

### 1) Reservatório de amortecimento de cheias

É uma estrutura que acumula temporariamente as águas pluviais com a função de amortecer as vazões de cheias e reduzir os riscos de inundações a jusante. Os reservatórios de amortecimento podem ser *em linha* ou *lateral* de acordo com seu posicionamento em relação ao canal que contribui para o reservatório.

O reservatório *em linha* é posicionado ao longo do canal. Possui uma estrutura de barramento dotada de um descarregador de fundo e extravasor. A capacidade do descarregador é limitada à capacidade do trecho de canal a jusante. O extravasor funciona como um dispositivo de segurança para vazões superiores à vazão de projeto.

O reservatório *lateral* é implantado ao lado do canal e recebe a vazão excedente por um vertedor lateral. O nível da soleira do vertedor é definido em função do nível máximo admitido no canal e as suas dimensões são determinadas em função da vazão excedente a ser lançada no reservatório. A descarga do reservatório lateral pode ser feita por gravidade, através de válvulas de retenção que se abrem quando o nível do canal baixa. Pode também ser realizada por bombeamento quando o nível do fundo do reservatório estiver abaixo do nível do fundo do canal.

Quando mantido seco na estiagem, o reservatório é chamado de reservatório (ou bacia) de *detenção*. Quando o reservatório mantém um volume permanente de água, é chamado de reservatório (ou bacia) de *retenção*.

### 2) Parque linear ribeirinho

Parque implantado em uma faixa ao longo de um rio, córrego ou canal. Tem múltiplas funções, sendo a principal delas, proteger a zona ribeirinha contra ocupações irregulares que possam vir a confinar o corpo de água e reduzir a largura da área destinada à inundação.

Dentre as outras funções que um parque linear pode ter, destacam-se: restauração de várzeas, proteção das margens contra erosão, recomposição da vegetação ciliar, redução da velocidade de escoamento com a redução dos picos de cheias, redução da poluição difusa, área de lazer e incremento da área verde.

Recomenda-se que os parques lineares abranjam as áreas de preservação permanente (APPs) conforme estabelecidas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 e disposições complementares.

### 3) Parque isolado associado a reservatório de amortecimento de cheias ou área para infiltração de águas pluviais

Trata-se de um parque situado em posição estratégica na bacia hidrográfica que tem como finalidade aumentar a área permeável e amortecer as vazões de cheias reduzindo, assim a necessidade de ampliar a capacidade do sistema de drenagem à jusante.

O parque isolado deve ser concebido de modo a promover a infiltração das águas de chuva e contar com lagos que, além da função ornamental, devem ser projetados para amortecer o escoamento.

Assim como os parques lineares, os parques isolados possuem múltiplas funções: ampliação da área verde, aproveitamento de áreas passíveis de invasão, recarga do aquífero subterrâneo, área de contemplação e lazer para a população.

#### **4) Restauração de áreas úmidas (várzeas)**

São obras que visam recompor as áreas de inundação natural de rios e córregos. Podem ser associadas aos parques lineares e se aplicam geralmente às áreas ribeirinhas alteradas ainda não densamente ocupadas.

A restauração de áreas úmidas é importante para restabelecer as áreas naturais de inundação com efeitos positivos na redução das inundações a jusante, na redução das cargas poluidoras de fontes difusas e à restauração do ecossistema ribeirinho.

#### **5) Banhados construídos (“wetlands”)**

Wetlands são zonas de transição situadas no trajeto das águas que escoam por uma bacia, entre as regiões mais altas e os talvegues. Incluem pradarias úmidas, mangues, pântanos, charcos e várzeas. As wetlands abrigam flora e fauna típicas de solos inundados ou saturados favorecendo, por isso, o desenvolvimento de um rico ecossistema.

As wetlands funcionam como uma espécie de filtro natural, retendo e transformando sedimentos, absorvendo nutrientes e purificando a água. Este processo é o resultado de dezenas de transformações físicas e biológicas, incluindo sedimentação, absorção, adsorção, mineralização, e transformações microbiológicas. Os processos naturais de tratamento em uma wetland são movidos pela energia solar e eólica. Para muitos poluentes a capacidade de tratamento é renovada continuamente, o que faz com que funcionem como sistemas ecológicos praticamente auto-sustentáveis, exigindo muito pouca manutenção.

As wetlands construídas podem ter capacidade de assimilação de poluentes igual ou maior que as wetlands naturais. Além disso, funcionam como bacias de retenção e de infiltração, reduzindo as vazões e os volumes de cheia.

Entre as principais funções de uma wetland, destacam-se:

- Tratamento de efluentes secundários ou de águas poluídas do sistema de drenagem, promovendo a melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos à jusante;
- Controle de cheias;
- Aumento da recarga do aquífero;
- Restauração de ecossistemas naturais;
- Criação de áreas verdes e de áreas de contemplação;
- Promoção de educação ambiental por meio de visitas monitoradas.

Além dessas finalidades, a implantação de wetlands é uma maneira eficiente de ocupar regiões que sofrem forte pressão da expansão urbana.

#### **6) Restauração de margens**

Refere-se à estabilização e recomposição de margens de rios e canais rompidas pelo efeito da erosão, *piping*, sobrecarga do maciço, colapso de estruturas de contenção, dentre outros motivos.

Os serviços de restauração de margens incluem: retaludamento, revegetação, revestimento e estruturas de contenção. Deverá ser dada preferência a soluções que não envolvam estruturas pesadas. Sempre que for viável deverão ser utilizadas técnicas de reanaturalização, procurando-se recompor as condições naturais do corpo de água.

## **7) Recomposição de vegetação ciliar**

Consiste na recuperação da vegetação ao longo da faixa de APP quando a vegetação tiver sido removida por ação antrópica.

A recomposição poderá ser feita através do plantio de espécies originais da região ou pelo isolamento da área, após a remoção das espécies exóticas, para que a vegetação se recomponha naturalmente.

## **8) Renaturalização de rios ou córregos**

Trata-se de técnica ainda pouco utilizada no Brasil, mas muito difundida em outros países. Pode ser aplicada em conjunto com a implantação de parques lineares e consiste em promover as condições necessárias para que o curso de água recupere suas condições naturais. Os benefícios principais alcançados com essa técnica são a redução dos picos de cheia, a diminuição dos processos erosivos, a melhoria da qualidade da água e o restabelecimento do ecossistema.

## **9) Contenção de encostas instáveis**

Consiste em obras de recuperação e estabilização de encostas instabilizadas pela ação das águas pluviais. Abrangem: retaludamento, revestimento de taludes, muros de arrimo e readequação do sistema de drenagem na área de intervenção.

## **10) Bacias de contenção de sedimentos**

São reservatórios ou tanques implantados em pontos estratégicos do sistema de drenagem (geralmente nos pontos de quebra de greide ou de inflexão de declividade) que, através da redução da velocidade de escoamento, promovem a sedimentação dos sólidos suspensos nas águas pluviais.

## **11) Dissipadores de energia**

São estruturas que têm como finalidade a redução da energia do escoamento para proteger, contra a erosão, os trechos a jusante de trechos canalizados.

Os dissipadores de energia são recomendados nos seguintes casos:

- Desemboque de galerias, canaletas, bueiros, escadas hidráulicas ou canais em rios ou córregos naturais;
- Transição entre trechos canalizados e não canalizados;
- Em todos os demais casos onde houver risco de erosão por alteração no regime antecedente de escoamento.

## **12) Adequação de canais para retardamento do escoamento**

Consiste em intervenções na calha de canais com a finalidade de reduzir a velocidade do escoamento e, assim retardar os picos de cheia, reduzindo os riscos de inundação a jusante.

Este tipo de intervenção inclui as seguintes obras:

- Soleiras submersas: barramentos instalados abaixo da linha de água que promovem a elevação do nível de água;
- Degraus: que reduzem a declividade do canal;
- Aumento da rugosidade do revestimento;
- Ampliação da seção e redução da declividade;

### **13) Desassoreamento de rios e canais;**

Obras de limpeza e remoção de sedimentos acumulados para o aumento da capacidade de escoamento.

O projeto das obras de desassoreamento deve cuidar para que não haja desestabilização das margens e deve ser precedido de estudos de controle dos impactos a jusante, decorrentes do aumento da capacidade hidráulica do rio ou canal.

### **14) Sistema de galerias de águas pluviais quando associadas a obras ou ações não-estruturais que priorizem a retenção, o retardamento e a infiltração das águas pluviais;**

Os sistemas convencionais de galerias de águas pluviais, embora reduzam as inundações das áreas onde são implantados, têm a propriedade de acelerar e concentrar o escoamento. Como consequência, provocam impactos negativos a jusante transferindo as inundações para jusante e acelerando os processos de erosão. Para compensar esse efeito sistemas de galerias devem ser implantados em conjunto com outras medidas de controle (estruturais e não-estruturais) que promovam a retenção, o retardamento e a infiltração das águas pluviais e que mitiguem os impactos negativos.

### **15) Canalização de córregos quando associada a obras e ações não-estruturais que priorizem a retenção, o retardamento e a infiltração das águas pluviais;**

Da mesma forma que os sistemas de galerias, a canalização de córregos pode causar a transferência de inundações para jusante além de outros impactos negativos e, portanto são necessárias medidas mitigadoras que reduzam esses impactos.

### **16) Sistemas para reuso das águas pluviais;**

São sistemas que permitem a reutilização das águas pluviais armazenadas em reservatórios de amortecimento ou microrreservatórios. As utilizações típicas são: lavagem de pisos, rega de jardins, bacias sanitárias, circuitos industriais de refrigeração e outros usos que não exijam a utilização de água potável.

Para o reuso das águas pluviais é recomendável um pré-tratamento cuja capacidade de remoção de poluentes deve ser estabelecida a partir da qualidade das águas utilizadas e da qualidade requerida pelo uso.

### **17) Obras de microdrenagem**

#### **- Canaletas gramadas ou ajardinadas**

São valas vegetadas abertas no terreno que funcionam como pequenos canais onde o escoamento pluvial é desacelerado e infiltrado durante o percurso. Substituem canaletas de concreto e galerias de águas pluviais em parques e loteamentos com a vantagem de reduzir os picos das vazões lançadas no sistema de drenagem, além de produzir um efeito paisagístico mais interessante.

#### **- Valas de infiltração**

Têm as mesmas características básicas e usos das canaletas gramadas ou ajardinadas, com a diferença de que são dotadas de dispositivos que promovem o aumento da infiltração. Esses dispositivos consistem em pequenos barramentos transversais que desaceleram o escoamento, aumentam o tempo de retenção e, conseqüentemente, aumentam a capacidade de infiltração.

Os efeitos esperados das valas de infiltração só são significativos para declividades menores de 5%. Em regiões sujeitas à chuvas de alta intensidade, a eficiência das valas pode ser limitada em função da velocidade de saturação do

solo. Já em regiões onde há chuvas muito freqüentes, mesmo que de baixas intensidades, deve-se atentar para os riscos de proliferação de insetos.

#### - **Trincheiras de infiltração**

As trincheiras de infiltração são dispositivos lineares que captam o escoamento superficial para promover sua infiltração no solo natural. Existe uma variante, denominada trincheira de retenção, que é adaptada para solos pouco permeáveis e que é dotada de um extravasor que direciona o excesso de água para um exutório localizado.

A trincheira é escavada no solo e preenchida com brita com alto índice de vazios. Pode ser descoberta ou coberta com vegetação ou outro revestimento permeável (é possível projetá-las de forma a serem “invisíveis” no arranjo urbanístico). As paredes, o topo e o fundo da trincheira são revestidos por um filtro geotêxtil para evitar penetração de sedimentos.

Opcionalmente, o fundo da trincheira poderá receber uma camada de areia filtrante ao invés da manta geotêxtil. A água recolhida infiltra pelas paredes e pelo fundo e exige que o solo tenha capacidade de infiltração adequada.

A trincheira de infiltração tem como função principal abater descargas de pico de um escoamento superficial e promover a recarga do aquífero. Mas outra função importante é a de promover o tratamento das águas superficiais pela infiltração no solo.

As trincheiras de infiltração devem ser dispostas a jusante de áreas pavimentadas com estacionamentos, ruas e calçadas.

#### - **Poços de infiltração**

São poços que captam as águas pluviais e as infiltram no solo, funcionando como uma espécie de sumidouro. Podem ser preenchidos ou não com pedra britada.

No primeiro caso, a própria brita forma a estrutura do poço, o que dispensa a construção de paredes. Para isolar o solo da brita, são utilizadas mantas geotêxteis ou filtros de areia. Nesse tipo de poço a água se acumula nos vazios até se infiltrar, por isso quanto maior for o índice de vazios do agregado utilizado, maior é a capacidade de reservação do poço.

No segundo caso, o poço é construído com estruturas, obtendo-se assim um volume útil maior. As paredes possuem orifícios, devidamente protegidos por filtros, por onde a água é infiltrada no solo. Esse tipo de poço, por não ser preenchido, tem maior capacidade de acumulação por unidade de volume.

Quando a camada superficial de solo é pouco permeável o poço pode ser aprofundado até atingir uma camada de solo mais favorável à infiltração. Quando o fundo do poço está abaixo do nível do aquífero, passa-se a chamá-lo de poço de injeção pois a água captada é injetada diretamente no lençol subterrâneo.

Poços de infiltração (ou de injeção) possuem a capacidade de abater o escoamento superficial de alguns milhares de m<sup>2</sup>. O escoamento pode ser direcionado diretamente ao poço ou receber contribuição de outras áreas através da conexão com um conduto pluvial.

Representando uma técnica alternativa de redução e amortecimento de picos de escoamento superficial, os referidos poços integram-se muito bem à paisagem urbana, pois ocupam pouco espaço. A característica pontual faz dos poços de

infiltração ou injeção dispositivos por excelência para um controle distribuído do excesso de escoamento provocado pela impermeabilização do solo, permitindo uma economia significativa na construção de redes de drenagem convencionais.

Assim como as demais técnicas de infiltração, os poços têm também como vantagem o aumento da recarga do aquífero o que ajuda a reequilibrar o ciclo hidrológico urbano.

- **Microrreservatórios;**

São pequenos reservatórios construídos para abater as enxurradas produzidas em lotes urbanos residenciais e comerciais com área de até algumas centenas de m<sup>2</sup>. Em geral, são estruturas simples na forma de caixas de concreto, alvenaria ou outro material. Podem também ser semelhantes aos poços de infiltração preenchidos com brita, e isolados do solo por tecido geotêxtil.

Os microrreservatórios podem ser de retenção, tendo neste caso um orifício de saída, que restringe a vazão efluente, ou de infiltração.

Para ambos os tipos é recomendável prever dispositivos de emergência para evacuação das vazões que excedam a capacidade do reservatório.

Os microrreservatórios são medidas de controle normalmente implantadas por exigência da legislação de alguns municípios que impõem vazões de restrição aos novos empreendimentos.

- **Coberturas ajardinadas de edifícios**

A cobertura ajardinada é basicamente constituída por um jardim implantado em uma fina camada de terra sobre o teto impermeabilizado de uma edificação. É utilizada em lugar do telhado convencional. Portanto deve ser leve e exigir baixa manutenção. Promove o equilíbrio do ciclo hidrológico, capturando, filtrando e possibilitando a evaporação de parte da água da chuva.

Coberturas ajardinadas são utilizadas como um meio de se reduzir os efeitos da impermeabilização. Reduzem os picos de cheia, melhoram a qualidade das águas de drenagem e reduzem o fenômeno das *ilhas de calor*\* que deterioram o ambiente urbano. Além disso, proporcionam um melhor isolamento térmico em relação às coberturas convencionais, melhorando o conforto dos edifícios e reduzindo o consumo de energia de ar condicionado.

As coberturas ajardinadas são compostas das seguintes camadas:

- a) Laje dimensionada para suportar o peso adicional da cobertura;
- b) Membrana impermeável resistente à pressão exercida pelas raízes;
- c) Dreno composto de material granular ou outro tipo de camada permeável que permita o escoamento livre da água em direção aos coletores prediais;
- d) Solo vegetal (com cerca de 5 à 30 cm de espessura), de média permeabilidade.
- e) Vegetação com características apropriadas (resistência aos períodos de estiagem, alta capacidade de cobertura, auto-sustentação sem a necessidade de adubação, pesticidas ou herbicidas; resistência às variações de temperatura e aos ventos; perenidade com auto-semeadura; baixa necessidade de poda; resistência ao fogo).

---

\* Ilhas de calor são regiões caracterizadas pelo aumento da temperatura devido à impermeabilização.

## **BIBLIOGRAFIA**

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. 2005. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS. 266 p.

DENVER, Urban drainage and flood control district. 1999. In: *Urban storm drainage criteria manual - Vol 3*. Denver, CO.

CITY OF PORTLAND, Environmental Services. 2002. *Stormwater management manual - Rev. 2*. Portland, OR.

KADLEC, R.H. e R.L. KNIGHT. 1996. *Treatment Wetlands*. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL 893 pp.

ORSINI YAZAKI, L.F.L. 2005. *Análise do documento final da comissão especial para a elaboração de estudos de políticas públicas para o aumento da permeabilidade do solo urbano no Município de São Paulo*. SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, Brasília, DF.

SUDERHSA, CH2M HILL DO BRASIL. 2002. *Manual de drenagem urbana – Região metropolitana de Curitiba/PR - versão 1.0*. SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Não publicado.

TUCCI, C.E.M. e Marques, D.M.L.M. 2000. *Avaliação e controle da drenagem urbana - Volume 1*. ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 558 p.

TUCCI, C.E.M. e Marques, D.M.L.M. 2001. *Avaliação e controle da drenagem urbana - Volume 2*. ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 547 p.