

4. TIPOLOGIAS DE INFRAESTRUTURA VERDE PARA A ESCALA LOCAL

Este capítulo se destina a apresentação de algumas tipologias multifuncionais de infraestrutura verde que podem ser aplicadas à área de estudo numa etapa posterior a deste trabalho. Tais tipologias são recomendáveis à aplicação na escala local, principalmente às áreas já urbanizadas e de acordo com as especificidades de cada situação. A importância de se empregar a infraestrutura verde na escala local é a de complementar o planejamento ecológico da paisagem feito numa escala mais abrangente (como é o caso do presente trabalho), de modo que seja estabelecida uma estrutura ecológica integrada.

A incorporação das tipologias de infraestrutura verde à escala local tem por objetivo principalmente manter ou recuperar, mesmo que parcialmente, a funcionalidade da paisagem, através da mitigação das interferências antrópicas e da promoção e manutenção dos fluxos bióticos e abióticos, além de trazerem benefícios específicos para as pessoas como: melhorar a mobilidade alternativa de baixo impacto (pedestres e ciclistas), diminuir e prevenir enchentes e inundações, melhorar o micro-clima, melhorar a qualidade do ar, entre outros. (HERZOG, 2009)

Como visto nos capítulos anteriores, uma das principais funções da infraestrutura verde é solucionar problemas de drenagem. De forma que as tipologias de infraestrutura verde, em sua maioria, dão visibilidade aos processos naturais das águas. Dentre os objetivos do emprego das tipologias de infraestrutura verde para o manejo das águas pluviais, pode-se citar: proteger os corpos d'água urbanos; melhorar e garantir a qualidade das águas (remover poluentes); desacelerar, deter ou reter o fluxo de escoamento das águas pluviais; controlar as enchentes; controlar a erosão e a sedimentação; minimizar os impactos hidrológicos nas áreas urbanizadas; embelezar a paisagem; e promover a biodiversidade. (HERZOG, 2009; CINGAPURA, 2011)

As principais funções exercidas pelas tipologias de infraestrutura verde voltadas para o manejo das águas pluviais são: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), detenção, retenção, condução e infiltração: (CINGAPURA, 2011)



Purificação: As águas pluviais escoadas (*runoff*) podem ser purificadas através de um ou uma combinação dos seguintes processos de tratamento:

sedimentação; filtração ou absorção biológica. Tipologias de infraestrutura verde que cumprem esta função: todas



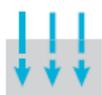
Detenção: Tem a função de desacelerar o fluxo das águas pluviais para aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. O escoamento pode ser retardado através de uma variedade de métodos, como a infiltração através da vegetação; aumentando a permeabilidade de uma área e assim diminuindo o escoamento superficial (*runoff*); ou armazenando-o temporariamente (por algumas horas) em alguma instalação local. Tipologias de infraestrutura verde que cumprem esta função: biovaletas, canteiros pluviais, interseções viárias, jardins de chuva, lagoas secas, muro vegetal, pavimentos porosos, ruas verdes e teto verde.



Retenção: O objetivo é aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. A água é retida por um longo período de tempo (em uma cisterna, bacia ou lagoa), quer para utilização numa fase posterior, ou até que esteja pronto, para ser lançado no sistema de drenagem ou nos corpos d'água. Tipologias de infraestrutura verde que cumprem esta função: alagados construídos e lagoas pluviais.



Condução: refere-se à forma pela qual o escoamento superficial é transportado e dirigido a partir do ponto inicial de chuva para a sua descarga final. Tipologias de infraestrutura verde que cumprem esta função: biovaletas e ruas verdes.



Infiltração: É o processo pelo qual a água se infiltra no solo para recarga do lençol freático e aquíferos, com o benefício adicional de purificação. Tipologias de infraestrutura verde que cumprem esta função: alagados construídos, canteiros pluviais, hortas urbanas, interseções viárias, jardins de chuva, lagoas pluviais, lagoas secas, pavimentos porosos e ruas verdes.

A incorporação das tipologias multifuncionais de infraestrutura verde às áreas já urbanizadas é feita através da renovação e adaptação das edificações e demais espaços públicos ou privados existentes. Em geral, seus custos de implantação são pequenos comparados ao custo total de uma rede de infraestrutura cinza (convencional), enquanto que os benefícios ambientais resultantes são muitos. A seguir, serão

apresentadas diversas tipologias de projeto de infraestrutura verde que podem ser associadas aos diferentes elementos já construídos e empregados na área de estudo. (HERZOG, 2009; CINGAPURA, 2011)

a) Alagado construído

O uso do alagado construído é amplamente adotado em muitos ambientes urbanos, e devem ser construídos com atenção aos padrões de drenagem decorrentes das alterações urbanas. Os alagados construídos são áreas alagadas que recebem as águas pluviais, promovem a retenção e a remoção de contaminantes. Consistem em uma extensa superfície vegetada que é coberta por água, normalmente com pouca profundidade, e geralmente são formados por três partes:

- Uma zona de entrada, concebida como uma bacia de sedimentação para remover os sedimentos grossos e de médio porte;
- A zona macrófita: uma área rasa com muita vegetação para remover partículas finas e poluentes solúveis;
- Um canal de “bypass” de alto fluxo, para proteger a zona de macrófitas.

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), retenção e infiltração.

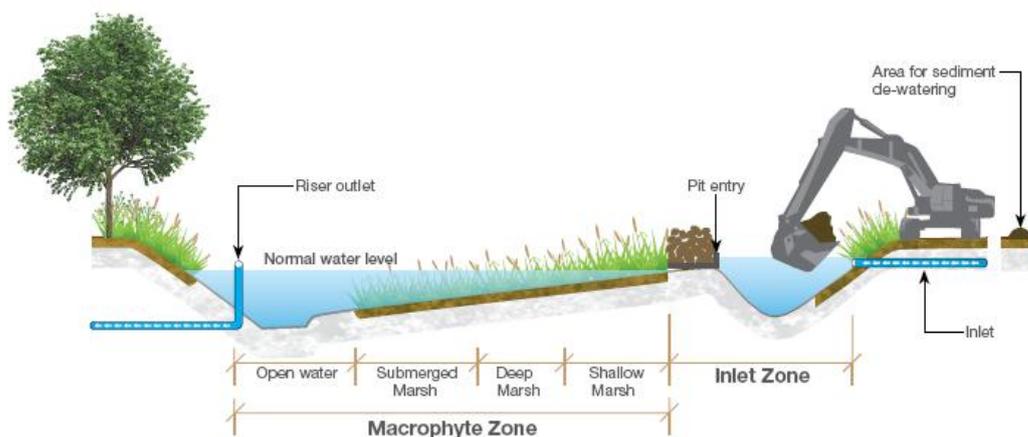


Figura 1: Seção típica de um alagado construído. Fonte: Cingapura, *ABC Waters Design Guidelines*, 2011.

Podem ser construídos em diferentes escalas, desde o edifício a parques e até a escala de grandes sistemas regionais. O tamanho do alagado construído é dimensionado de acordo com o volume da contribuição de água captada, o que faz da sua aplicação

muito versátil. Em áreas altamente urbanizadas eles podem ter um limite e uma forma rígidos e ser parte integrante da paisagem urbana ou em pátios dos edifícios. Nas escalas regionais, eles podem ser bastante grandes ocupando área relativas a alguns hectares e podem fornecer habitat significativo para a vida silvestre. (CINGAPURA, 2011)



Figuras 2 e 3: Exemplos de alagados construídos. Fonte: MARTIN, 2011.

b) Bioengenharia

A bioengenharia complementa e melhora métodos da engenharia tradicional. Consiste em estruturas biotécnicas voltadas, em geral, a estabilização do solo, que combinam vegetação com materiais de construção tradicionais (blocos de concreto, mantas geotêxteis etc.). Suas principais aplicações são direcionadas para o reforço de locais de instabilidades, como encostas e margens de rios.

Soluções de bioengenharia oferecem múltiplos benefícios, como: aumento na estabilidade das encostas através do reforço e drenagem do solo pelas raízes; proteção contra erosão superficial; melhora do regime hídrico do solo através da interceptação, evapotranspiração e armazenamento; criação e provisão de habitats para a fauna e flora locais; emprego de materiais biodegradáveis; redução dos custos de construção e manutenção; estética naturalizada, entre outros. Dentre as diversas técnicas de bioengenharia, pode-se citar: gabiões vegetados (estruturas armadas preenchidas por pedras em forma de “caixa”, flexíveis e drenantes combinadas com vegetação) ou, estacas vivas, muros de pedra vegetados, etc. (ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antonio José Teixeira, 2008)

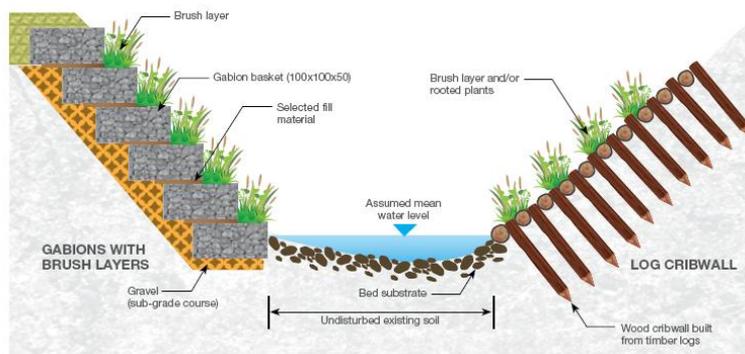
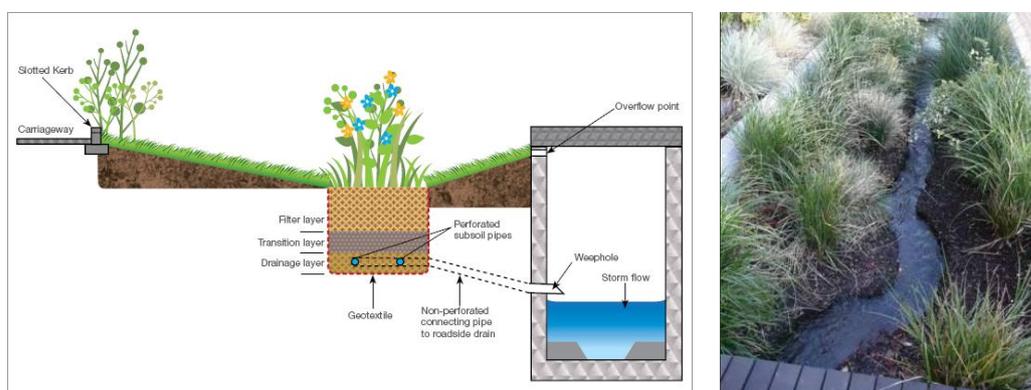


Figura 4: Técnica de bioengenharia para estabilização de margem de rio.
Fonte: MARTIN, 2011; CINGAPURA, 2011.

c) Biovaleta ou vala bioretentora

São valas vegetadas ou jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e estacionamentos, que recebem as águas do escoamento superficial, muitas vezes contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneus, partículas de poluição e demais detritos, que são purificadas pela sedimentação, filtração e absorção biológica e então infiltradas. A água infiltrada é então coletada por tubos perfurados localizados no subsolo e encaminhadas para os cursos d'água a jusante. Suas principais funções são: promover um pré-tratamento da água através da sedimentação, filtração e absorção biológica; deter a água da chuva e assim reduzir o *runoff*, além de servir como elemento estético. (HERZOG, 2009 pág. 141; MARTIN, 2011; CINGAPURA, 2011)

Funções hídricas: detenção, purificação (sedimentação, filtração, absorção biológica) e condução.



Figuras 5 e 6: Biovaleta: detalhe e aplicação. Fonte: MARTIN, 2011; Cingapura. *ABC Waters Design Guidelines*, 2011.

d) Canteiro pluvial

São jardins de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados nas ruas ou em edifícios, para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis. Benefícios: retenção e filtragem preliminar de água, infiltração, diminuição do escoamento superficial (*runoff*), promoção da biodiversidade, moderação da ilha de calor, evapo-transpiração, captura de carbono, entre outros (HERZOG, 2009; MARTIN, 2011; CINGAPURA, 2011)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), retenção e infiltração.



Figuras 7, 8 e 9: Exemplos de canteiros pluviais. Fonte: MARTIN, 2011.

e) Hortas urbanas

Muito disseminada pelo tema da agricultura urbana, as hortas urbanas podem ser também consideradas como uma tipologia da infraestrutura verde. Além dos benefícios e funções comumente prestados pela vegetação, seu principal benefício é tornar as áreas verdes em áreas produtivas, além de resgatar a relação do cidadão com o alimento. Podem ser plantadas em espaços residuais, áreas não ocupadas ou até em fachadas e tetos verdes, e podem possuir diversos tamanhos. Podem ser hortas comunitárias ou particulares, e o ideal é que o cultivo seja feito sem agrotóxicos. (HERZOG, 2009; <http://inverde.wordpress.com>)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica) e infiltração.



Figuras 10, 11 e 12: Hortas urbanas sob torres de transmissão. À direita, horta urbana comunitária, e à esquerda, antes e depois.

Fonte: <http://inverde.wordpress.com/agricultura-urbana/> acesso em 25 de Julho 2011.

f) Interseções viárias

São ilhas de distribuição de trânsito viário com áreas vegetadas em seu interior. Suas funções vão além da organização viária, além de serem utilizadas para diminuir a velocidade de circulação de veículos e dar mais segurança a pedestres e ciclistas, podem ser aproveitadas para coletar águas das chuvas, para o plantio de espécies nativas – proporcionando habitat de avi-fauna e micro-fauna – amenizar o micro-clima e criar melhoria do visual estético. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), detenção e infiltração.



Figura 13: Exemplo de interseção viária. Fonte: HERZOG, 2009.

g) Jardim de chuva ou pequenas bacias bioretentoras

São jardins em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes. Podem ser incorporados de maneira relativamente fácil e

integrar de forma eficaz os sistemas de drenagem urbanos. Não só para fins de detenção (para diminuir o fluxo de água para os bueiros e canais), mas também como uma forma de purificação das águas pluviais antes de serem descarregadas nos cursos d'água receptores, além de proporcionar benefícios provenientes da vegetação, como: manutenção da biodiversidade, aumento da evapotranspiração, moderação de ilha de calor e captura de carbono. (HERZOG, 2009; CINGAPURA, 2011)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração, absorção biológica), detenção e infiltração.

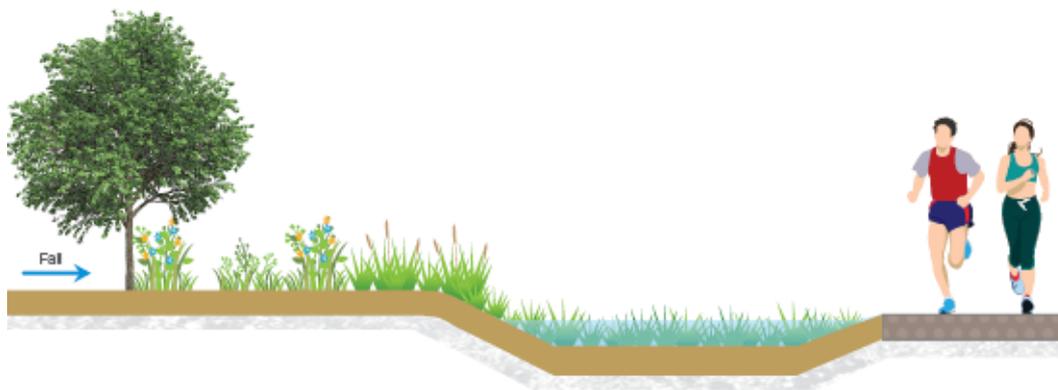
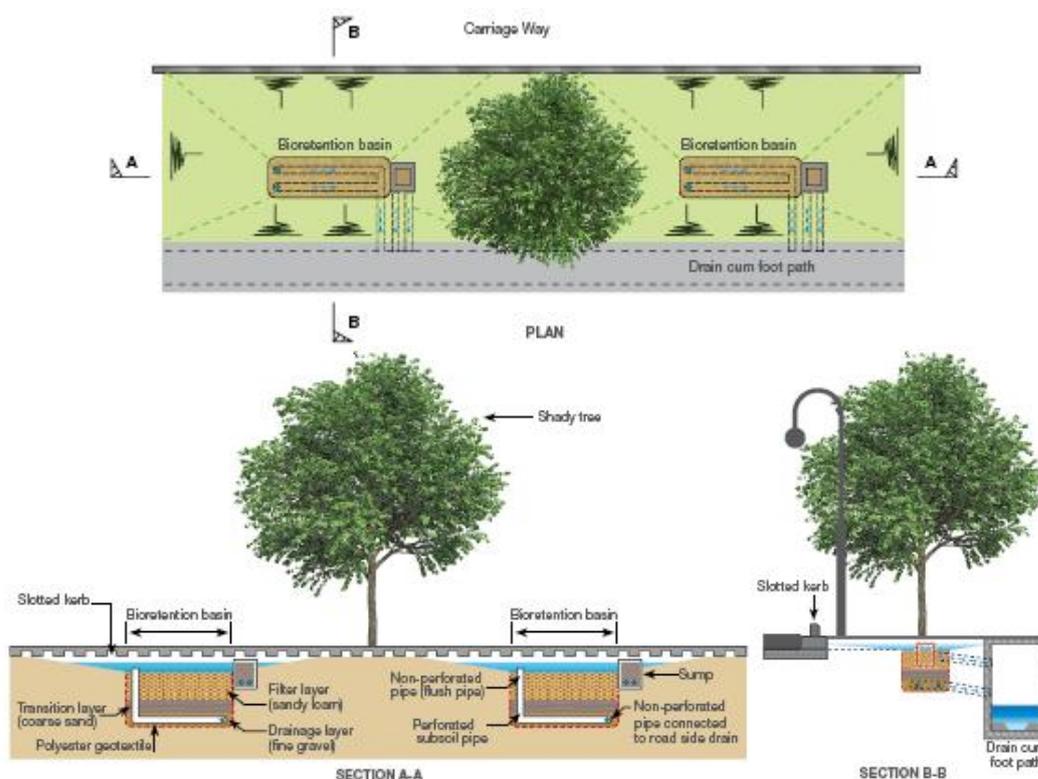


Figura 14: Jardim de chuva. Fonte: Cingapura. *ABC Waters Design Guidelines*, 2011.



Figuras 15, 16 e 17: Planta baixa e seções de bacias bioretentoras aplicadas ao longo de via. Fonte: Cingapura. *ABC Waters Design Guidelines*, 2011.

h) Lagoa pluvial

A lagoa pluvial funciona como uma bacia de retenção integrada ao sistema de drenagem destinada a acomodar o excesso de água das chuvas e evitar inundações. Constitui numa lagoa, cuja capacidade de água é superior ao volume d'água permanente, onde a capacidade de armazenamento é o volume entre o nível permanente de água e o nível de transbordamento. Contribui ainda como habitat para a fauna, ajuda a purificar a água e favorece a recarga de aquíferos. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), retenção e infiltração.

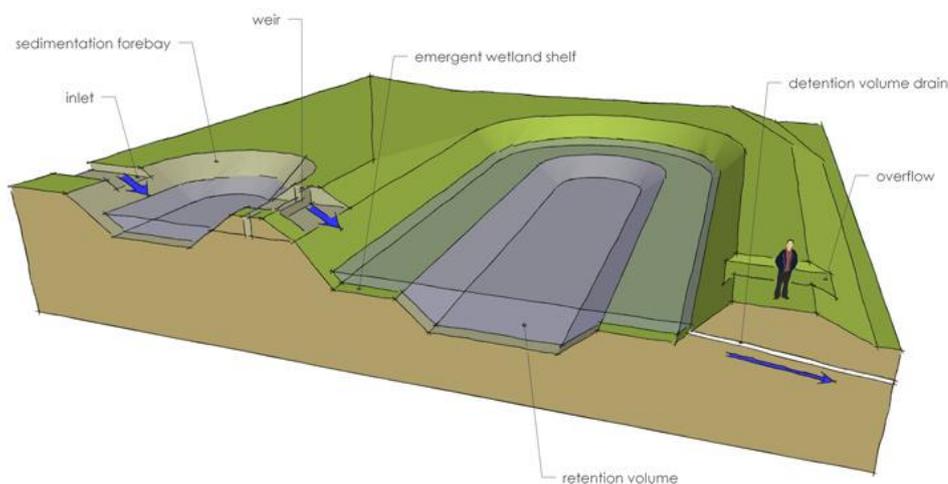


Figura 18: Lagoa pluvial. Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008 *apud* HERZOG, 2009.

i) Lagoa seca ou bacia de detenção

Consiste em uma depressão vegetada que durante as chuvas recebe as águas, contribuindo para a diminuição do escoamento superficial (grande responsável pelas inundações), retardando a entrada das águas no sistema de drenagem e possibilitando a infiltração com a recarga de aquíferos. Pode ser projetada em diversos pontos da bacia de drenagem, localizando-se, por exemplo, ao longo de vias, rios, em parques lineares ou em jardins públicos ou privados. Em tempos secos, pode ser usada para atividades diversas, principalmente as de lazer, por exemplo, como campo de futebol gramado. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), detenção e infiltração.



Figuras 19 e 20: Exemplos de lagoa seca.

Fonte: http://www.sustainabilityworkshop.com/prod_suds.html (acesso em 25/07/2011);
http://www.abbey-associates.com/splash-splash/picture_gallery.html (acesso em 25/07/2011).

j) Muro vegetal

Ideal para locais com pouca área disponível, o muro vegetal pode ser projetado tanto em muros particulares quanto em grandes fachadas. Dentre seus benefícios estão: conforto térmico no interior da edificação, diminuição da ilha de calor (menos reflexão), biodiversidade, detenção de águas da chuva e retardamento de sua entrada no sistema, filtragem e despoluição das águas e do ar. (HERZOG, 2009).

Funções hídricas: purificação (absorção biológica) e detenção.



Figura 21: Fachada vegetal. Fonte: CINGAPURA, 2011.

l) Pavimentos porosos

Os pavimentos porosos ou drenantes são uma solução para reduzir a impermeabilidade das superfícies urbanas, uma vez que permitem a infiltração das águas pluviais. Seu principal benefício é a redução do escoamento superficial (*runoff*) e

consequentemente das inundações. Podem ser usados em calçadas, vias, estacionamentos, pátios, quintais residenciais, parques e praças. Dentre as opções de materiais pode-se citar: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração e absorção biológica), detenção e infiltração.



Figuras 22 e 23: Estacionamento e pavimentação drenantes. Fonte: HERZOG,2009; HERZOG,2011.

m) Ruas verdes

São ruas cuja principal característica é a arborização intensa. Em geral a circulação viária é mais restrita, com preferência para pedestres e ciclistas, não havendo trânsito de veículos pesados. A arborização deve dar preferência à vegetação nativa, que promova biodiversidade urbana, e com indicação adequada a cada caso. Além da intensa arborização, as ruas verdes devem ser compostas por: canteiros de chuva, pavimentos porosos, biovaletas, *traffic-calming*, acessibilidade universal, travessias preferenciais para pedestres de forma segura e bem demarcadas, entre outros. (HERZOG, 2009)

A maioria dos benefícios é decorrente dos serviços ecossistêmicos prestados pelas árvores, como: melhora da qualidade do ar, captura de carbono, sombreamento, aumento da umidade do ar através da evapotranspiração, aumento da capacidade de infiltração das águas, diminuição do escoamento superficial, redução das ilhas de calor, redução dos níveis de ruídos, entre outros. Além disso, as ruas verdes prestam outros benefícios, como: conexão para avi-fauna e micro-fauna entre fragmentos de vegetação, parques e praças; amenização do clima; estímulo à circulação de baixo impacto; valorização da área e educação ambiental. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (sedimentação, filtração, absorção biológica), detenção, condução e infiltração.



Figuras 24 e 25: Ruas Verdes. Fonte: HERZOG, 2009; <http://hpi-green.com/tag/bureau-of-environmental-services/> (acesso em 25/07/2011)

n) Teto verde

Consiste no recobrimento das coberturas das edificações com vegetação. O teto verde, de certa forma, substitui a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação. As águas pluvias podem ser coletadas e purificadas nos tetos verdes e depois conduzidas e armazenadas para usos futuros, como: lavagem de calçadas, carros ou irrigação de plantas. Suas principais funções e benefícios são: detenção e retardamento da entrada das águas no sistema de drenagem; filtragem da água da chuva; melhora do micro-clima com o aumento da umidade através da evapotranspiração; redução da temperatura interna das edificações (economia de energia com climatização interna); promoção de habitat para fauna e flora; moderação da ilha de calor; captura de carbono, entre outros. (HERZOG, 2009)

Funções hídricas: purificação (filtração e absorção biológica) e detenção.



Figuras 26 e 27: Esquema e aplicação de teto verde. Fonte: CINGAPURA, 2011.