

## TELHADO VERDE E SUA CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DA VAZÃO DA ÁGUA PLUVIAL ESCOADA

Silvia Maria Nogueira Baldessar<sup>(1)</sup>; Sergio Fernando Tavares<sup>(2)</sup>

(1) UFPR, [arg.baldessar@gmail.com](mailto:arg.baldessar@gmail.com)

(2) UFPR, [sergioftavares@gmail.com](mailto:sergioftavares@gmail.com)

### **Resumo**

*A ocupação urbana cresce e junto crescem os problemas gerados por ela. Problemas como enchentes, cada vez mais afligem as cidades frente ao sistema de gestão de águas pluviais. Com o objetivo de demonstrar experimentalmente o comportamento de um telhado verde em relação a este processo avaliou-se a possibilidade do uso na cidade de Curitiba, Paraná (Brasil). Os telhados verdes, por longo período da história da arquitetura, vêm sendo utilizados, porém com conotações diferentes. Suas motivações foram estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas e por fim sustentáveis. Por este último motivo é que hoje procura-se implantar maiores quantidades de telhados verdes nas cidades, utilizando-os como um mecanismo de eficiência energética, de conforto térmico e acústico e um potencial redutor da vazão de água pluvial escoada.*

*Um protótipo de um telhado verde, um protótipo de telhado convencional com telhas de barro e um protótipo de uma laje impermeável foram projetados e construídos em Curitiba de modo a terem seus dados, de águas escoadas, coletados no período de novembro de 2011 à fevereiro de 2012, para serem confrontados verificando o desempenho de cada um. Os resultados de medição diária apontaram os benefícios do uso do telhado verde no processo de gestão de águas pluviais, que foi capaz de escoar 30,7% de toda a água precipitada enquanto o telhado de barro escoou 77,3%.*

**Palavras-chave:** *Água pluvial, Evapotranspiração, Telhado verde.*

### **Abstract**

*The urban occupation grows and so grow the issues generated by it. Issues such as accumulation of the volume of floods increasingly affecting the cities, in relation to the existing stormwater systems. In order to demonstrate the behavior of a green roof in the city of Curitiba, Paraná (Brazil), an experiment was developed and used to observations. Green roofs, for a long period of architectural history, have been used with different connotations. The motivation was aesthetic, vernacular, recreational, ecological and sustainable. For this last reason, it is currently common to develop larger quantities of green roofs in cities using them as mechanisms for energy efficiency, thermal and acoustic comfort and as a potential of draining rainwater.*

*A prototype of a green roof, a prototype of a conventional roof with clay tiles and a prototype of an impermeable slab were designed and built in Curitiba to have your data, the runoff collected from November 2011 to February 2012 to be confronted by checking the performance of each. The measurement results showed the benefits of daily use of green roof in the process of stormwater management, which was able to seep 30.7% of all water precipitated while the clay roof leaked 77.3%.*

**Keywords:** *Rainwater, Evapotranspiration, Green roofs.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o relatório fornecido pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia dos Desastres – CRED (Bélgica), as enchentes de 2011 afetaram aproximadamente 107 milhões de pessoas em todo o mundo causando 5202 mortes. O problema gerado pelas enchentes tem muitas implicações nas questões sociais. O costume generalizado de usar pavimentos impermeáveis faz aumentar desnecessariamente a água que escorre superficialmente nas cidades (MASCARÓ, 2010). Cada vez mais a população se depara com a falta de infraestrutura das cidades que, sem atender a demanda da água que escorre em sua superfície, provoca impactos na qualidade de vida dos seus habitantes.

O Brasil passou – e ainda vem passando – por problemas deste teor em diversas regiões do país. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO), o Brasil enfrentou 37 enchentes desastrosas desde 2000, sendo quatro delas ocorridas em 2008 e sete em 2009. Estudos recentes afirmam que as enchentes do ano de 2011 no Brasil foram as mais fatais da história do país, deixando mais de 900 mortos.

No que diz respeito às regiões urbanas, cada vez mais a cidade é coberta por superfícies impermeáveis: ruas e edificações, que não retêm a precipitação e, assim, produzem mais e mais volume no escoamento de água. A Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O capítulo III, artigo 3º, consiste em diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, onde se prevê a articulação da gestão de recursos hídricos de forma integrada com a gestão do uso e ocupação do solo.

Na busca por um desenvolvimento sustentável os telhados verdes juntamente com outros procedimentos podem ser incorporados nos centros urbanos com a finalidade de minimizar as enchentes urbanas. Este tipo de cobertura contribui para a absorção das águas pluviais pois é capaz de escoar, em decorrência de uma precipitação, menos volume de água do que um telhado convencional.

## 2. TELHADO VERDE

Ainda que o uso de telhado verde seja remoto, ao mesmo tempo em que as técnicas utilizadas tenham se originado na arquitetura vernacular, a evolução deste sistema deu-se contemporaneamente pelos anseios da atual sociedade em preservar os recursos naturais dentro dos conceitos de sustentabilidade urbana bem como a inserção de mais áreas verdes na paisagem urbana. Assim os telhados verdes retornam agregando um conceito atual de cidades verdes.

### 2.1. Composição

O telhado verde é composto, basicamente, por camadas que de cima para baixo incluem: a vegetação, substrato, filtro de tecido de drenagem e camadas de retenção de água, camada de proteção da raiz, isolamentos, impermeabilização e um terraço ou pavimento, sendo algumas delas opcionais. A *National Roofing Contractors Association* (EUA) lançou o *NRCA Green Roof Systems Manual* (2007). O manual fornece informações técnicas relativas ao projeto e instalação de sistemas de qualidade para telhados verdes. O foco do manual são os aspectos de sistemas de impermeabilização e as informações sobre os componentes do sistema, que não estão relacionadas com a impermeabilização, tais como o meio de crescimento, o filtro de tecido e uma camada de reservatórios são limitadas. A NRCA define como um sistema de telhado verde, a vegetação aplicada em um substrato colocado em qualquer nível impermeabilizado da estrutura fabricada. Suas camadas são constituídas de

impermeabilização e seus componentes associados, tais como, a barreira de proteção das raízes, uma camada de drenagem, uma camada de isolamento térmico, substrato e plantas.

Não necessariamente pode-se relacionar esta tecnologia apenas às novas edificações, pois desde que sejam observados alguns aspectos, é possível aplicá-la com grande sucesso em edificações existentes. Para tal, é necessário investigar a resistência da estrutura que irá receber o telhado verde, a impermeabilização, a execução de barreiras anti-raízes, a drenagem a ser executada e a inclinação da cobertura existente ou a ser reformada ou construída. A obtenção da eficácia de um telhado verde está nos cuidados de execução das suas camadas, sendo necessário a utilização de materiais adequados e de boa qualidade.

É na camada de substrato e de vegetação que se pode definir o tipo do telhado verde a ser usado. De acordo com Kibert (2008), os telhados verdes são geralmente classificados como extensivos e intensivos. Os sistemas extensivos são definidos por possuir baixa manutenção, são tolerantes à seca e possuem características de auto-semeadura, ou seja, exigem pouca ou nenhuma irrigação, adubação e manutenção. Os tipos de plantas adequadas para este sistema são as nativas, principalmente em locais de condições de seca. No entanto, no Brasil alguns estudos com tipos de plantas constataram que as plantas exóticas, que se encontram adaptadas ao meio, também podem ser usadas – desde que estas também possuam características de pouca manutenção e raízes pouco agressivas. Já os sistemas intensivos são definidos por alta manutenção, pois é possível a criação de jardins com terraços e espelhos d'água, além de incluir gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores. Os sistemas intensivos são muito mais complexos e pesados do que os extensivos e requerem maior investimento e manutenção.

## 2.2. Benefícios

A utilização dos telhados verdes no ambiente construído se dá, principalmente, pela constatação dos seus múltiplos benefícios, tais como a redução da ilha-de-calor urbano, a melhoria da qualidade do ar, a formação de novos habitats reforçando o ecossistema, as razões estéticas, a recuperação do espaço de zoneamento, a conservação de energia na redução do uso de aparelhos direcionados a aquecer e resfriar ambientes, o benefício acústico com a redução de ruídos externos devido a sua espessura e característica da sua vegetação e substrato, o benefício da durabilidade e a redução da água de chuva escoada.

O desempenho dos telhados verdes, em relação à retenção de água de chuva, está diretamente ligado ao estado da arte sobre os mecanismos de medição e cálculo da evapotranspiração. Algumas definições são usadas em hidrologia para os diferentes aspectos da transformação de água para sua forma de vapor: evaporação, transpiração e evapotranspiração. Em relação aos telhados verdes, a evapotranspiração é a grande responsável pelos condicionantes positivos do incentivo à implantação nos grandes centros urbanos (COLLISCHONN, 2008). Evapotranspiração é o conjunto dos dois processos: evaporação e transpiração e, em relação aos telhados verdes, a contribuição deste conceito está na capacidade da vegetação, devido à sua ação fisiológica, em reter a água da chuva e permitir a ocorrência da transpiração e evaporação.

Já constatado por diversas pesquisas e experimentos, os telhados verdes tem a capacidade de reter a água de chuva, proporcionando eficácia no controle da drenagem urbana, contribuindo para a prevenção de enchentes. Neste aspecto, na cidade de Portland (EUA) o *Bureau of Environmental Services* constatou em seus experimentos que houve retenção do volume da água entre 10-35% durante a estação chuvosa e 65-100% durante a estação seca. Assim foi comprovada a redução do pico de fluxo, ou seja, em todas as tempestades é reduzido os picos

de vazão.

A melhoria da qualidade da água, a vegetação e o substrato funcionam como filtros e o excesso de água que a vegetação não absorve pode ser direcionada a uma cisterna e posteriormente ser aproveitada. No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007) regulamenta o uso da água de chuva através da Norma NBR 15527, que fornece requisitos para o aproveitamento das águas de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Na cidade de Curitiba foi aprovada a Lei nº 10.785/2003, criando no Município o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURAE), regulamentado pelo Decreto nº 293/2006. O objetivo é instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

### 3. EXPERIMENTO DE CAMPO

Para realizar os estudos em relação a quantidade de água escoada pelo telhado verde, pela laje impermeável e pelo telhado de barro foi montado um protótipo conforme Figura 1. O período trabalhado neste experimento foi de três meses, tendo início em 26 de novembro de 2011 à 27 de fevereiro de 2012.



Figura 1 - Protótipo - conjunto dos três telhados.  
Fonte: Baldessar (2012).

#### 3.1. Localização

O lugar escolhido para a montagem do protótipo é livre de sombreamento, situando-se na região norte de Curitiba, bairro Barreirinha, nas coordenadas: latitude igual a 25° 21' 43,10" S e longitude 49° 15' 1,60" W, altitude 978 m. O entorno é arborizado e possui áreas permeáveis com vegetação natural.

#### 3.2. Projeto e montagem

O conjunto de telhados foi montado em uma caixa retangular, com medidas próximas de 3m por 1m e 0,3m de altura. Esta caixa é suportada por quatro pés e tem duas divisões internas de

modo a formar três espaços de secção quadrada em folhas de alumínio, cada qual medindo 1m<sup>2</sup> de área de fundo, com 2% de inclinação e 30cm de altura. Com os três espaços prontos, destinou-se o primeiro para a montagem do telhado verde extensivo com aproximadamente 10cm de espessura, o segundo espaço simula um pavimento impermeável e o terceiro espaço foi montado um telhado convencional utilizando telhas de barro com inclinação total de 22%. Em todos os espaços, foram colocadas válvulas de escoamento de água e esta foi recolhida em bombonas com capacidade de aproximadamente 22 litros.

No experimento em questão, com a caixa de alumínio pronta e já com testes de estanqueidade feitos iniciou-se a montagem do telhado verde composto das seguintes camadas: drenagem, feita com argila expandida espalhada em toda a superfície com espessura entre 2,5cm a 3,0cm; a camada de filtro com a aplicação de uma manta de tecido geotêxtil; a camada de substrato, com espessura de 5cm e com o composto elaborado e fornecido pelo Museu Botânico de Curitiba e, finalmente, esta camada recebeu as matrizes das plantas totalizando o conjunto com aproximadamente 10cm de espessura.

De acordo com Laar *et al.* (2001) plantas da espécie *Portulaca grandiflora* são indicadas para telhados verdes extensivos, assim o material utilizado para propagação constou de mudas obtidas das plantas matrizes de *Portulaca grandiflora* existentes no Museu Botânico de Curitiba, integrante do projeto Biocidade (Figura 2).



Figura 2: *Portulaca grandiflora*, Onze horas.  
Fonte: floresnaweb (2011).

*Portulaca grandiflora* é uma espécie herbácea anual nativa do Brasil, de 15-20 cm de altura conhecida popularmente como “onze-horas”, sendo indicada para bordaduras e conjuntos em canteiros a pleno sol (LORENZI e SOUZA, 1995) e em cobertura verdes de telhados (OSMUNDSON, 1999).

#### 4. COLETA DE DADOS E RESULTADOS

##### 4.1. Coleta de dados

Fazendo uma observação diária, em dias de pluviosidade, foram feitas leituras da água coletadas nas bombonas e os dados obtidos foram armazenados em planilhas. Durante o período de três meses os dados foram recolhidos. Aqui neste presente trabalho será exposto apenas um dos meses, no caso o mês de fevereiro de 2012. A escolha do mês de fevereiro foi em razão de que o referido mês apresentou o maior índice de pluviosidade. Com os dados obtidos no experimento foram montadas tabelas com os valores de água escoada em cada telhado. A seguir a apresentação da planilha relativa ao mês de fevereiro de 2012 (Tabela 1).

<b>COLETA DE DADOS - FEVEREIRO 2012</b>											
<b>precipitação e água escoada -</b>											
<b>mm/dia</b>	<b>Data</b>	<b>INMET EXPERIMENTO</b>				<b>LAJE IMPERMEÁVEL</b>				<b>TELHA DE BARRO TELHADO</b>	
<b>VERDE</b>	01/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	02/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,0	0
	03/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	04/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	
	05/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	06/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	07/02/2012
	07/02/2012	0,20	12,10	7,60	0,10	08/02/2012	20,40	10,30	7,40	1,20	09/02/2012
	09/02/2012	2,40	1,40	0,10	0,00	10/02/2012	51,20	22,00	18,60	12,10	11/02/2012
	11/02/2012	1,00	2,00	1,90	1,90	12/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	13/02/2012
	13/02/2012	2,00	4,90	4,00	0,00	14/02/2012	10,00	6,80	5,90	5,90	15/02/2012
	15/02/2012	7,80	7,90	4,30	2,80	16/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	17/02/2012
	17/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	18/02/2012	0,00	0,00	0,00	0,00	19/02/2012
	19/02/2012	9,80	10,10	8,10	0,00	20/02/2012	22,20	22,90	22,90	20,00	21/02/2012
	21/02/2012	2,40	2,50	0,00	0,00	22/02/2012	2,40	2,50	0,00	0,00	23/02/2012
	23/02/2012	2,00	0,00	0,00	0,00	24/02/2012	19,20	1,90	0,40	0,00	25/02/2012
	25/02/2012	0,20	0,40	0,00	0,00	26/02/2012	3,40	0,40	0,00	0,00	27/02/2012
	27/02/2012	22,80	20,20	20,00	5,00						
						<b>TOTAL</b>	<b>179,40</b>	<b>128,30</b>	<b>101,20</b>	<b>49,00</b>	

Tabela 1 – Coleta de dados – fevereiro 2012.

Fonte: Baldessar (2012).

A laje impermeável funcionou como um pluviômetro e para verificar os dados de precipitação

recolhidos foram também buscados os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dados recolhidos da Estação Automática de Observação de Superfície de Curitiba. As leituras da água escoada no experimento foram feitas às 0 horas UTC (*Coordinated Universal Time*) para melhor confrontar com os dados recolhidos do INMET, ou seja às 21 horas ou às 22 horas no horário de verão. Com isto pode-se comparar os dados confrontando-os através de um gráfico (Figura 3).

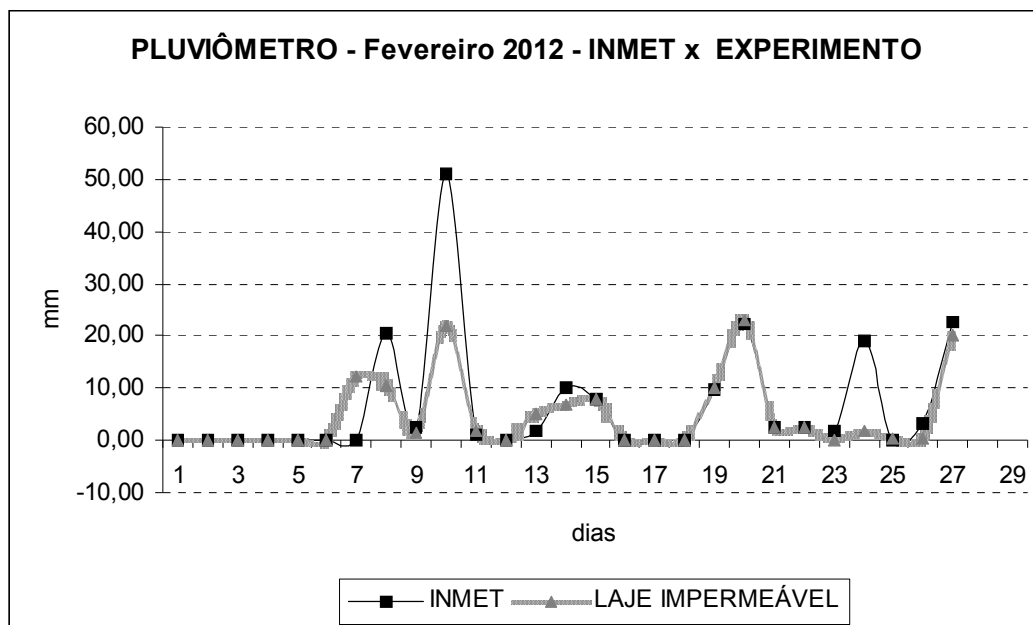


Figura 3 – Comparação das medições de precipitação – fevereiro 2012.  
Fonte: Baldessar (2012).

Notou-se que existem algumas diferenças entre as chuvas computadas e isto se deve ao fato de que a localização geográfica das duas fontes são diferentes. Quando ocorrem as chuvas de origem convectiva (chuvas-de-verão) a quantidade de precipitação pode ser elevada porém as nuvens que as produzem, têm uma abrangência limitada devido ao seu tamanho. Com isto origina-se o fato de que as medidas de precipitação num local e em outro, mesmo que separadas por cerca de uma dezena de quilômetros, ficam razoavelmente diferentes. A estação está localizada no leste da cidade de Curitiba, enquanto o experimento se encontra no norte da mesma.

## 5. ANÁLISE

Com os resultados obtidos, a análise foi feita por comparação entre os valores medidos para a água escoada entre as três superfícies distintas: a laje impermeável, a cobertura com telha de barro e o telhado verde (Figura 4).

Percebe-se que, no início do mês de fevereiro de 2012, houve uma estiagem que estendeu-se até o sexto dia do mês. Sendo 1mm de chuva em 1m<sup>2</sup> correspondente a 1 litro de água, temos então, no dia 7 de fevereiro, 12 litros de água de chuva retido no telhado verde depois da estiagem do início do mês. No dia seguinte o telhado verde reteve mais 9,1 litros de água. Somente nestes dois dias de toda a água precipitada o telhado verde reteve 94,2%, enquanto o telhado de barro reteve 33%.

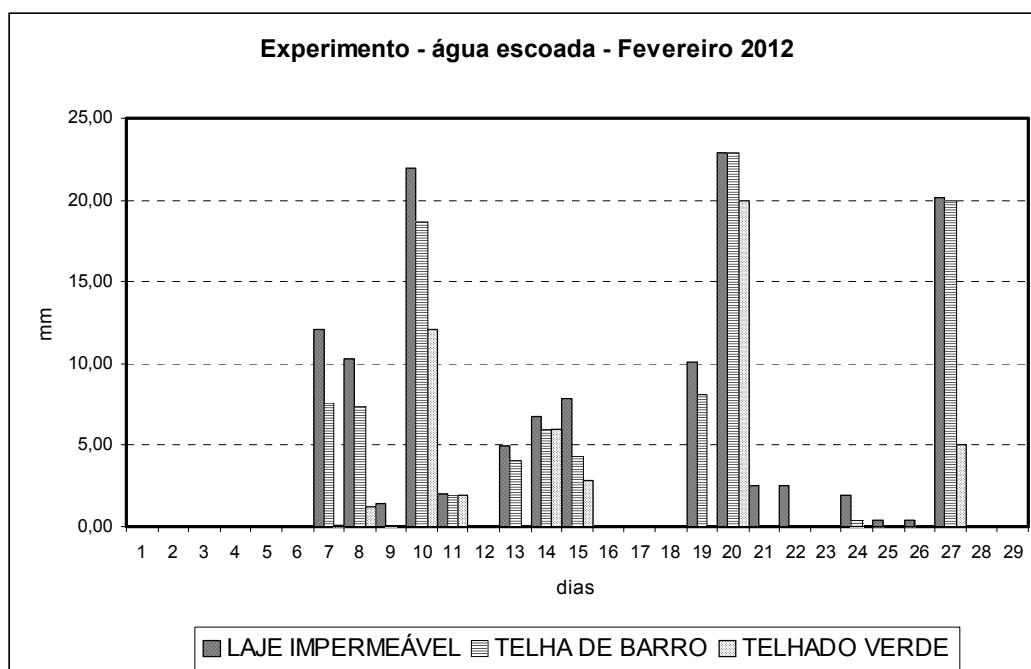


Figura 4 – Água escoada – fevereiro 2012.  
Fonte: Baldessar (2012).

A partir do dia 9 até o dia 20 de fevereiro as chuvas foram mais frequentes e intensas totalizando 78 litros de água precipitada. Neste período o telhado verde reteve 45,3% da água precipitada e o telhado de barro reteve 15,6%. No último período de chuvas computadas do mês, do dia 21 ao dia 27 de fevereiro, computou-se mais 27,9 litros de água precipitada. Neste período o telhado verde reteve 82,1% e o telhado de barro 26,9%.

Totalizando, no mês de fevereiro o telhado verde, através da sua vegetação e substrato reteve 61,8% de toda a água precipitada e o telhado de barro 21,1%. Em média constata-se que o telhado verde possui a capacidade de reter aproximadamente 3 vezes mais de água do que o telhado de barro. Este fato comprova a propriedade dos telhados verdes: a redução acentuada da água de escoamento durante os períodos de chuva demonstra que o problema de redução da permeabilidade do solo em regiões urbanas pode ser atenuado pelo uso deste tipo de cobertura.

De acordo com o Decreto n.º.212/2007 da Cidade de Curitiba, a taxa de ocupação para algumas Zonas Residenciais (ZRs) vale 50% da área do terreno e a taxa de permeabilidade do solo, 25%. Mantendo os 25% da parte de permeabilidade do lote e se a parte edificada de 50% de ocupação contiver um telhado verde tem-se o equivalente a uma área permeável que chega a 75%, ou seja, maior permeabilidade, menor a quantidade de água escoada para a rede de águas pluviais da cidade.



## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – (ABNT). NBR 15527 – **Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.
- BALDESSAR, S.M.N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, UFPR. Curitiba, 11 de abril de 2012.
- CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA (2003). **Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE** – Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003.
- CRED - **Centre for Research on the Epidemiology of Disasters**. <<http://www.cred.be/>>.
- COLLISCHONN, W. - **IPH** – Capítulo 8 – UFRGS, 2008.
- Decreto nº.212/2007. **Prefeitura Municipal de Curitiba**. Disponível em:  
<<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-smu-smu-secretaria-municipal-do-urbanismo/211>>.
- Estação do INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**  
<<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>.
- KIBERT, Charles J. **Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery**. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2008.
- LAAR, M.; SOUZA, C.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; TAVARES, S.; GRIMME, F.W.; GUSMÃO, F.; KOHLER, M.; SCHMIDT, M. **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos em cidades de clima tropical**. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído -ENCAC, São Pedro, 6., 11-14 de novembro de 2001.
- Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso **XIX** do art. **21** da **Constituição Federal**, e altera o art. **1º** da Lei nº **8.001**, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº **7.990**, de 28 de dezembro de 1989.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas Ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. São Paulo: Ed. Plantarum, 1995.720p.
- MASCARÓ, Juan Luis. **Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte**. Masquatro Editora, 2010.
- MUSEU BOTÂNICO DE CURITIBA, PR. **Projeto Biocidade**.
- NRCA - **National Roofing Contractors Association**. <<http://www.nrca.net/>>.
- OSMUNDSON, T. **Roof Gardens. History, Design and Construction**. New York: W. W. Norton & Company, Inc, 1999.
- Portland, EUA. **Bureau of Environmental Services**. <<http://www.portlandonline.com/bes/>>.

## FONTE DAS FIGURAS

Figura 2: *Portulaca grandiflora*.  
<<http://www.floresnaweb.com/dicionario.php?id=56>>.