# ANÁLISE DO SISTEMA DE TELHADO VERDE NA GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS[1]

MUSTAFA, W. F., Centro Universitário Filadélfia, email: willianfmustafa@gmail.com; ALVIM, C. A. do Nasc., Centro Universitário Filadélfia, email: carolina.alvim@unifil.br.

**ABSTRACT**

*The disorderly growth of the urban area of the cities is waterproofing the soil, consequently, raising the superficial flow of rain. Urban drainage systems, if not designed for such high demands, will not be able to drain the entire volume of the incident water, thus causing flood problems. One of the solutions adopted by several cities in the world is the replacement of unused roof areas for green roofs. The water retention capacity of green roofs fluctuates according to the seasons and the climate in which it is installed. This work aims to analyze the quantitative behavior of the green roof in rainfall events in the city of Londrina, comparing it with the concrete waterproofed roof and the ceramic roof. A prototype with 1 m² was built for each system. It were analyzed 7 months of rainfall, where an average efficiency of 65% in the water retention on the green roof was verified, against 17% in the ceramic roof, proving the benefit of the use of the rainwater management system.*

***Keywords**: Green Roof. Urban Drainage. Retention. Rain. Sustainability.*

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da área urbana das cidades tem impermeabilizado o solo, substituindo a camada vegetal preexistente por camadas impermeáveis como ruas, calçadas e edifícios.

Esse fato acarreta problemas como a drenagem urbana, que não suporta o nível elevado de escoamento da água ocasionado pelas chuvas, provocando enchentes. Aproximadamente 50% da superfície impermeável das áreas densamente povoadas é de espaços inutilizados nos telhados (DUNNETT; KINGSBURY, 2004 apud MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

A abordagem convencional para os problemas hídricos é o aumento da capacidade do sistema de drenagem da cidade, que ocasiona em grandes obras de infraestrutura, necessitando de altos investimentos e demasiado tempo de execução. Visando diminuir tais problemas, alguns países desenvolveram novos conceitos para abordar o manejo das águas na área urbana. Nos Estados Unidos foi implementado o *Low Impact Development* (LID - Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto). O Department of Defence (2016) define LID como uma estratégia de manejo de águas pluviais projetada para manter a hidrologia natural e mitigar os impactos adversos do escoamento de águas pluviais e da poluição das fontes. Uma das soluções abordadas pelo LID é a utilização de teto verde.

[1] MUSTAFA, W. F., ALVIM, C. A. do Nasc. Análise do sistema de telhado verde na gestão de águas pluviais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Esse sistema transforma a área inutilizada dos telhados em uma região permeável de solo. Tal sistema está sendo amplamente utilizado na Alemanha há mais de 40 anos pelos seus benefícios térmicos, acústicos, hidrológicos e diminuição dos efeitos das ilhas de calor (APPL; ANSEL, 2004). Outras cidades têm adotado o sistema como obrigatório para determinadas construções, como a cidade de Toronto, no Canadá, Copenhague, na Dinamarca (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015) e Recife, no Brasil (RECIFE, 2015).

O telhado verde é composto por camadas de impermeabilização, sistema drenante, composto orgânico e vegetação, que pode ser extensiva, semi-intensiva ou intensiva.

O estudo tem por objetivo, quantificar a capacidade de retenção de água da chuva no telhado verde na cidade de Londrina, Paraná, comparando-o com as coberturas comumente utilizadas (laje impermeável e telha cerâmica). Concomitante a isso, foi simulado a aplicação do sistema em um edifício de médio porte para comparar o volume de água minorado pelo telhado verde com a quantidade requerida pela resolução nº 18 do Conselho Municipal do Meio Ambiente (Londrina, 2009).

Para isso, foi desenvolvido um protótipo contendo os 3 tipos de coberturas, onde cada módulo possui 1m² e está ligado a um reservatório para as medições de volume.

## 2 DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana clássica ou higienista é o sistema mais utilizado nas cidades brasileiras, devido ao desinteresse em tratá-lo como um fator primordial no planejamento urbano (CANHOLI, 2005). Essa ideologia acarretou no subdimensionamento do sistema em consequência da falta de perspectiva do crescimento das cidades, que em alguns casos, torna impraticável a ampliação da rede.

O uso de telhado verde pode ser uma solução mais viável para a redução dos escoamentos das chuvas, que, dependendo da espessura do sistema de teto verde, pode reduzir a vazão de 50% a 90% (INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION, 2016), dispensando-se assim a necessidade de grandes obras de expansão do sistema de drenagem, além de contribuir com os aspectos ambientais. Os telhados com vegetação atuam retardando o pico de escoamento, reduzindo e distribuindo lentamente a água absorvida (MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

## 3 TELHADO VERDE

O telhado verde, também conhecido como teto verde, telhado ecológico ou teto vivo, utiliza plantas para melhorar a performance do telhado, a aparência, ou ambos (SNODGRASS; MCINTYRE, 2010).

Esta tecnologia iniciou-se nos anos 70 na Alemanha, quando o primeiro sistema foi desenvolvido e distribuído em grande escala (PHILIPPI, 2006), apoiando-se, também, em incentivos fiscais, sustentabilidade, proteção da

laje impermeabilizada e leis que obrigam a sua utilização em determinados edifícios.

Desde então, o mercado e a tecnologia evoluíram a tal ponto que em 2014, em apenas 8 países da Europa, foram construídos 11,25mi m² de telhado verde em apenas 1 ano (EUROPEAN FEDERATION GREEN ROOFS & WALLS, 2015).

A utilização dos telhados verdes proporciona diversos benefícios internos ao empreendimento e ao seu entorno, fornecendo melhorias econômicas para os moradores do edifício, para o município e para a natureza.

Estudos apontam a eficácia da cobertura vegetal na redução da temperatura interna ao prédio, redução do uso de energia elétrica e até mesmo melhoria da produtividade de funcionários (SUTTON; RODIE; SHELTON, 2014).

Localmente, o teto verde atua na redução da vazão de águas pluviais, ilha de calor, poluição do ar e restauração do habitat natural para animais nativos (OBERLANDER; WHITELAW; MATSUZAKI, 2002).

Segundo um estudo realizado na cidade de Toronto, a economia anual gerada pela construção de 50 milhões de metros quadrados de telhados verdes na cidade seria de 37,13 milhões de dólares canadenses (em torno de R$ 104.706.600,00) anualmente (BANTING et al., 2005).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento investigou a quantidade de água pluvial retida pelo sistema de teto verde, telhado impermeabilizado e telhado cerâmico analisando os fatores de evapotranspiração e escoamento. O estudo foi realizado no terraço do bloco "R" do departamento de Engenharia Civil, do Centro Universitário Filadélfia (UniFil), localizado na Rua Goiás, nº 2110, bairro Centro, Londrina – Paraná.

Os dados de escoamento foram obtidos medindo-se a quantidade de água retida nos reservatórios quando houve precipitação. Para fins de comparação dos dados de campo, foram considerados os índices pluviométricos do departamento de agrometeorologia do IAPAR, assim como, o horário de medição (às 9 horas da manhã).

### 4.1 Evapotranspiração

O termo evapotranspiração provém da aglutinação de dois fenômenos hídricos, a evaporação e a transpiração. A transformação da água em seu estado líquido para a forma gasosa é denominada de evaporação (AMORIM et al., 2010). As liberações de vapor pelas folhas das plantas, no entanto, recebem o nome de transpiração (NETTO, 1998).

O método empírico foi utilizado para a estimativa de evapotranspiração do protótipo e ele utiliza medições de diversas variáveis, que podem ser obtidas in loco ou em estimativas baseadas em medições de estações meteorológicas. A equação de Penman-Monteith é a mais utilizada para a

determinação da evapotranspiração de referência (ETPo) e é expressa pela equação (Equação 1).

$$ETP_o = \frac{0{,}408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{T+273}}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0{,}34 \cdot U_2)} \quad (1)$$

onde:

Δ: declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa/°C);

Rn: saldo de radiação diário (MJ/m².dia);

G: fluxo total diário de calor no solo (MJ/m².dia);

Γ: coeficiente psicrométrico (kPa/°C);

U2: velocidade do vento a 2 m de altura (m/s);

Es: pressão de saturação de vapor (kPa);

Ea: pressão atual de vapor (kPa);

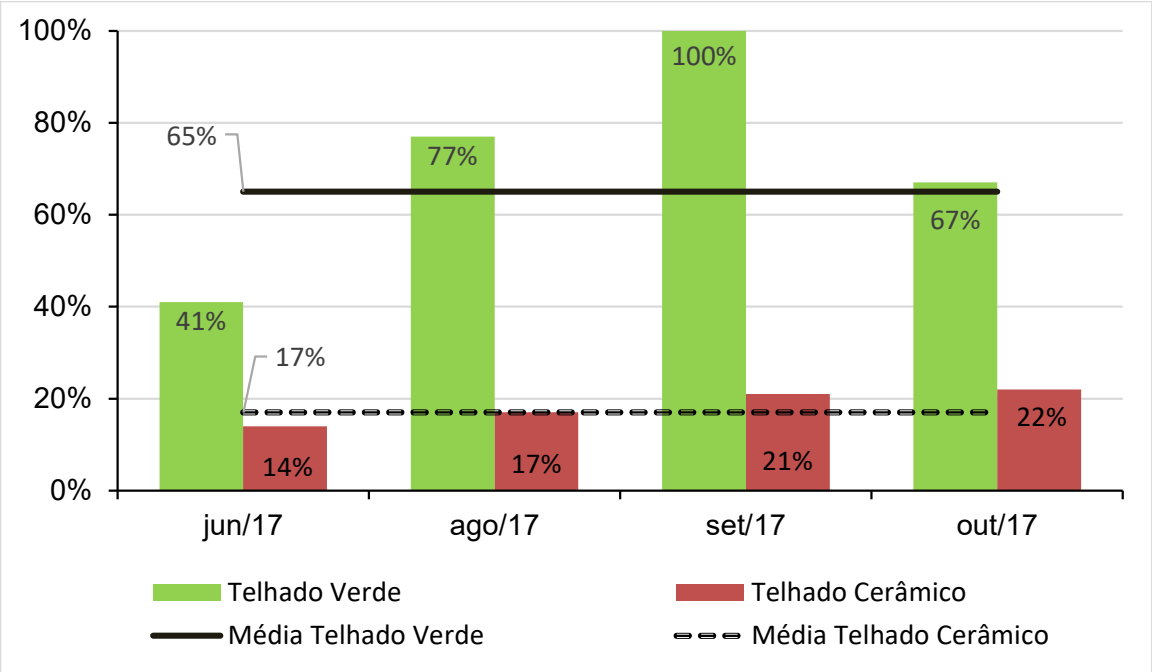
T: temperatura média do ar (°C).

Munido dos valores de ETPo diários, é possível quantificar a evapotranspiração potencial da vegetação analisada. Para isso, multiplica-se a ETPo por um coeficiente de cultura (Kc), determinado para cada tipo de cultivo.

### 4.2 Resultados

Após 7 meses de coleta de dados, foi analisado os volumes retidos pelos sistemas de telhado verde e laje cerâmica, utilizando a laje impermeável de controle, obteve-se uma média de retenção de 17% para o telhado cerâmico e 65% para o teto verde (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Gráfico de Retenção




Fonte: O Próprio Autor (2017)

### 4.3 Simulação

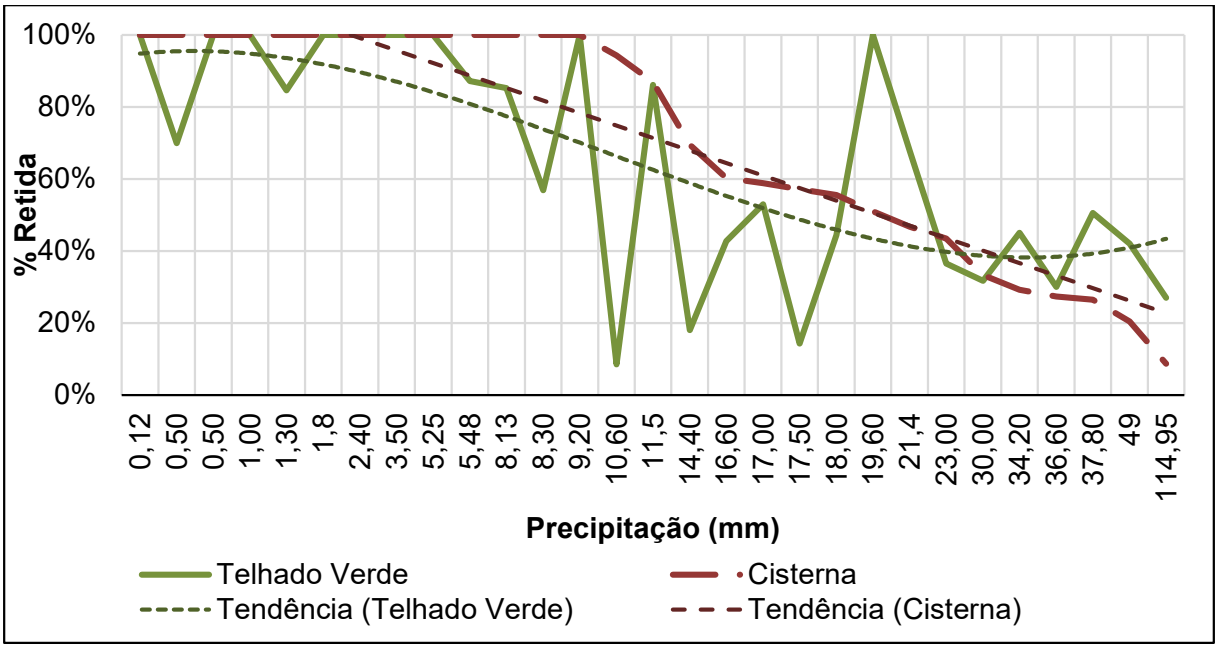
O edifício residencial de médio padrão, ainda em construção, possui 13 andares, um lote de 1.063 m² e área de projeção da torre de 332,8 m².

A resolução nº 18 do CONSEMMA torna obrigatória a captação de águas da chuva em construções maiores que 200m², cujo volume mínimo é de 1% da área de cobertura.

Aplicando a fórmula, obtém-se um volume mínimo da cisterna de 3,328 m³. Para simular a aplicação do telhado verde, foi considerada a área de cobertura de fibrocimento, que possui 273,47 m², área menor que a utilizada para obter o volume mínimo da cisterna. Empregando as mesmas características construtivas do protótipo, bem como os índices pluviométricos.

O sistema de cisterna reteve uma média de 73% da precipitação total, contra 65% no sistema de telhado verde. O experimento demonstrou ainda que há intensidades de chuva onde o telhado verde se iguala e chuvas onde o volume retido pela cisterna é superado (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Gráfico comparativo de retenção da cisterna e telhado verde de acordo com o volume precipitado




Fonte: O Próprio Autor (2017)

Apesar da retenção do telhado verde oscilar conforme as condições climáticas, é possível observar uma tendência em sua capacidade de absorção de acordo com a precipitação.

## 5 CONCLUSÕES

Os telhados ocupam cerca da metade das áreas urbanas, o que tende a se intensificar com o crescimento desordenado das cidades. Essa massificação amplifica a vazão de chuva escoada pelo sistema de drenagem urbana, que em certos pontos, não suportarão o alto fluxo de água, causando alagamentos.

Uma das formas para amenizar o problema é transformar este espaço inutilizado em telhados verdes, que irão absorver parte da precipitação. A capacidade de retenção de águas das chuvas não é um fator intransmutável, oscilando seus índices conforme a região instalada e a configuração do sistema.

Esse experimento demonstrou o comportamento de um protótipo com 1m² dos sistemas de laje impermeável, telhado cerâmico e o teto verde, durante os meses de junho a novembro, na cidade de Londrina, Paraná.

Utilizando a laje impermeável como controle de comparação, observou-se valores médios de 65% para o telhado verde e 17% para o telhado cerâmico. A partir da simulação da instalação do telhado verde em um edifício, verificou-se que a taxa de retenção de uma cisterna, em sua capacidade mínima exigida pelo CONSEMMA, é de 73%.

Constatou-se a suscetibilidade do telhado verde em sua capacidade de absorção de água da chuva perante as condições climáticas anteriores à precipitação, que influenciam na evapotranspiração da cobertura vegetal e na quantidade de água captada.

Portanto, o telhado verde demonstra-se uma alternativa viável para o controle da drenagem urbana, transformando áreas impermeáveis em zonas de absorção. A sua utilização em conjunto com cisternas permite o controle total na fonte do escoamento, fazendo com que o empreendimento tenha contribuições quase nulas no sistema de drenagem urbana.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, D. S. F. et al. **Evapotranspiração - Uma revisão sobre os métodos empíricos**. 1a ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2010.

APPL, R.; ANSEL, W. **Looking Ahead Future Oriented and Sustainable Green Roofs in Germany.** Greening Rooftops for Sustainable Communities. Anais...Portland: 2004.

BANTING, D. et al. Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the city of Toronto. **OCE-ETech**, [s. l.], p. 1–88, 2005.
CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

DEFENCE, D. OF. **Unified Facilities Criteria ( Ufc ) Design : Low Impact Development Manual.** Nova Iorque: U.S. Army Corps Of Engineers Naval, 2016.

EUROPEAN FEDERATION GREEN ROOFS & WALLS. **2015 White Paper**. Vienna: European Federation Green Roofs & Walls, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 20 maio. 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **Green Roof News**. GREEN ROOF NEWS, n. 2, 2016.

LONDRINA (Município). Resolução nº 18, de 29 de outubro de 2009. **Regulamenta a V Conferência Municipal de Meio Ambiente**. Londrina, 2009.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, v. 77, n. 3, p. 217–226, 2006.

NETTO, J. M. DE A. **Manual de Hidráulica.** 8a ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA., 1998.

OBERLANDER, C. H.; WHITELAW, E.; MATSUZAKI, E. **Introductory Manual For Greening Roofs.** Canadá: Public Works and Government Services Canada, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. World Urbanization Prospects. **Demographic Research**, p. 32, 2014.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C. **Greenbacks From Green Roofs: Forging a New Industry in Canada**. Canada: 1999.

PHILIPPI, P. **How to get cost reduction in green roof construction**. Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities. Anais...Boston: 2006.

RECIFE. Lei n. 18112, de 12 de janeiro de 2015. **Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências.** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 21 jun. 2018.

SNODGRASS, E. C.; MCINTYRE, L. **The Green Roof Manual: A Professional Guide to Design, Installation and Maintenance.** Portland: Timber Press, Inc, 2010.

SUTTON, R. K.; RODIE, S. N.; SHELTON, D. P. Stormwater Management: Green Roof Basics. **Water Management Water Quality**, p. 3–6, set. 2014.