaziamento total da obra.





**Figura 1.5 - Diferentes tipos de trincheiras**



**Foto 1.2 – Trincheira Drenante**

Existem sistemas pré-fabricados (estrutura alveolar, estrutura compartimentada) que fazem o mesmo papel dos materiais citados acima (seixo rolado, brita).

### **Local de aplicação**

As obras onde podem ser construídas trincheiras são variadas. Elas podem ser executadas sob áreas verdes, caminhos para pedestres, como passeios ou calçadas ou também vias de acesso para veículos como os estacionamentos. Para implantar uma solução técnica de infiltração (trincheira infiltrante), é preciso se assegurar da presença de horizonte geológico favorável a infiltração, nas camadas superficiais (1,0 m a 1,5 m).

Esta solução não apresenta maiores restrições urbanísticas e topográficas, exceto a necessidade de haver um terreno natural de pouca declividade e não vegetado.

	Vantagens	Inconvenientes
Trincheira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da vazão de ponta e dos volumes que escoam para o corpo receptor.</li> <li>- Realimentação do lençol freático (caso seja de infiltração).</li> <li>- Despoluição eficaz das águas pluviais por “filtração”</li> <li>- Técnica pouco onerosa.</li> <li>- Implantação fácil e dominada.</li> <li>- Boa integração paisagística no tecido urbano.</li> <li>- Pouco conflito fundiário.</li> <li>- As trincheiras são bem adaptadas aos terrenos planos onde a drenagem pluvial é difícil ser feita.</li> <li>- As trincheiras podem ser associadas a outras técnicas alternativas (servem também como sistema drenante no fundo de bacias, por exemplo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riscos de mau cheiro</li> <li>- Risco de colmatção possível, sobretudo em trincheiras ao longo de vias de circulação e arborizadas.</li> <li>- Depósitos de materiais flotantes.</li> <li>- Necessidade de manutenção regular específica (limpeza da estrutura reservatório, do dreno, das bocas de lobo ...).</li> <li>- Dificilmente aplicáveis em terrenos de grande declividade natural.</li> <li>- Técnica que contribui para a obstrução do subsolo.</li> <li>- Para trincheiras infiltrantes risco de poluição do lençol.</li> </ul>

### Manutenção

O trabalho de manutenção consiste em recolher regularmente os dejetos de origem humana ou a vegetação que obstruem os dispositivos de entrada como os orifícios nas bordas ou as bocas de lobo e em manter o revestimento drenante da superfície. Um geotêxtil deve ser colocado próximo à superfície da trincheira a fim de evitar a obstrução da estrutura porosa, que deve ser trocado após a constatação visual de sua colmatção.

## 1.7 POÇO DE INFILTRAÇÃO / DE INJEÇÃO

O recurso dos poços de infiltração a fim de reduzir o excesso de água de chuva e de escoamento é uma técnica comprovada. Ela permite a infiltração o mais próximo possível do ponto de coleta. Normalmente são preenchidos com materiais porosos (cascalho, brita), garantindo a estabilidade da obra, a filtração das águas pluviais, reduzindo assim o efeito da colmatção no fundo. Destaca-se que existem dois tipos principais de funcionamento:

- ✓ Poços de infiltração, que não estão em contato direto com o lençol freático,
- ✓ Poços de injeção, que estão em contato direto com o lençol e injetam então diretamente a água na zona saturada.



*Foto 1.3 – Poço de Infiltração*

### ***Local de utilização***

Os poços de infiltração podem ser instalados na rede de drenagem pluvial tradicional a fim reduzir a vazão conduzida ao corpo receptor ou como o exutório da própria rede, ou ainda ser instalados paralelamente à rede. A alimentação do poço pode se dar diretamente no nível do terreno natural (T.N.) após o escoamento (no meio de uma praça ou no fundo de um sistema de retenção, por exemplo), ou na própria obra através de canalizações.

Esta solução não apresenta restrições urbanísticas ou topográficas particulares, apesar da necessidade de um subsolo permeável. Pode ser utilizada tanto por uma indústria como por um particular, seja no meio urbano, periurbano ou rural.

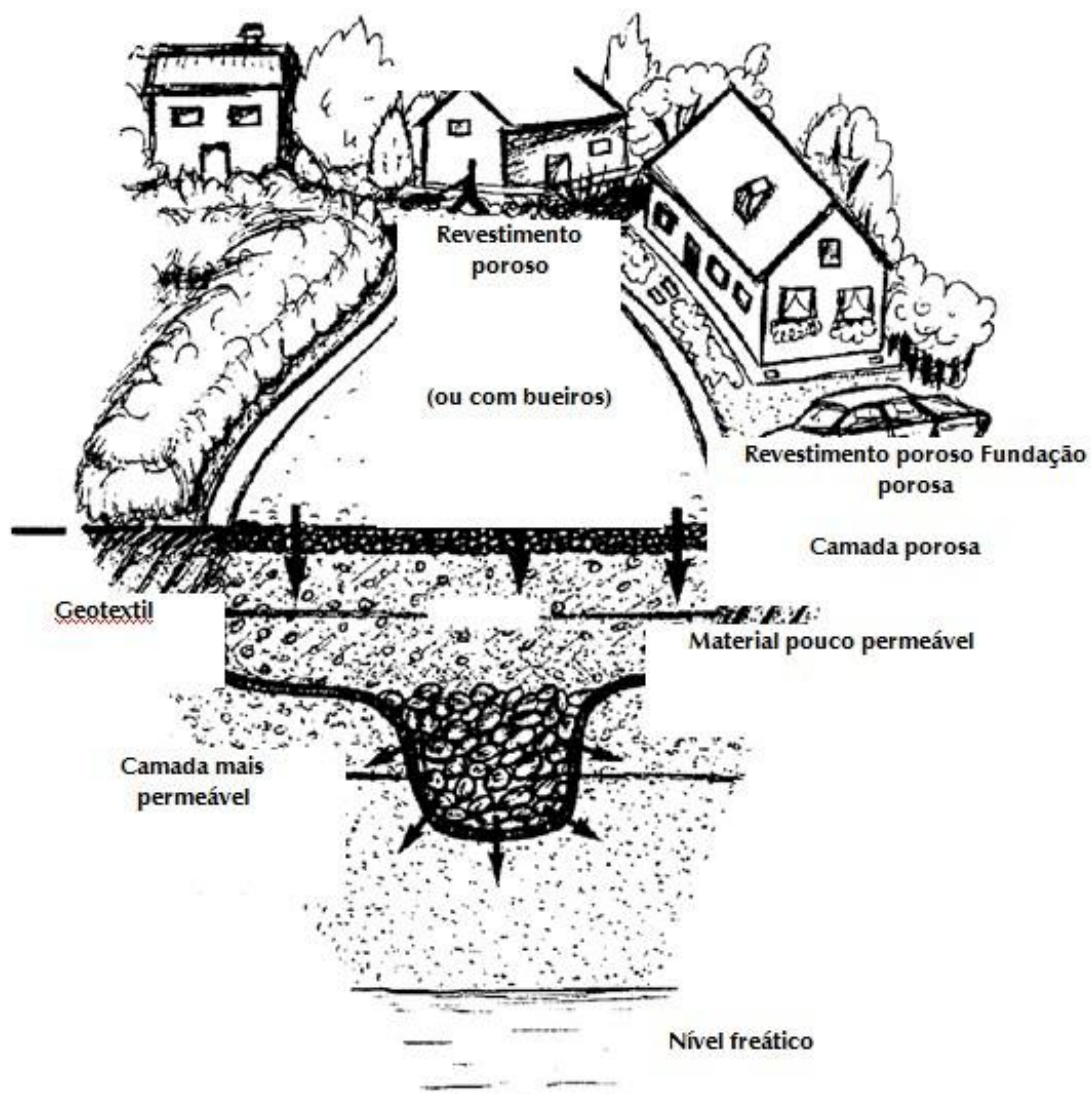


Figura 1.6 - Esquema de um poço de infiltração

	Vantagens	Inconvenientes
Poço de infiltração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da vazão de ponta e dos volumes que escoam para o corpo receptor.</li> <li>- Concepção simples.</li> <li>- Despoluição das águas pluviais por decantação nos poços e por “filtração” por retenção no solo.</li> <li>- Boa integração ao tecido urbano, pois os poços geram poucos problemas no solo.</li> <li>- Larga utilização (desde o lote até áreas coletivas).</li> <li>- Um poço de infiltração não precisa de exutório.</li> <li>- Possibilidade de associar o poço a outras técnicas alternativas.</li> <li>- Garante a alimentação do lençol.</li> <li>- Técnica bem adaptada aos terrenos planos onde a drenagem pluvial é difícil de ser feita.</li> <li>- Manutenção simples.</li> <li>- Utilizável em solos onde os primeiros horizontes geológicos são impermeáveis porém possuem camadas inferiores permeáveis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de poluição do solo e do lençol.</li> <li>- Risco de colmatção do poço.</li> <li>- Depósito de lama da decantação.</li> <li>- Depósito de materiais flotantes.</li> <li>- Manutenção específica regular (limpeza do interior do poço, limpeza do fundo,...).</li> <li>- Capacidade de armazenamento limitada, dependente da altura e das flutuações do nível do lençol.</li> <li>- Técnica que contribui para a obstrução do subsolo.</li> </ul>

### Manutenção

Essa técnica exige uma manutenção específica e regular, a retirada dos materiais flotantes retidos no cesto ou sistema de gradeamento, bem como uma limpeza do interior do poço (fundo e tubulações), a fim de evitar qualquer tipo de dano.

Preventivamente, é preciso fazer a manutenção da instalação todos os meses para minimizar a colmatção: esvaziar as câmaras de decantação, limpar os dispositivos filtrantes, limpar as superfícies drenadas.

Corretivamente: de duas vezes por ano a uma vez a cada cinco anos, quando o poço não funciona mais e transborda frequentemente. Consiste na limpeza mais profunda ou de um bombeamento.

A fim de limitar os riscos de poluição acidental, pode ser eficaz um sistema de pré-tratamento a montante do poço. Caso ocorra uma poluição, ela deverá ser bombeada após terem sido retirados do poço os materiais.

## **ANEXO IV**

# ***DIMENSIONAMENTO DE OBRAS DE DETENÇÃO***

---

---



## 1. DIMENSIONAMENTO DE OBRAS DE DETENÇÃO

O efeito do armazenamento no escoamento no hidrograma de pequenas áreas pode ser observado na Figura 1.1. O escoamento das superfícies urbanas tem pequeno tempo de concentração em lotes em virtude das pequenas áreas. O hidrograma tende a apresentar um patamar de escoamento para precipitações altas de duração média. O efeito do volume na retenção é de diminuição do pico, como mostra a referida figura.

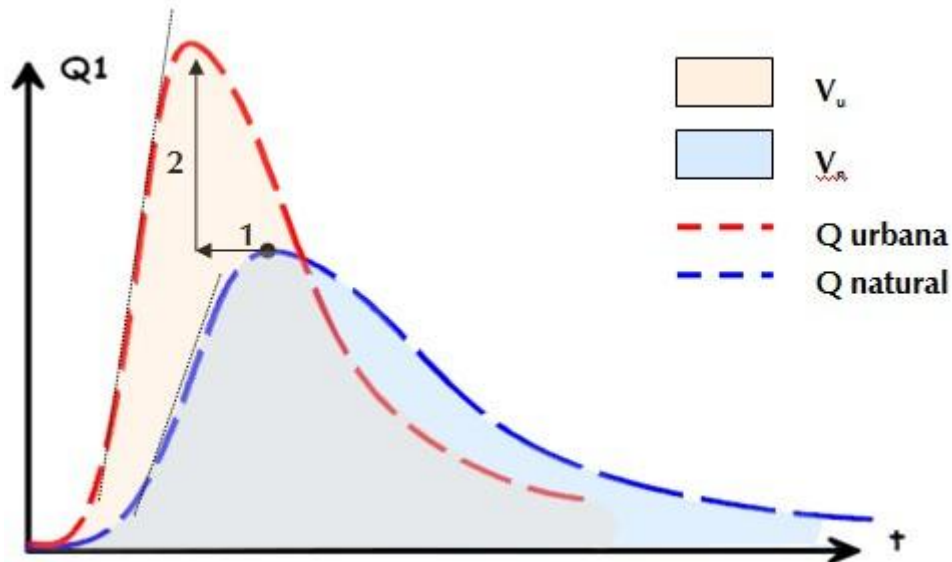


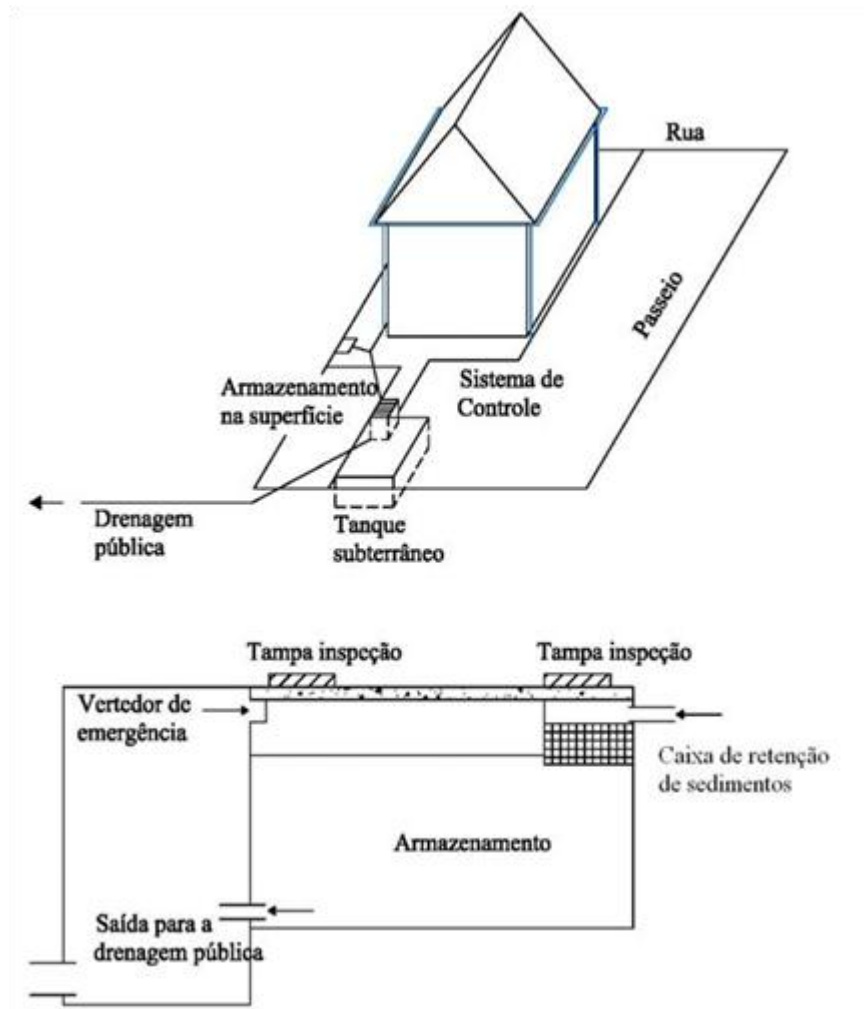
Figura 1.1 - Impacto da urbanização sobre o hidrograma de cheia

O armazenamento pode ser efetuado em pequenos reservatórios distribuídos no lote, em passeios, gramados, estacionamentos e áreas esportivas. Portanto, o armazenamento no lote pode ser utilizado para amortecer o escoamento, em conjunto com outros usos, como abastecimento de água, irrigação de grama e lavagem de superfícies ou de automóveis.

Como pode-se ver, um reservatório para controle na fonte pode ser aberto, utilizando o relevo do terreno, enterrado em concreto, de tijolos ou de pedra.

Uma configuração padrão pode ser observada na figura 1.2.





*Figura 1.2 - Detenção na fonte*

Existe uma infinidade de reservatórios de detenção que podem ser utilizados em um lote. As condições básicas de seu dimensionamento são:

- ✓ Limite da vazão de saída da área;
- ✓ Volume que permitirá o controle da vazão da saída.

Além da limitação da legislação existem as restrições físicas:

- ✓ Cota da rede pluvial;
- ✓ Cota do terreno.

Em alguns casos, a cota da rede pluvial limita a profundidade de escavação e a cota onde o conduto de saída deve se posicionar, considerando a sua declividade. Com base nesta profundidade de escavação será determinada a área necessária para atender ao volume do reservatório. Quando não existir esta restrição, pode-se otimizar as dimensões do mesmo.

Este volume pode ser distribuído de forma enterrada, com abertura para limpeza, ou aberto na forma de gramados ou mesmo áreas pavimentadas, desde que a sua saída atenda a exigência de manutenção da vazão limite na saída do lote.

Geralmente, os dispositivos abertos, quando possível são os mais recomendados, pois podem integrar-se ao paisagismo da área com custo menor que as detenções enterradas, além de facilitar a limpeza das folhagens que a drenagem transporta. Algumas das áreas típicas que podem ser utilizadas para detenção na fonte são: áreas de estacionamento, parques e passeios.

A seguir é descrita a metodologia para dimensionamento das estruturas de armazenamento para a cidade de Joinville / SC, que regulamenta aspectos relativos ao controle na fonte. A formulação apresentada foi embasada com os valores determinados nos estudos apresentados no item 6.5 e 6.6.

A metodologia apresentada a seguir compreende uma fase de verificação hidráulica, visto que a simples determinação do volume necessário, não garante o adequado funcionamento hidráulico da estrutura.

### ***Determinação da vazão máxima de saída do lote***

A vazão de fuga / restrição é determinada a partir da área impermeável do lote ou loteamento, para áreas de até 100 ha, segundo as equações apresentadas abaixo.

#### **✓ Pequenas Bacias de Jusante**

$$\diamond Q_f = 1,5.A_{imp.}$$

#### **✓ Demais Bacias**

$$\diamond Q_f = 1,6.A_{imp.}$$

onde:

$Q_f$ : vazão de fuga (l/s);

$A_{imp}$ : toda área impermeável que drena a precipitação para os condutos pluviais (ha)

### ***Determinação do volume de armazenamento***

O volume de armazenamento para as áreas de drenagem menores ou iguais a 100 ha deve ser determinado com a equação abaixo

#### **✓ Pequenas Bacias de Jusante**

$$\diamond V = 3,6.A_{imp}$$

#### **✓ Demais Bacias**

$$\diamond V = 5,2.A_{imp}$$

onde:

V: volume de necessário para armazenamento ( $m^3$ );

$A_{imp}$ : toda área impermeável que drena a precipitação para os condutos pluviais (ha)

Para áreas maiores que 100 ha, é necessário um estudo hidrológico específico.

### ***Determinação da altura disponível para armazenamento***

Existem várias formas de armazenamento, desde um cubo, cilindro, e outras formas adaptadas ao espaço disponível. A altura do reservatório de armazenamento pode ser condicionada, em alguns casos, pela disponibilidade de cota para conexão do reservatório à rede de drenagem pluvial pública. Neste caso, há necessidade de projetar a cota de fundo do reservatório de forma adequada; ou seja, a cota de fundo do reservatório sempre deve ficar acima da cota de conexão com a rede de drenagem pluvial pública. Esta medida evitar possíveis inversões de fluxo no sistema, ou seja, a água da rede pluvial entrar no reservatório. Conhecidos estes condicionantes físicos, determina-se a altura (H) que pode ser utilizada para o dimensionamento do reservatório. Esta altura corresponde à diferença entre a cota de fundo do reservatório e a cota de topo da estrutura. A área em planta da estrutura de armazenamento é determinada segundo a equação:

onde:

$A_{planta}$ : área em planta do reservatório ( $m^2$ );

V: volume de armazenamento necessário ( $m^3$ ), determinado através da equação 6.28;

H: altura do reservatório (m).

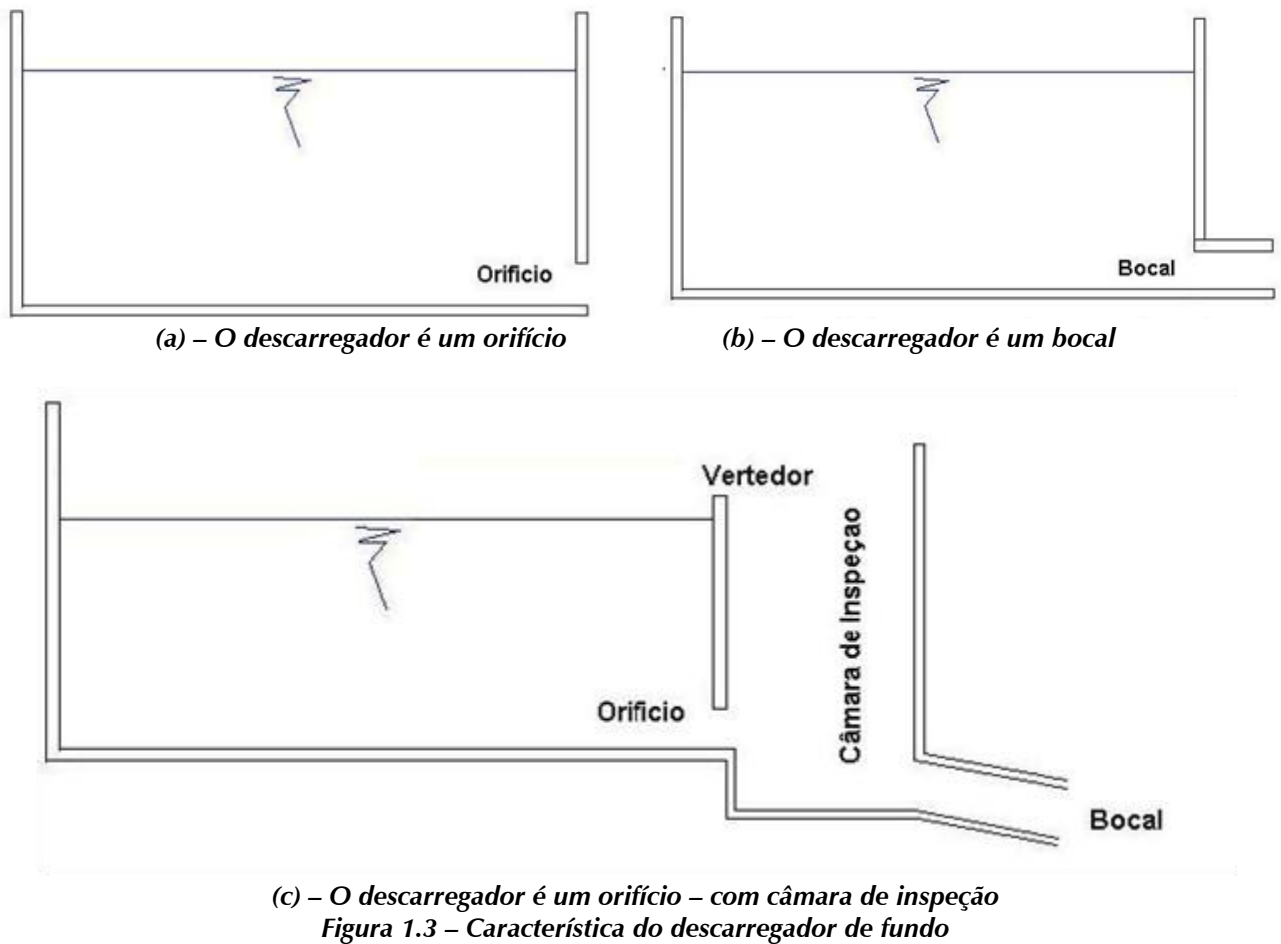
Caso não haja limitação de altura para a implantação do reservatório, o critério utilizado para o dimensionamento pode ser a disponibilidade de área em planta para a implantação da estrutura. Desta forma, conhecendo a área disponível, deve-se determinar a altura do reservatório segundo a equação abaixo:

A seguir é apresentado o procedimento para o dimensionamento do descarregador de fundo. Deve-se considerar que a vazão de saída pelo descarregador é função da carga hidráulica no reservatório; portanto, quanto maior a altura do reservatório, menor será a seção transversal do descarregador.

### ***Determinação da seção do descarregador de fundo***

O descarregado de fundo deve ser instalado no reservatório de forma a permitir a liberação gradual da água armazenada. Deve-se instalar o descarregador junto ao fundo do reservatório, evitando assim o acúmulo de água no interior da estrutura. Recomenda-se ainda, que para não haver obstrução do descarregador, seja colocada uma grade antes do mesmo.

Dependendo do tipo de descarregador utilizado, ele pode funcionar como um orifício, ou seja, uma simples abertura na parede lateral do reservatório; ou como um bocal, onde existe um tubo que faz a drenagem para fora da estrutura. Em casos onde o reservatório é fechado, e utiliza-se um vertedor de emergência, em geral utiliza-se um orifício, que faz uma passagem para a segunda câmara, que serve para a inspeção e limpeza. Na figura 1.3 são apresentadas as situações onde o descarregador funciona como orifício (1.3 a) e como bocal (1.3 b); na figura 1.3 c é apresentado o modelo com câmara de inspeção.



Caso o descarregador de fundo a ser utilizado é circular o diâmetro pode ser determinado utilizando as equações apresentadas abaixo.

Orifício:

\_\_\_\_\_

Bocal:

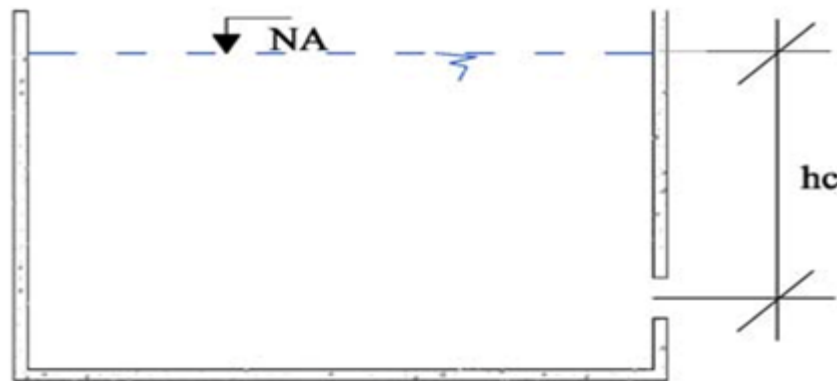
\_\_\_\_\_

onde:

$Q_f$ : vazão de fuga ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$h_c$ : diferença entre o nível máximo da água e o ponto médio da abertura da seção de saída (m) conforme figura 1.4;

$D$ : diâmetro do descarregador (m).



**Figura 1.4 – Determinação de  $h_c$  em um reservatório**

Caso a área da seção transversal tenha resultado menor que  $0,00049 \text{ (m}^2\text{)}$  ou o diâmetro menor que 25 mm, usar o diâmetro mínimo de 25 mm, ou seção transversal com esta área. Para valores maiores, aproxime sempre para o diâmetro superior.

Nas figuras 1.5 (para diâmetros até 6 cm) e 1.6 (para diâmetros maiores ou igual a 6cm) são apresentadas as curvas que fornecem o diâmetro do descarregador (bocal) em função da carga hidráulica  $h_c$  e da máxima vazão de saída permitida  $Q_f$ . As mesmas curvas são apresentadas para o caso de descarregador funcionando como orifício nas figuras 1.7 e 1.8.

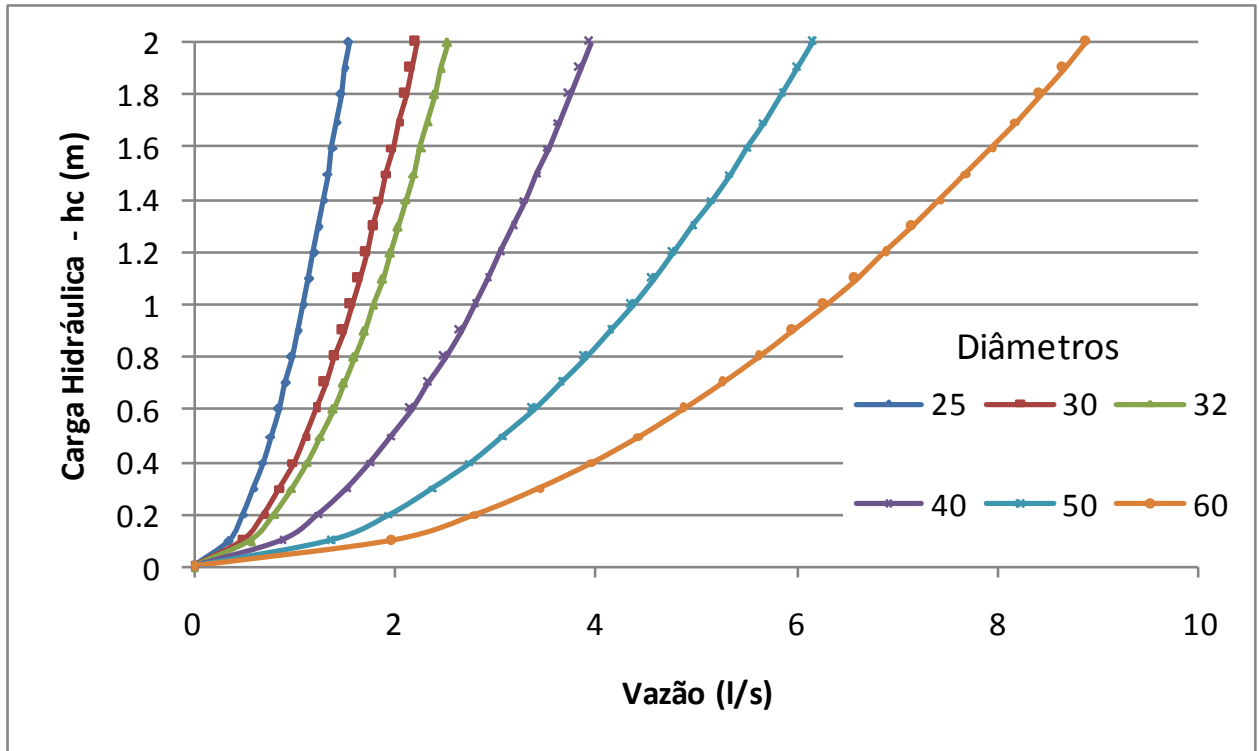


Figura 1.5 – Diâmetro dos descarregadores de fundo (bocal) em função da vazão e carga hidráulica (diâmetros até 60mm)

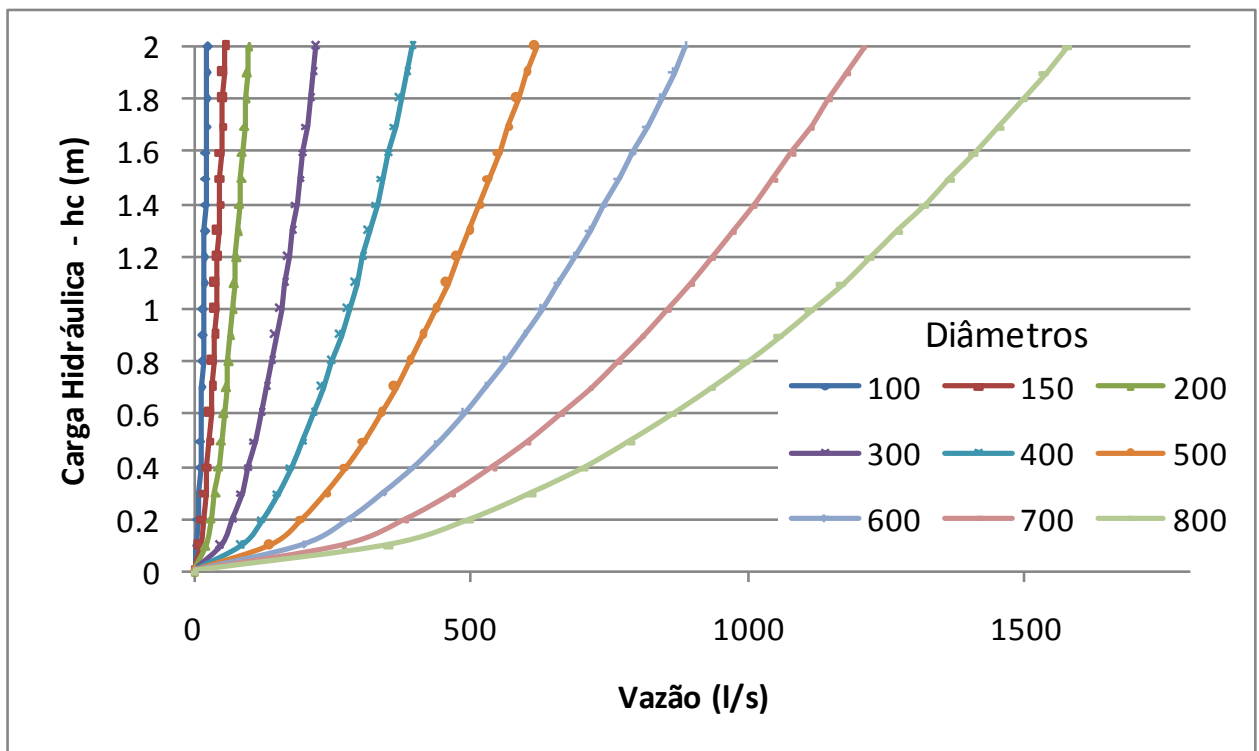


Figura 1.6 – Diâmetro dos descarregadores de fundo (bocal) em função da vazão e carga hidráulica (diâmetros maiores que 60mm)

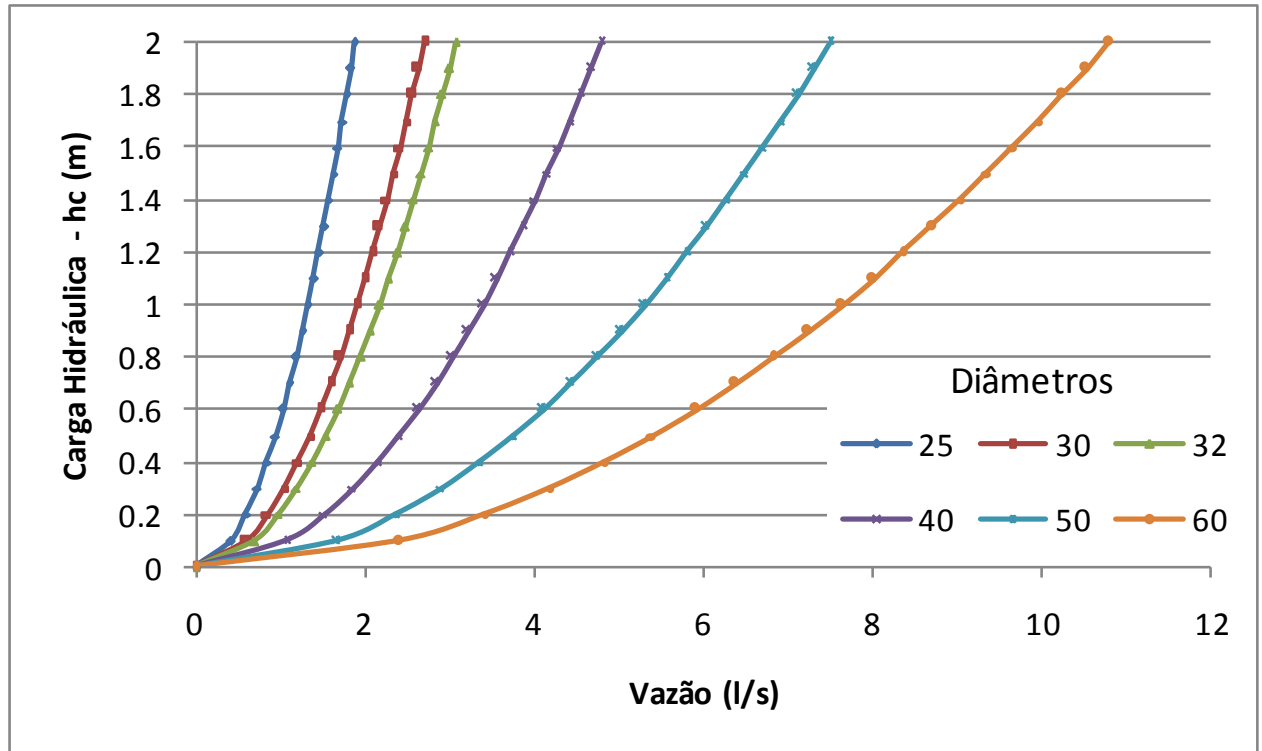


Figura 1.7 – Diâmetro dos descarregadores de fundo (orifício) em função da vazão e carga hidráulica (diâmetros até 60mm)

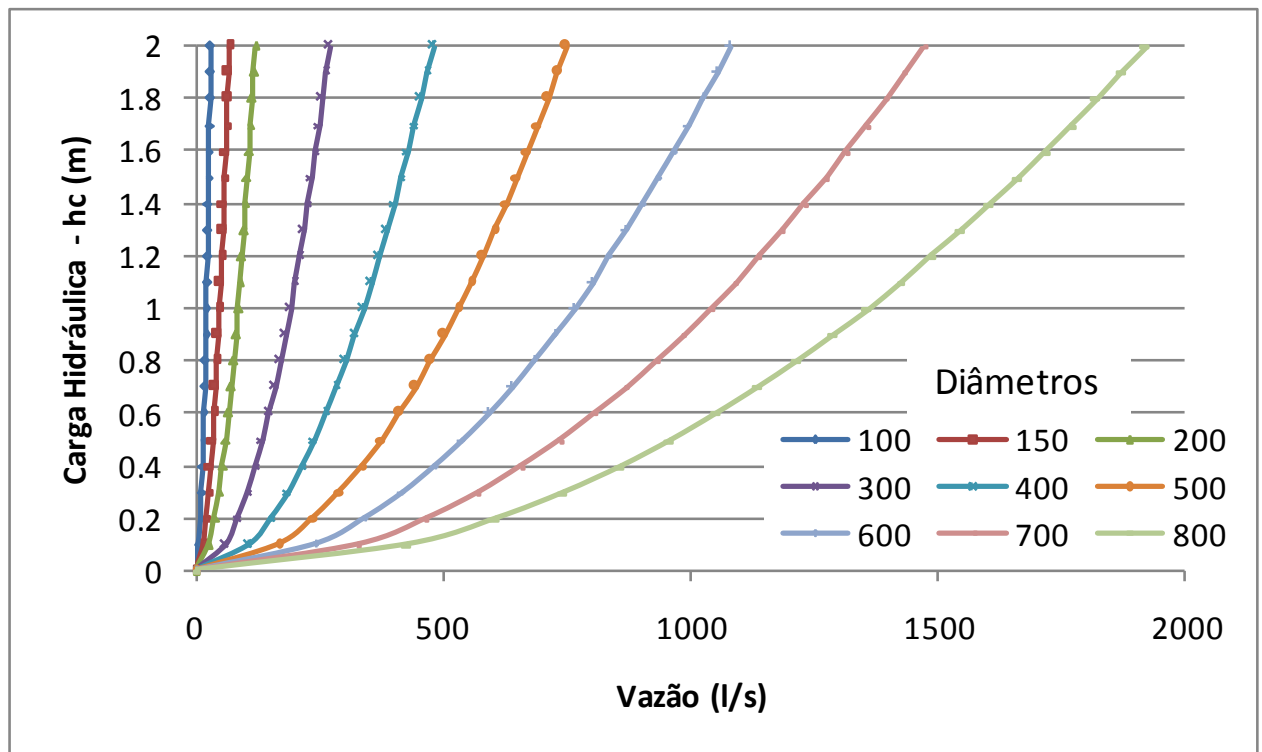


Figura 1.8 – Diâmetro dos descarregadores de fundo (orifício) em função da vazão e carga hidráulica (diâmetros maiores que 60mm)



Recomenda-se que seja utilizado o maior tamanho (diâmetro, área) possível obtido no dimensionamento do descarregador, evitando, por exemplo, a utilização de dois descarregadores. Esta medida evitará possíveis entupimentos da estrutura.

### ***Dimensionamento do vertedor de excessos***

O vertedor de excessos, como o próprio nome sugere, tem a finalidade de escoar o excesso de água que entra no reservatório, quando ocorrem chuvas com intensidade superior à utilizada no dimensionamento.

Recomenda-se no entanto, que o dimensionamento do vertedor seja feito somente quando o extravasamento do reservatório possa provocar danos na propriedade. Na maioria dos casos este dispositivo é desnecessário, visto que a água fica acumulada nas superfícies por um curto período de tempo.

O vertedor, de acordo com aspectos construtivos utilizados, podem ser de paredes delgadas ou de parede espessa. Esta classificação é:

✓ Parede delgada:  $e < 2/3 \cdot h_{\max}$ ,

✓ Parede espessa:  $e \geq 2/3 \cdot h_{\max}$

onde  $e$  é a espessura da parede do vertedor; e  $h_{\max}$  é a carga máxima desejada no vertedor. Recomenda-se a utilização de  $h_{\max} = 5$  cm. Assim, o vertedor será de parede delgada quando a espessura da parede for menor ou igual a 3 cm, e de parede espessa quando a espessura for maior que 3 cm.

A vazão de descarga do vertedor ( $Q_v$ ), deve ser determinada a partir da equação (Método Racional).

onde:

$Q_v$  : vazão de descarga do vertedor ( $m^3/s$ );

C: coeficiente de escoamento da área que contribui para a estrutura (entre 0,85 e 0,95);

A: área drenada para a estrutura ( $km^2$ );

I: intensidade da precipitação (mm/h). A intensidade deve ser obtida a partir da equação IDF do local em estudo (ver R3 – Volume 2), para uma duração igual ao tempo de concentração ( $t_c$ ), com tempo de retorno de 50 anos. O tempo de concentração deve ser estimado a partir da equação de Schaake apresentada abaixo (maiores detalhes podem ser encontrados no Relatório R3 – Volume 2).

onde:

$t_c$ : tempo de concentração (minutos);

$S$ : declividade (m/m);

$L$ : comprimento do escoamento (m);

$A_{imp}$ : Área Impermeável (%).

Quando não existirem contribuições externas, a área contribuinte for, no máximo de 1 ha, e a declividade média for menor ou igual a 0,2 m/m, o tempo de concentração inicial não deve ser calculado pela formulação acima, mas sim adotado igual a 5 minutos.

As equações utilizadas para o dimensionamento do vertedor estão apresentadas abaixo:

Vertedor de parede delgada

---

Vertedor de parede espessa

---

onde:

$L_v$  : comprimento da crista do vertedor (m);

$Q_v$  : vazão de descarga do vertedor ( $m^3/s$ );

$h_{máx}$  : carga sobre o vertedor (m);

$C_v$  : coeficiente de descarga do vertedor.

Recomenda-se usar  $C_v=0,64$ , para vertedores de parede delgada, e  $C_v=0,86$  para vertedores de parede espessa.

O procedimento de cálculo apresentado pode ser utilizado para o dimensionamento das outras estruturas compensatórias de detenção. Para o município de Joinville as técnicas de infiltração não são recomendadas uma vez que o solo da bacia possui baixo potencial de infiltração e o lençol freático é elevado.