

# ESCOAMENTO PLUVIAL EM TELHADOS VERDES EXTENSIVOS DE DIFERENTES ESCALAS

Cristiano Gabriel Persch, Bruna Minetto, Rutinéia Tassi y Daniel Gustavo Allasia Piccilli

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

E-mail:cristianopersch@gmail.com, bruna\_minetto@hotmail.com, rutineia@gmail.com, dga@ufsm.com.br

## Introdução

A alta taxa de impermeabilização, característica dos centros urbanos, é o principal fator responsável pela elevada incidência de inundações (O'Driscoll et al., 2010). Dentro de uma perspectiva de Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), além de inúmeros outros benefícios, os telhados verdes (TV) apresentam-se como excelentes alternativas para o controle de escoamento superficial (Hill et al., 2017; Tassi et al., 2014).

Os TV atuam na retenção e detenção do escoamento pelo processo de armazenamento de água nas camadas constituintes, e na liberação lenta e gradual do excesso do volume precipitado (Stovin; Vesuviano; De-Ville, 2017). Diversos estudos investigam a influência de diferentes fatores nesse comportamento, como a profundidade, tipo e características do substrato (Graceson et al., 2013; Liberalesso, 2018), características da cobertura vegetal (Stovin et al., 2015; Whittinghill et al., 2015), tipo e volume precipitado, sazonalidade (Nawaz; McDonald; Postoyko, 2015), entre outros.

Além destes aspectos, em termos hidrológicos, a maioria das pesquisas que avalia o comportamento de TV está restrita a experimentos conduzidos com unidades de pequeno tamanho, sem que seja estabelecida uma relação entre a área dos TV e o efeito no controle do escoamento resultante. Dessa forma, muitos resultados desses estudos são utilizados em cenários com a aplicação em escala regional, sem qualquer relação de escala (Hakimdavar et al., 2014), produzindo, por vezes, resultados questionáveis.

Assim, o bom entendimento do funcionamento e eficiência de TV em diferentes escalas permite sua aplicação como um elemento subsidiário à gestão das águas pluviais em escala global (Eckart; Mcphee; Bolisetti, 2017), bem como a incorporação em um plano de gerenciamento em uma bacia hidrográfica (Carter & Jackson, 2007). Neste sentido, o presente artigo apresenta conclusões preliminares a respeito do efeito da escala no comportamento hidrológico de dois TV extensivos instalados na Região Sul do Brasil.

## Materiais e métodos

A avaliação do efeito de escala foi realizada a partir do monitoramento de dois telhados verdes extensivos, com metragens de 6m<sup>2</sup> (TV6) e 12m<sup>2</sup> (TV12), localizados na cidade de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A região é caracterizada por um clima mesotérmico brando Cfa (temperado quente), com temperaturas médias do mês mais frio entre 13°C e 15°C e médias dos meses mais quentes superior a 24°C, com máximas absolutas oscilando entorno dos 39°C. A precipitação é regular durante todo o ano, com índices pluviométricos anuais entre 1.500 mm e 1.600 mm (Löbller; Scoti; Werlang, 2015).

Os TV monitorados têm a mesma composição, variando entre si apenas a área de drenagem. As camadas constituintes foram compostas por vegetação (*Sedum rupestre*), substrato de 80mm (solo da região in natura), membrana geotêxtil, camada de drenagem (MacDrain®2L) e impermeabilização. As estruturas estão dispostas verticalmente a aproximadamente 2,0m do solo.

Para o monitoramento temporal da chuva foi instalado um pluviógrafo sobre os telhados com precisão de 0,2mm. Em cada

uma das estruturas foi provisionado um reservatório na região inferior, contendo um sensor de nível de baixo custo do tipo ultrassom para monitorar a variação do escoamento em escala de tempo. O intervalo temporal de medição da precipitação e do nível foi de 5s. A partir das leituras dos sensores e a prévia cubagem dos reservatórios, foi determinado o fluxo de escoamento superficial, em função da área de cada TV. O período de monitoramento se estendeu de novembro de 2017 a março de 2018. Os eventos monitorados foram separados em três diferentes classes, conforme recomendados pelo SCS (1971): condição de umidade antecedente do solo (UAS I, II e III) considerando o volume de chuva ocorrido nos cinco dias que antecedem o evento monitorado. Assim: UAS I, quando a precipitação é menor que 13 mm; UAS II quando a precipitação está entre 13 e 28 mm; e UAS III nos casos de precipitação maior que 28 mm nos cinco dias antecedentes ao evento. O número de dias antecedentes sem chuva também foi determinado.

## Resultados e discussão

Durante o período de monitoramento, foram registrados 18 eventos, dos quais 10 geraram escoamento (Tabela 1). A precipitação acumulada no período foi de 420mm, aproximadamente.

Entre os 10 eventos que produziram escoamento, oito eventos (80%) registraram escoamento (L/m<sup>2</sup>) menor para o TV12, quando comparado ao TV6. A melhor eficiência no controle do escoamento também pode ser observada considerando os valores médios do coeficiente de escoamento superficial, que foram de 0,44 (TV12) e 0,63 (TV6).

Tabela 1.- Resultados do monitoramento.

Evento	Precipitação (mm)	C		VR (mm)		ADWP	UAS I, II, III
		TV6	TV12	TV6	TV12		
1	3.90	0.00	0.00	3.90	3.90	3	I
2	18.10	0.00	0.00	18.10	18.10	6	I
3	11.10	0.00	0.00	11.10	11.10	6	I
4	21.60	0.00	0.00	21.60	21.60	7	I
5	8.60	0.00	0.00	8.60	8.60	11	I
6	20.20	0.00	0.00	20.20	20.20	6	I
7	12.00	0.00	0.00	12.00	12.00	3	III
8	5.30	0.00	0.00	5.30	5.30	2	I
9	12.40	0.52	0.73	5.96	3.40	1	III
10	4.00	0.53	0.24	1.89	3.05	1	III
11	42.00	0.66	0.30	14.08	29.53	4	II
12	48.60	0.74	0.25	12.80	36.38	11	I
13	34.00	0.56	0.36	14.82	21.69	10	II
14	42.00	0.70	0.33	12.79	27.98	0	I
15	62.00	0.88	0.51	7.14	30.37	3	I
16	11.00	0.29	0.29	7.83	7.79	4	III
17	10.00	0.64	0.82	3.56	1.81	1	III
18	54.00	0.80	0.56	10.65	23.55	4	II
<b>Total</b>	420.80			192.32	286.35		
		<b>Média</b>	0.63	0.44	10.68 L/m <sup>2</sup>	15.91 L/m <sup>2</sup>	

C - Coeficiente de Escoamento  
VR - Volume Retido  
ADWP - Dias Antecedentes sem Chuvas  
UAS - Umidade Antecedente do Solo

Ainda, do total precipitado no período, cerca de 45% e 68% do volume de chuva ficaram retidos nas camadas dos telhados TV6 e TV12, respectivamente. O TV6 armazenou, em média, 10,68 L/m<sup>2</sup>, enquanto no TV12 o armazenamento médio foi de 15,91 L/m<sup>2</sup>, o que permite concluir que o maior TV foi mais eficiente no controle do escoamento.

Para os eventos de chuva de maior magnitude, considerados nesse estudo aqueles com volume acima de 30mm, o TV12 se comportou de forma a reduzir o coeficiente de escoamento para 0,40, enquanto que o TV6 aumentou a proporção escoada, com um coeficiente de 0,72. Ainda, de acordo com os dados monitorados da Tabela 1, quando os volumes de chuva foram inferiores a 30mm, o coeficiente de escoamento se manteve similar para ambas as estruturas (C = 0,55), comportamento análogo ao encontrado por Hakimdavar et al (2014).

Considerando a UAS, 56% dos eventos monitorados estiveram na condição UAS I, 17% em UAS II e 28% em UAS III. Verificou-se que para o TV12 o coeficiente de escoamento médio variou entre 0,18 (UAS I) e 0,41 (UAS II e UAS III). Para o TV6 o resultado encontrado foi 0,31 (UAS I), 0,68 (UAS II) e 0,40 (UAS III).

Portanto, períodos antecedentes secos promoveram um melhor desempenho no controle do escoamento em ambos TV. Alguns estudos (Nawaz; McDonald; Postoyko, 2015; Stovin; Vesuviano; De-Ville, 2017), já sugerem esse efeito. Também, com base nos resultados obtidos até o momento, há indicativos de que à medida em que o substrato do TV se encontra próximo à saturação, ambas estruturas passam a apresentar comportamento hidrológico semelhante, com coeficientes de escoamento praticamente idênticos.

## Conclusão

A pesquisa sobre o comportamento hidrológico de telhados verdes vem crescendo rapidamente nas últimas décadas, uma vez que detém potencial de se tornarem um componente importante na infraestrutura de gestão das águas urbanas. Estudos recentes relatam a eficácia dos sistemas em reduzir e retardar a geração de escoamento no contexto de diferentes configurações e condições climáticas.

Analisando os dados obtidos neste estudo, pode-se concluir que os telhados verdes se constituem em uma alternativa eficiente para mitigar problemas de alagamentos no meio urbano, visto que os sistemas analisados têm capacidade média de retenção de volume de chuva de 10 e 15 mm. Ainda mais, observou-se que a escala do telhado verde é um importante determinante do desempenho hidrológico e deve ser considerado durante os esforços futuros de planejamento.

## Referências

- Carter, T., & Jackson, C. R. (2007). Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. *Landscape and Urban Planning*, 80(1–2), 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.06.005>
- Eckart, K., McPhee, Z., & Bolisetti, T. (2017). Performance and implementation of low impact development – A review. *Science of the Total Environment*, 607–608, 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>
- Graceson, A., Hare, M., Monaghan, J., & Hall, N. (2013). The water retention capabilities of growing media for green roofs. *Ecological Engineering*, 61(PA), 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.030>
- Hakimdavar, R., Culligan, P. J., Finazzi, M., Barontini, S., & Ranzi, R. (2014). Scale dynamics of extensive green roofs: Quantifying the effect of drainage area and rainfall characteristics on observed and modeled green roof hydrologic performance. *Ecological Engineering*, 73, 494–508. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.080>

Hill, J., Drake, J., Sleep, B., & Margolis, L. (2017). Influences of Four Extensive Green Roof Design Variables on Stormwater Hydrology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 22(8), 4017019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001534](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001534)

Liberalesso, T. (2018). *Telhados Verdes Extensivos: Influência da composição do substrato na retenção hídrica e no desenvolvimento da vegetação*. Universidade Federal de Santa Maria.

Löbler, C. A., Scoti, A. A. V., & Werlang, M. K. (2015). Contribution to the delineation of Pampa and Atlantic Forest biomes in Santa Maria, RS. *Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental*, 19(2), 1250–1257. <https://doi.org/10.5902/2236117016038> Contribuição

Nawaz, R., McDonald, A., & Postoyko, S. (2015). Hydrological performance of a full-scale extensive green roof located in a temperate climate. *Ecological Engineering*, 82, 66–80. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.061>

O'Driscoll, M., Clinton, S., Jefferson, A., Manda, A., & McMillan, S. (2010). Urbanization Effects on Watershed Hydrology and In-Stream Processes in the Southern United States. *Water*, 2(3), 605–648. <https://doi.org/10.3390/w2030605>

Stovin, V., Poë, S., De-Ville, S., & Berretta, C. (2015). The influence of substrate and vegetation configuration on green roof hydrological performance. *Ecological Engineering*, 85, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.09.076>

Stovin, V., Vesuviano, G., & De-Ville, S. (2017). Defining green roof detention performance. *Urban Water Journal*, 14(6), 574–588. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1049279>

Tassi, R., Tassinari, L. C. da S., Picilli, D. G. A., & Persch, C. G. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, 14(3), 139–164. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100012>

Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., Andresen, J. A., & Cregg, B. M. (2015). Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. *Urban Ecosystems*, 18(1), 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0386-8>