



EFICIÊNCIA DOS TELHADOS VERDES NA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO PLUVIAL EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA

*Bruna Minetto⁽¹⁾; Rutinéia Tassi⁽¹⁾; Francisco Lorenzini Neto⁽¹⁾; Daniel Gustavo Allasia Piccilli⁽¹⁾;
Renata Celante⁽¹⁾; Paula Fensterseifer⁽¹⁾;*

⁽¹⁾ Universidade Federal de Santa Maria, bruna_minetto@hotmail.com

RESUMO

A urbanização causa diversos impactos ao meio ambiente e à saúde do ser humano. Problemas como enchentes, ilhas de calor, poluição atmosférica, degradação da qualidade da água e a redução de áreas verdes estão ligados ao aumento da impermeabilização do solo. A implementação de práticas sustentáveis na drenagem urbana é de grande importância, como o Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), que tem como objetivo preservar e reproduzir os processos hidrológicos de um determinado local o mais próximo possível daqueles que ocorriam antes da urbanização, usando técnicas de infiltração, armazenamento, filtração, evapotranspiração e retenção do escoamento na fonte. As estruturas mais empregadas para atingir os objetivos do DBI são as biorretenções, cisternas, pavimentos permeáveis e telhados verdes. Os telhados verdes, especificamente, promovem o controle quantitativo, pois tem o potencial de redução de escoamento urbano, a partir da retenção de águas pluviais, diminuindo o volume total escoado, atrasando o tempo de pico e reduzindo a vazão de pico. Sendo assim, uma importante ferramenta para avaliar o comportamento dos telhados verdes é a modelagem hidrológica, sistema que permite simular chuvas não monitoradas a partir da calibração de um modelo utilizando dados previamente monitorados. Para este estudo foram realizadas simulações utilizando um modelo chuva-vazão, chamado HUS-TVM, para avaliar a eficiência dos telhados verdes na redução do escoamento pluvial e do pico de vazão em uma bacia hidrográfica urbana, levando em consideração diferentes eventos de chuva e cenários de implementação de telhados verdes. Após as simulações, foi possível observar que, com a substituição total dos telhados convencionais por telhados verdes, seria possível reduzir em aproximadamente 30% do volume escoado e 34% da vazão de pico escoada nas redes de drenagem.

Palavras-chave: Telhados Verdes; Modelagem Hidrológica; Redução do Escoamento Pluvial; Desenvolvimento de Baixo Impacto.



INTRODUÇÃO

Desde o primeiro recenseamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 1872, até o censo de 2010, a população brasileira tinha mostrado um aumento em seu contingente de quase vinte vezes. Este crescimento populacional, em conjunto com o crescimento econômico, se refletiu nas grandes expansões das cidades, sendo que, em 2010, cerca de 84,36% dos brasileiros viviam em áreas urbanas (IBGE, 2010).

Porém, a expansão dos centros urbanos ocorreu de uma forma desorganizada e sem planejamento do ponto de vista ambiental, sem que houvesse a consciência da importância das alterações de cobertura do solo e da topografia. A cobertura original foi substituída por edificações e grandes obras urbanas, que acabaram impermeabilizando grande parte das áreas. As alterações da cobertura do solo, decorrentes da urbanização, têm diversas consequências negativas no nosso meio, como alteração nos padrões de drenagem natural das águas pluviais, deslizamento de encostas e inundações e alagamentos, problemas esses que se relacionam com complicações na saúde pública (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011). Ainda, neste contexto, ocorre a formação de ilhas de calor, que é um fenômeno recorrente em grandes cidades, onde as áreas verdes foram substituídas por superfícies compostas de concreto e asfalto. Essas superfícies absorvem e retêm o calor por mais tempo que as áreas verdes (ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011), causando um acréscimo nas temperaturas desses locais.

Para minimizar os efeitos negativos causados pela urbanização, começaram a ser estudadas novas técnicas e sistemas que têm como ideologia manter e reproduzir o ciclo hidrológico natural de determinada região. O uso dessas técnicas permite que a água pluvial se infiltre no solo e facilite a evapotranspiração, consequentemente diminuindo a vazão e o volume de água pluvial nos escoamentos superficiais. Nessas técnicas, novas estruturas foram propostas, tais como biorretenções, reservatórios para aproveitamento de água da chuva, pavimentos permeáveis e os telhados verdes.

Os telhados verdes são estruturas com grande disseminação e incentivo em cidades com problemas ambientais e/ou com um ideal de criar uma infraestrutura urbana mais resistente e bonita (SUTTON, 2015). Com eficiência comprovada, os telhados verdes retêm e drenam com menor velocidade a precipitação (TASSI et al. 2014), diminuem os efeitos das ilhas de calor nas cidades (SMITH AND ROEBBER, 2011), são eficientes para maior conforto térmico (PALMEIRA, 2016) e acústico (RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2009; TENILE, 2013)

nas edificações, e ainda podem melhorar alguns aspectos da qualidade da água drenada (PESSOA, 2016).

A avaliação da eficiência dos telhados verdes na retenção da água da chuva pode ser mensurada a partir da instalação de uma estrutura com telhado verde e uma rede de monitoramento durante um grande período de tempo. Porém, quando isso não é possível, ou quando os dados do monitoramento são pouco representativos, uma alternativa é a modelagem. A modelagem permite simular e analisar o desempenho dos telhados verdes em diferentes cenários, a partir da calibração de um modelo matemático utilizando dados monitorados em um período de tempo menor. Assim, neste trabalho foi utilizado um modelo matemático para simular a presença de telhados verdes em uma bacia hidrográfica urbana, possibilitando a avaliação da eficiência dos telhados verdes para eventos de chuva de diferentes intensidades e em diferentes cenários de implementação.

METODOLOGIA

Para avaliar a influência da substituição de telhados convencionais por telhados verdes no meio urbano, foram realizadas modelagens matemáticas. Para isso, foi utilizada uma representação de parte da área de drenagem da bacia do Arroio da Areia, localizada em área urbanizada na cidade de Porto Alegre (RS) com, aproximadamente, 28 hectares de área. Sendo que, 59% dessa área foi considerada totalmente impermeável, condizendo com a realidade encontrada na bacia. Para analisar a eficiência dos telhados verdes na redução do volume e da vazão de pico do escoamento superficial, foram realizadas simulações utilizando o modelo HUS-TVM (LORENZINI, 2014), em combinação com o modelo Schaake (SCHAAKE, 1971; TASSI, 2002). O modelo HUS-TVM foi desenvolvido com base no produto do monitoramento de um telhado verde extensivo do tipo modular, e é capaz de reproduzir a transformação chuva-vazão nesse sistema. O modelo Schaake é utilizado para transformação chuva-vazão em outras superfícies no meio urbano, bem como a propagação em redes de drenagem.

A combinação desses dois modelos permitiu avaliar diferentes cenários, incluindo chuvas de diferentes intensidades, percentual de telhados verdes (TVs) e convencionais (TCs) nas edificações. Com relação às chuvas, foram empregados cinco eventos, sendo três observados e dois de projeto. Os eventos de chuva observados possuem diferentes volumes e intensidades máximas (6,7mm - 35,7 mm.h⁻¹; 9,8mm - 69,5 mm.h⁻¹; 19,4mm - 106,7 mm.h⁻¹), e as chuvas de projeto com períodos de recorrência de 5 e 10 anos (35mm - 120,6 mm.h⁻¹; 38,6mm - 133,2 mm.h⁻¹) foram obtidas a partir da equação IDF do Aeroporto Salgado Filho de Porto Alegre,

local próximo à área de estudo (BEMFICA, 1999). Para as simulações, assumiu-se, primeiramente, um cenário no qual a bacia urbana possuía apenas TCs e, na sequência, foram avaliados cenários com a presença de 25%, 50%, 75% e 100% de TVs nas coberturas das edificações.

Os resultados das simulações foram avaliados de forma a determinar a porcentagem de redução do volume de escoamento (V) e da vazão de pico (Qp) do escoamento superficial, a partir das equações (1) e (2), respectivamente.

$$V = \left(1 - \left(\frac{\text{Volume hidrograma simulado TC}}{\text{Volume hidrograma simulado TV}} \right) \right) * 100\% \quad (1)$$

$$Qp = \left(1 - \left(\frac{Qp \text{ hidrograma simulado TC}}{Qp \text{ hidrograma simulado TV}} \right) \right) * 100\% \quad (2)$$

Sendo:

V = porcentagem de redução de volume do escoamento em porcentagem;

Qp = porcentagem de redução da vazão de pico em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos resultados encontrados nas simulações, é possível observar na Tabela 1 que os telhados verdes demonstraram-se eficientes na retenção de parte do volume de escoamento superficial, e na redução das vazões de pico propagadas nos sistemas de drenagem (Tabela 2).

Tabela 1. % de retenção de volume para chuvas observadas e de projeto.

Presença de TVs (%)	Chuva 1 - 6,7mm	Chuva 2- 9,8mm	Chuva 3- 19,4mm	TR-5 ANOS	TR-10 ANOS	% Média
25	6,64	6,27	5,27	3,87	3,61	5,13
50	16,15	15,31	13,18	10,26	9,65	12,91
75	28,85	27,37	23,74	18,77	17,70	23,29
100	36,79	34,92	29,17	24,10	22,74	29,54

Tabela 2. % de redução do pico de vazão para chuvas observadas e de projeto.

Presença de TVs (%)	Chuva 1 - 6,7mm	Chuva2 - 9,8mm	Chuva3 - 19,4mm	TR-5 ANOS	TR-10 ANOS	% Média
25	6,31	6,46	6,00	4,91	4,82	5,70
50	17,01	16,62	15,38	12,49	12,13	14,73
75	31,20	30,12	27,86	22,57	21,75	26,70
100	40,07	38,49	35,53	28,76	27,69	34,11

O percentual de redução de escoamento superficial aumentou com o aumento da presença de TVs, o que pode ser verificado na figura 1, para um dos eventos avaliados. Ainda, com relação às chuvas simuladas, verificou-se que quanto menor a intensidade e volume da chuva, maior é

a eficiência na retenção de volume e redução da vazão de pico (figura 2a e 2b). O efeito dos TVs na redução das vazões de pico foi mais pronunciado que na retenção do escoamento, devido à limitada capacidade de armazenamento.

Figura 1. Hidrograma da chuva observada de 6,7 mm.

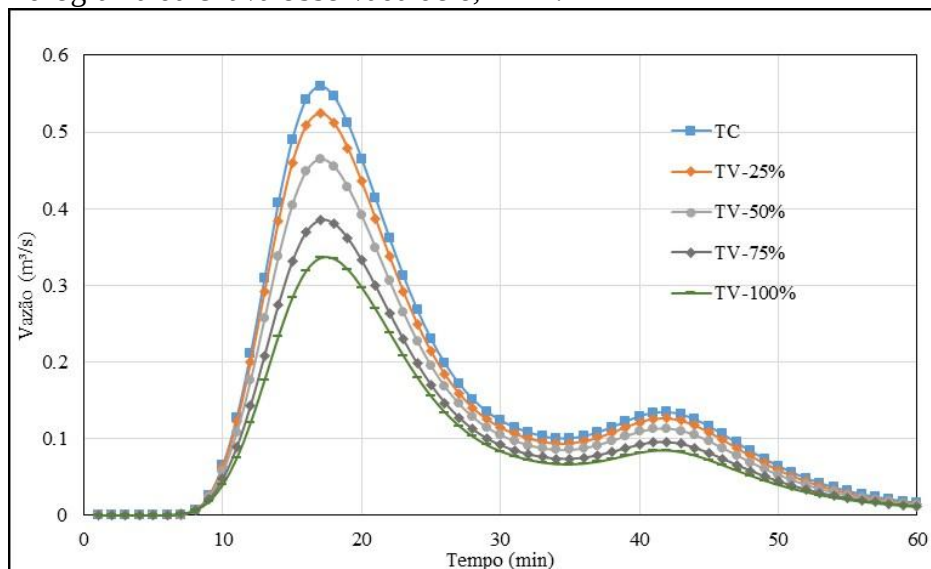
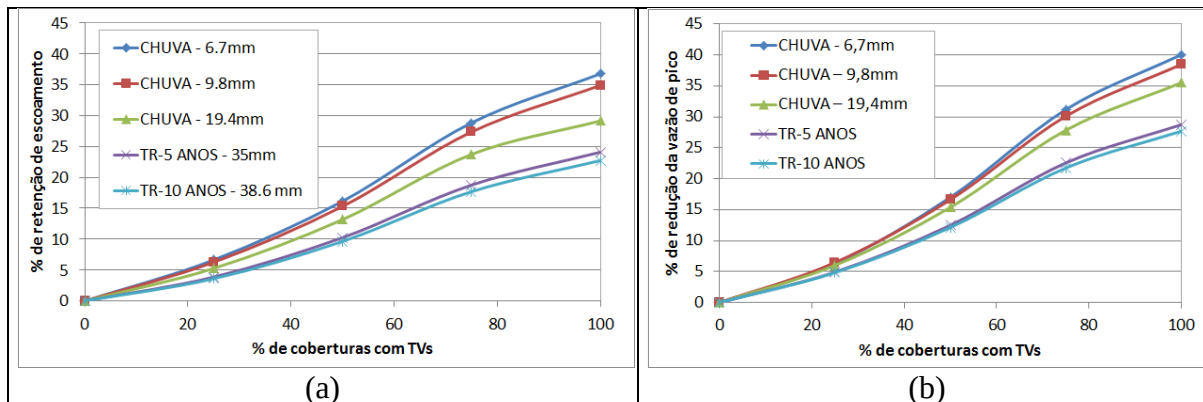


Figura 2. Porcentagem de retenção de volume (a) e de redução da vazão de pico (b) para diferentes chuvas.



CONCLUSÕES

Neste trabalho avaliou-se a eficiência de TVs na redução do volume de escoamento superficial e da vazão de pico em uma bacia urbana de 28 hectares, realizando variações percentuais nas quantidades de TVs presentes nas coberturas das edificações. Assim, foi possível observar que, quanto maior o percentual de telhados verdes, maior a redução do escoamento, chegando a valores médios de, aproximadamente, 30% para a retenção de volume, e de 34% para a redução da vazão de pico. Além disso, simulando diferentes eventos de chuva verificou-se que quanto menor a intensidade da chuva maior é a eficiência dos TVs.



Desta maneira, pode-se concluir que os TVs são uma alternativa eficiente para mitigar os problemas causados pelo excesso de escoamento pluvial nas cidades. Além de apresentarem eficiência no manejo das águas pluviais, também podem garantir conforto térmico e acústico, melhoria da qualidade do ar, e devolver espaços verdes na áreas urbanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEMFICA, D. **Verificação da Aplicabilidade de Padrões de Chuvas de Projeto de Porto Alegre**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- LORENZINI, F. N. **Modelagem de telhado verde: uma análise da eficiência no controle do escoamento pluvial em diferentes escalas**. 2014. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.
- PALMEIRA, A. N. **Balanço de energia em telhado verde**. 2016. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- PESSOA, J. O. **Qualidade de águas pluviais escoadas a partir de telhados verdes extensivos em Santa Maria – RS**. 2016. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- PIOVESAN, T. R. **Caracterização acústica de dois sistemas modulares de telhados verdes brasileiros**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.
- VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. **Building and environment**, v. 44, n. 5, p. 1081-1087, 2009.
- ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V.. **Ocupação do Solo e Ilha de Calor Noturna em Avenidas Marginais a Um Córrego Urbano. Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 11, n. 3, p. 161-175, jul./set. 2011.
- SCHAAKE, J. C. Modeling Urban Runoff as a Deterministic Process. In: **Treatise Urban Water Systems**. Colorado State University, 1971, p. 343-401.
- SMITH, K. R.; ROEBBER, P. J. Green roof mitigation potential for a proxy future climate scenario in Chicago, Illinois. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 50, n. 3, p. 507-522, 2011.
- SUTTON, R. K. **Green Roof Ecosystems**. Springer International Publishing. University of Nebraska, United States, 2015.
- TASSI, R. **Efeito dos Microrreservatórios de lote sobre a Macrodrenagem Urbana**. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- TASSI, R.; et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. **Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 14 n. 1, p. 139-154, jan/mar. 2014.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2011. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de Textos, São Paulo.