

## ÁREA DE BIORRETENÇÃO: SISTEMA DE INFRAESTRUTURA VERDE PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Daniela Kunz\*

\* Pós-Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho (2019) pelo Centro Universitário FAG. Aluna do programa de pós-graduação (mestrado) em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (2020-2022). Engenheira Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2017). Professora na Faculdade Uniguaçu. *E-mail*: dani-kunz@hotmail.com.

### INFORMAÇÕES

#### *Histórico de submissão:*

Recebido em: 10 set. 2022.

Aceite: 15 nov. 2022.

Publicação online: fev. 2023.

### RESUMO

Com o aumento da impermeabilização nos centros urbanos, gerado principalmente pela urbanização, faz-se necessária a busca por novas estruturas sustentáveis, que atuem não só no controle quantitativo, mas também na parte qualitativa das águas pluviais. Os sistemas de infraestrutura verde, tais como valetas de infiltração, teto verde, jardim de chuva, entre outros, vem apresentando grande eficácia no manejo de águas pluviais urbanas. Neste trabalho, equiparou-se, em 3 parâmetros distintos, o jardim de chuva, o megadreno e o *paver*. Foram avaliadas as seguintes etapas: a infiltração direta da estrutura por um período de 20 minutos, seguida da quantidade de água e o tempo que a estrutura levou para evacuar todo este conteúdo líquido, e, por fim, comparou-se os custos de implementação de cada tipologia. O megadreno apresentou um melhor desempenho nos parâmetros de infiltração e escoamento, enquanto que o *paver* evidenciou um menor custo.

**Palavras-chave:** infraestrutura verde; urbanização; jardim de chuva.

### ABSTRACT

With the increase of waterproofing in urban centers, mainly generated by urbanization, it is necessary to search for new sustainable structures that act not only quantitative control, but also in the qualitative part of the rainwater. Green infrastructures, such as infiltration ditches, green roofs, rainforest, among others, which has been very effective in managing urban stormwater. In view of this, the rain garden, the megadreno and the paver were equated in three distinct parameters. The following steps were evaluated: the direct infiltration of the structure over a period of 20 minutes, followed by the amount of water and the time the structure took to evacuate all this liquid content, and, finally, to compare the implementation costs of each typology. The Megadreno presented better performance in the infiltration and flow parameters, while the paver showed a lower cost.

**Keywords:** green infrastructure; urbanization; rain garden.

*Copyright* © 2022, Daniela Kunz. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** KUNZ, Daniela. Área de biorretenção: sistema de infraestrutura verde para o manejo de águas pluviais urbanas. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguaçu, v. 1, n. 1, p. 11-16, fev. 2023.

## INTRODUÇÃO

Com o processo de urbanização, os problemas de impermeabilização vêm causando significativas mudanças na dinâmica do sistema de drenagem, como o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, de forma a acarretar a sobrecarga no sistema de drenagem existente. Esses fatores aumentam a frequência de alagamentos e cheias (CUO

et al., 2009). É essencial uma transformação nos paradigmas existentes acerca da importância ambiental no espaço urbano, associando aspectos do processo de urbanização e a drenagem urbana. Dessa maneira, faz-se necessário aprimorar as práticas de manejo das águas pluviais urbanas.

As técnicas e sistemas compensatórios ou alternativos estão se difundindo nos dias de hoje para ajudar a diminuir ou compensar a repercussão do processo de urbanização no ciclo hidrológico

(NASCIMENTO; BAPTISTA, 2009). Sendo assim, essas propostas estão sendo desenvolvidas para manter-se os fluxos naturais de infiltração e escoamento superficial sem prejudicar os sistemas de drenagem conseguindo assim, controlar as vazões e ainda mitigar os impactos ambientais.

Uma gama de sistemas que possuem o foco da drenagem e propagam benefícios ao ambiente urbano são os jardins de chuva, canteiro pluvial, biovaleta, lagoa pluvial, teto verde, cisterna, grade verde, dentre outros. Cada sistema deve ser estudado e analisado visando sua potencialidade e desempenho de adequação objetivando atender as necessidades requeridas, pois estas tecnologias adaptam e assemelham-se aos ciclos naturais ocorridos na natureza (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

A técnica compensatória que será desenvolvida nesse trabalho será a denominada de jardim de chuva ou área de biorretenção. Este vem sendo implantado em países desenvolvidos tais como Estados Unidos e Austrália. Este sistema vem apresentando um desempenho satisfatório no auxílio da retenção, infiltração e tratamento de água provenientes das áreas impermeáveis sendo utilizados como uma ferramenta para a drenagem urbana. Busca-se verificar o sistema como técnica compensatória no manejo de águas pluviais apresentando as vantagens e desvantagens dessa ferramenta utilizada no exterior das edificações e que ainda se mostra pouco investigada por estudos nacionais.

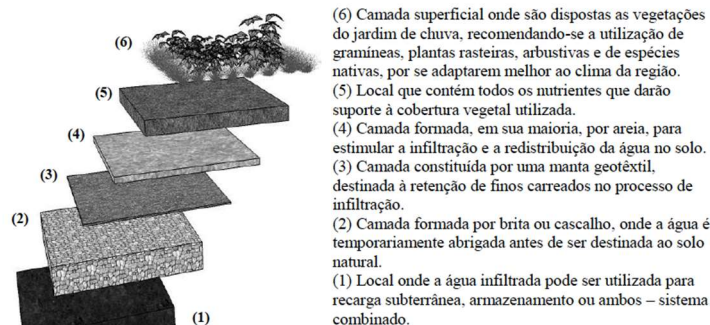
## 1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo construiu-se um protótipo de um jardim de chuva na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Toledo. Analisou-se a característica de infiltração deste protótipo e posteriormente comparou-se com outros dois tipos de pisos que são adotados em revestimento de calçadas urbanas e que possuem características específicas e particulares: o *paver* e o megadreno. Foi aplicada uma simulação de precipitação para que houvesse a possibilidade de comparação entre as técnicas de revestimento utilizadas. Após o experimento, foi possível avaliar qual técnica é a mais eficiente em relação à precipitação proposta. Em seguida, realizou-se um levantamento de custo para a implementação de cada tipologia, em uma área de 2,00 m<sup>2</sup>.

### 1.1 Protótipo (Jardim de Chuva)

Há variadas maneiras para determinação dos componentes do jardim de chuva. Porém, a estrutura básica proposta para um jardim de chuva, pode ser vista na Figura 1:

**Figura 1 – Estrutura básica proposta para um jardim de chuva.**



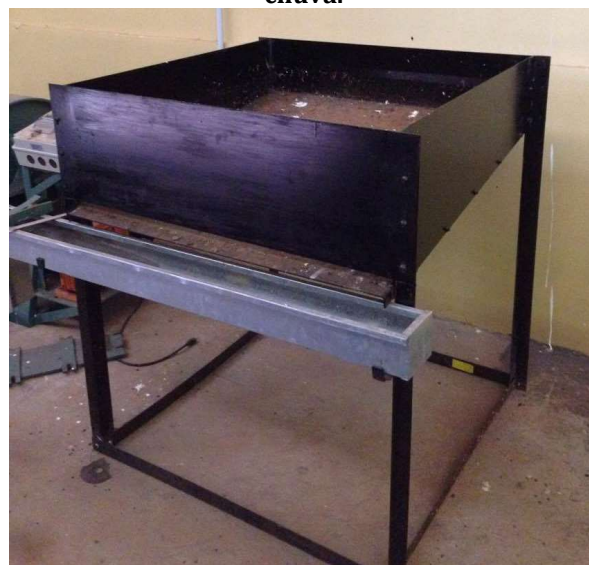
- (6) Camada superficial onde são dispostas as vegetações do jardim de chuva, recomendando-se a utilização de gramíneas, plantas rasteiras, arbustivas e de espécies nativas, por se adaptarem melhor ao clima da região.
- (5) Local que contém todos os nutrientes que darão suporte à cobertura vegetal utilizada.
- (4) Camada formada, em sua maioria, por areia, para estimular a infiltração e a redistribuição da água no solo.
- (3) Camada constituída por uma manta geotêxtil, destinada à retenção de finos carregados no processo de infiltração.
- (2) Camada formada por brita ou cascalho, onde a água é temporariamente abrigada antes de ser destinada ao solo natural.
- (1) Local onde a água infiltrada pode ser utilizada para recarga subterrânea, armazenamento ou ambos – sistema combinado.

Fonte: Adaptado de Dunett e Clayden (2007).

Para a execução do jardim é necessário seguir algumas etapas. Primeiramente retira-se a vegetação ou calçamento superficial e realiza-se a escavação de valas, colocam-se peças de concreto que funcionarão como paredes do jardim, faz-se a concretagem das áreas de entrada da água, por fim, há o preenchimento da área com solo e o plantio da vegetação que será utilizada. O que torna o local propício para instalação da área de biorretenção, é quando o terreno possui uma diferença de altura de aproximadamente 30 centímetros, e uma declividade de aproximadamente 4%.

Para a construção do protótipo utilizado no experimento adotou-se uma área quadrada com dimensões de 1,20m x 1,20m, totalizando 1,44m<sup>2</sup>. A realização dos testes para determinação da taxa de infiltração foi desenvolvida laboratorialmente. Desse modo, o sistema que consistiu no jardim de chuva teve a configuração apresentada na Figura 2 e Figura 3 a seguir:

**Figura 2 – Esquemática da estrutura do jardim de chuva.**



Fonte: Autor (2017).

**Figura 3 – Esquemática da estrutura da área de biorretenção.**

Fonte: Autor (2017).

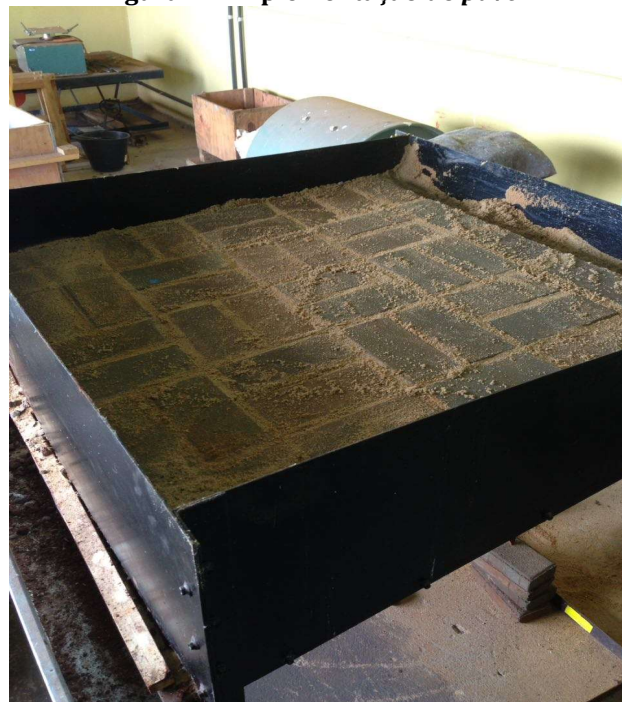
Nota-se no canto inferior da Figura 3, a existência de uma leve inclinação da estrutura para que a mesma consiga obter uma taxa de escoamento da água que irá percolar pelo jardim de chuva, há também uma pequena abertura para possibilitar a captação dessa água, ficando a critério do projetista se a mesma seguirá para o lençol freático ou ficará armazenada em galerias, quando esta é aplicada em situações reais de projeto.

### 1.2 Paver

Os blocos intertravados de concreto, também conhecidos como *pavers*, são maciços, pré-fabricados, que pavimentam a maioria das vias nos dias de hoje. Possui esta definição, devido ao encaixe que proporcionam, fazendo com que resistam a esforços tanto horizontais quanto verticais proporcionando grande resistência e durabilidade. Para a instalação, não se faz necessário o uso de aparelho e mão de obra específica, é requerido apenas um sapo mecânico para compactação do local a ser aplicado. Após a instalação, o tráfego pode ser liberado, não havendo necessidade de cura, pois se faz necessário apenas passagem de água no pavimento, para que haja o selamento.

Para avaliar e comparar o jardim de chuva com os diferentes revestimentos foi inserido o *paver* na mesma área vista na Figura 2 e Figura 3. Esta foi coberta pelo material onde a técnica de “precipitação” foi aplicada.

A instalação dos *pavers* para realização dos experimentos, seguiram técnicas e instruções gerais, onde houve a compactação de todas as bases, com posterior camada de areia seguindo de água para que houvesse o selamento, como pode-se observar na Figura 4:

**Figura 4 – Implementação do paver.**

Fonte: Autor (2017).

### 1.3 Megadreno

O Megadreno provém da empresa Braston a qual cedeu peças para que fosse realizado o experimento. Estas peças são placas de concreto permeáveis sendo as primeiras a serem desenvolvidas no país que permitem a infiltração de água com maior conforto e segurança na passagem de pedestres. Forma uma calçada permeável que foi investigada em relação à sua permeabilidade e capacidade de drenagem. Sendo assim, os critérios para instalação destas placas foram os mesmos sugeridos pelo seu manual e foram instalados no aparato de 1,44 m<sup>2</sup> presente no laboratório conforme a Figura 5.

**Figura 5 – Protótipo com o megadreno em sua estrutura.**

Fonte: Autor (2017).

A infiltração foi determinada a partir da vazão inicial inserida na estrutura. Primeiramente, encheu-se um recipiente, medindo-se em litros, e avaliou-se quanto tempo, em segundos, demorou para que o

mesmo fosse preenchido, determinando assim a vazão, através da seguinte equação:

$$Vazão = \frac{Volume (l)}{Tempo (s)} \quad \text{Eq. 1}$$

Em seguida, deixou-se a estrutura receber a precipitação e através da canaleta instalada à frente do aparato, conforme pode ser vista nas Figuras 2 e 3, conseguiu-se saber a quantidade de água que passou pela mesma, medindo-se a quantidade de litros dentro do balde colocado sob a mesma, relacionado com o tempo.

Em seguida, utilizou-se a TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamento, esta tabela fornece os insumos para realização de serviços, e seus respectivos consumos, quantidade que será utilizada para realização do serviço. Sendo assim, após a determinação da quantidade de insumos para determinação do serviço, realizou-se uma procura de preços em lojas da região e internet, para uma especulação do total que cada tipologia, *paver*, jardim de chuva e megadreno, custaria para implementação em uma área de 2,00 m<sup>2</sup>. A tabela utilizada para determinação do custo tem a configuração da Tabela 1:

**Tabela 1 – Modelo de tabela utilizado para o cálculo do custo de implementação de cada tipologia.**

1	2	3	4	5	6
Serviço	Unidade	Consumos	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)

Fonte: Autor (2017).

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise da eficiência das estruturas foram realizados os experimentos com um tempo de duração de 20 minutos com uma vazão de 3,03 l/min (litros por minuto). Sendo precipitação, em milímetros de chuva, determinada pela quantidade de água sobre a área do local, tem-se a Eq. 2 abaixo:

$$P_{mm} = \frac{Quantidade\ de\ água\ (l)}{Área\ (m^2)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde colocando-se a quantidade de água em litros (l), e a área em metros quadrados (m<sup>2</sup>), obtém-se uma precipitação de chuva em milímetros (mm). Com os dados obtidos em campo de 10l em uma área de 1,44 m<sup>2</sup>, obtém-se uma precipitação de 6,94mm. Admitindo que essa seria uma chuva diária, ocorrendo no período de 30 dias, teríamos uma precipitação média mensal de 208,2 mm, um pouco acima da média mensal da

cidade de Toledo, que é de no máximo 200 mm mensais.

Após a simulação receber essa quantidade de chuva, durante os 20 minutos, aguardou-se mais um tempo extra, particular para cada caso, como pode ser visto na Tabela 2, como se fosse o quanto a estrutura ainda iria trabalhar após o término de uma chuva, por exemplo. Esperou-se então, até que houvesse uma vazão considerada insignificante, a critério do autor. A quantidade de água que infiltrou na estrutura pode ser vista na Tabela 2:

**Tabela 2 – Quantidade em litros infiltrados em cada tipo de estrutura de calçada durante**

Tipologia de Calçada	Quantidade (litros)
Paver	19
Megadreno	32
Jardim de Chuva	28

Fonte: Autor (2017).

Como pode ser visto na Tabela 2, o *paver* classifica-se como o menos drenante, 19 litros, apesar de ser o mais utilizado para pavimentos permeáveis, visto o seu baixo custo. Este é considerado permeável pois há a passagem da água entre as peças do pavimento intertravado, sendo assim, a água deve escoar pelo *paver* até achar uma fresta entre as peças, direcionando a água para o interior do solo, este “caminho” levado pela água juntamente com a compactação das camadas subjacente ao *paver*, podem ser considerados como um dos fatores que direcionaram o *paver*, como um material não muito eficiente no sistema de infiltração, quando comparado com o megadreno e jardim de chuva.

O Megadreno, obteve uma infiltração de 32 litros em 20 minutos, sendo o material que mais permitiu o processo de infiltração. O piso drenante, é assim chamado porque permite que a água escoe por meio dos poros existentes no material de que é composto, ou seja, a área permeável não é limitada apenas aos espaços entre as peças, quando comparado com o *paver*, mas se estende por toda a área do piso.

E o Jardim de chuva, que se encontra em segundo lugar dentre os três revestimentos, com 28 litros, possui uma característica semelhante ao do megadreno, justificando sua colocação. Sua estrutura possui uma espécie de filtro natural, devido aos diferentes tipos de solo e materiais sob o mesmo. Sendo assim, possui também uma infiltração por toda a sua estrutura, não havendo a presença de materiais obstruindo a passagem da água. Havendo ainda a possibilidade de instalação de um canal drenante mais abaixo da superfície, para que, com o tempo e

enraizamento das plantas, essas possam contribuir para a purificação da água, absorvendo as impurezas através das raízes.

Após realizada as análises da infiltração direta das estruturas e quantidade de água infiltrada dentro dos 20 minutos, far-se-á a análise da questão do custo das tipologias para uma área de 2,00 m<sup>2</sup>, como se as mesmas estivessem sendo implantadas nas vias da cidade de Toledo, onde em alguns casos a área permeável chega a 2,00 m<sup>2</sup>.

Para o *paver*, foram determinados os seguintes serviços e custos, vistos na Tabela 3:

**Tabela 3 – Custo para implementação do *paver*.**

Serviço	un.	Consumos	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Calceteiro	h	0,23	0,46	23,2	10,672
Servente	h	0,46	0,92	21,26	19,5592
Areia lavada tipo fina	M <sup>3</sup>	0,005	0,01	62	0,62
Areia lavada tipo média	M <sup>3</sup>	0,05	0,1	60	6
Bloco de Concreto para pavimentação intertravado (comprimento: 100mm/espessura: 60mm/largura: 200mm)	un.	48	96	0,99	95,04
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7,5 kW) - vida útil 8.000h	h prod.	0,03	0,06	28,86	1,7316
					<b>133,62</b>

Fonte: Autor (2017).

Considerando que o local para instalação, estivesse devidamente limpo. Após levantamento de todos os serviços necessários para colocação do *paver*, montou-se a Tabela 3, obtendo-se um custo aproximado de R\$ 133,62.

Para a tipologia do megadreno, foram calculados os seguintes dados visíveis na Tabela 4:

**Tabela 4 – Custo para implementação do megadreno Braston.**

Serviço	un.	Consumos	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Calceteiro	h	0,23	0,46	23,2	10,672
Servente	h	0,46	0,92	21,26	19,5592
Brita tipo 2	M <sup>3</sup>	0,06	0,12	72,6	8,712
Bloco de piso drenante Braston (comprimento: 500mm/espessura: 60mm/largura: 500mm)	M <sup>2</sup>	1	2	85	170
Compactador de placa vibratória, diesel, potência 10 HP (7,5 kW) - vida útil 8.000h	h prod.	0,03	0,06	28,86	1,7316
Pedrisco	M <sup>3</sup>	0,06	0,12	72,9	8,748
Areia Grossa	M <sup>3</sup>	0,06	0,12	58	6,96
					<b>226,38</b>

Fonte: Autor (2017).

A colocação do piso drenante se assemelha muito ao *paver*, em relação ao processo de instalação, apesar de haver alguns requisitos a mais. Se vê também uma grande diferença no custo da metragem quadrada entre ambos. Sendo assim, esta tipologia apresenta um valor de R\$ 226,38.

Por conseguinte, tem-se o jardim de chuva, que pode ser dividido em 2 etapas, primeiramente a fase de preparo do solo e colocação das peças de concreto para posterior implantação do mesmo. Sendo assim,

para a primeira instancia tem-se a Tabela 5 apresentando os seguintes dados:

**Tabela 5 – Custo para a primeira fase de implantação do jardim de chuva.**

Serviço	un.	Consumos	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Escavação manual em solo de primeira categoria	m3	1	2	4,36	8,72
Servente	H	10	9	21,26	191,34
Areia lavada tipo média	m3	0,778	0,7002	60	42,01
Pedra brita tipo 1	m3	0,289	0,2601	66,85	17,39
Pedra brita tipo 2	m3	0,677	0,6093	72,6	44,24
Cimento Portland CP-E-32 (resistência: 32 Mpa)	T	0,18	0,162	387,4	62,76
					<b>366,45</b>

Fonte: Autor (2017).

Nota-se que o custo apenas inicial do jardim de chuva, já bem elevado, ultrapassando as duas tipologias quase que em 100%. A Tabela 6, em seguida, descreve os serviços que levam em consideração a preparação do solo e o embelezamento do local, como segue:

**Tabela 6 – Custo para a segunda fase de implantação do jardim de chuva.**

Serviço	un.	Consumos	Quantidade	Preço (R\$)	Total (R\$)
Jardineiro	H	0,08	0,16	17,56	2,8096
Servente	H	0,08	0,16	21,26	3,4016
Fosfato de Rochas	Kg	0,1	0,2	0,71	0,142
Grama Preta em placas	m2	0,5	1	30	30
Adubo mineral - NPK (formulação 10-10-10)	Kg	0,1	0,2	9,44	1,888
Adubo orgânico curtido - esterco	m3	0,005	0,01	142	1,42
Areia seca tipo fina	m3	0,0064	0,0128	62	0,7936
Arbusto (Podocarpo)	un.	1	2	30	60
Flores (Kalanchoe)	un.	1	10	2,5	25
					<b>125,45</b>

Fonte: Autor (2017).

Por conseguinte, somando-se os valores finais da Tabela 5 e Tabela 6 e obtém-se R\$ 491,91. Valor um tanto quanto mais elevado que as outras tipologias. Fato que pode ser explicado devido ao processo de preparo do local, a escavação e concretagem, fazem-se necessárias grande demanda horária de servente, fato que mais eleva o custo do mesmo.

Por fim, pode-se analisar as estruturas em 2 critérios, infiltração e custo. Em vista que, em licitações e obras maiores, o critério mais levado em consideração é o valor e, não muitas vezes a qualidade, o *paver* mostra destaque, apresentando o menor custo dentre as 3. Apesar disso, o megadreno, apresentando um valor quase que 60% maior que o *paver*, ganha destaque, apresentando a longo prazo, grandes vantagens para o sistema de drenagem urbana. Este fato é devido ao material conseguir manter uma infiltração elevada e constante e, ainda após o término da precipitação, conseguir evacuar a água existente em sua estrutura rapidamente fazendo com que a estrutura fique pronta para a próxima chuva. Neste caso não correndo o risco de uma saturação, como seria o caso do *paver* que é o mais demorado para tal atividade. Por fim, tem-se o jardim de chuva, ficando

no intermédio em relação a infiltração e em último no custo. Obtém características e vantagens já mencionadas que auxiliariam na drenagem urbana, porém, para a estrutura idealizada, o valor ficou muito acima dos outros comparados.

## CONCLUSÕES

O Jardim de chuva, método muito difundido em países desenvolvidos, é uma manobra compensatória que auxilia no manejo das águas pluviais urbanas. Através de seu desempenho, comprovou-se que deve ser utilizado quando necessário e não apenas em cidades modelo. Além de ajudar no embelezamento do local, como qualquer outro jardim, este ainda presta assessoria ao sistema de drenagem urbana, pois promove a diminuição do escoamento da água superficial, infiltrando a mesma por sua estrutura e redistribuindo ao lençol freático, preservando o ciclo hidrológico da água. Outro fator relevante e benéfico se dá pela pluralidade da vegetação, ou seja, os variados tipos de raízes auxiliam na purificação da água proveniente das chuvas. Recentemente foram desenvolvidos materiais que auxiliam no aumento da permeabilidade da via, para que haja uma diminuição do escoamento superficial proveniente do advento da urbanização, tais como o *paver* e o megadreno, ambos já difundidos em grandes centros.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa apontou 2 critérios para a formação de uma opinião a respeito de qual tipologia se faz mais propícia a se utilizar nos dias de hoje. Em primeira instância, houve a comparação através da infiltração propriamente dita das estruturas, onde aconteceu a instalação das canaletas de água sob a estrutura, e após 20 minutos houve a contagem de litros que cada estrutura absorveu. Sendo assim, o megadreno teve melhores resultados, seguido do jardim de chuva e *paver*.

Por fim, realizou-se um orçamento para a implantação das 3 tipologias em uma via. Sendo assim,

utilizou-se dados obtidos na TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamento, realizando o levantamento de serviços que seriam necessários para implementação de cada tipologia e consultando dados nos mercados da região e da internet. Assim, gerou-se o custo final de cada tipologia, obtendo-se o *paver* em primeiro lugar, como menos custoso, seguido do megadreno e por último o jardim de chuva.

## REFERÊNCIAS

- CUO, L. et al. Effects of a Century of Land Cover and Climate Change on the Hydrology of the Puget Sound Basin. **Hydrological Processes**, v. 23, n. 6, p. 907-933, 2009.
- NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B. Técnicas compensatórias em águas pluviais. In: RIGHETTO, Antonio Marozzi (Coord.). **Manejo de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2009. 398 p.
- CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-Estrutura Verde: Uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem Ambiente: ensaios**. n.25. São Paulo, p. 127-142. 2008.
- DUNNETT, N.; CLAYDEN A. **Rain Gardens**: managing water sustainably in the garden and designed landscape. Portland: Workman, 2007.
- TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2003. 441 p.