



Água e Sustentabilidade Ambiental: Desafios e ação

29 junho -1 julho 2022

Universidade de Aveiro

Organização



LIVRO DE RESUMOS



Photo by Bruno Ferreira on Unsplash

Platina



Gold



Prata



Apoios



Livro de resumos

XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

ORGANIZAÇÃO



PATROCINADORES E APOIANTES

Platina



Gold



Prata



Apoios



APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
APESB - Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária
ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária

Título

Livro de Resumos do XX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Local

Universidade de Aveiro

Data

29 junho - 1 julho 2022

Edição

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

ISBN

978-989-8509-31-4

1ª Edição: Julho de 2022

Site do evento: <https://www.aprh.pt/20silubesa/>

Email APRH: aprh@aprh.pt

INFRAESTRUTURAS VERDES URBANAS E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA EM MEIO URBANO

Cristina Santos¹, Cristina Monteiro²

¹ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto; CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Terminal de Cruzeiros de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, 4450-208 Matosinhos, Portugal; csantos@fe.up.pt

² CBQF-Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa, Rua Diogo Botelho 1327, 4169-005 Porto, Portugal, cmonteiro@ucp.pt

RESUMO

As recentes alterações climáticas e os efeitos que daí advêm (nomeadamente os eventos de precipitação extrema, que ocorrem cada vez com mais frequência e intensidade) aliados à elevada impermeabilização das grandes cidades, originam cheias e inundações, com elevados prejuízos económicos, sociais e ambientais. As mudanças da paisagem urbana são um enorme desafio que as cidades irão ter de enfrentar e ultrapassar, para manter a qualidade de vida das populações e das gerações futuras. Desta forma, é fundamental investir em soluções tecnológicas que contribuam ativamente e de forma sustentável para a gestão urbana das águas pluviais e dos sistemas de drenagem associados. As infraestruturas verdes urbanas, desde que devidamente integradas na paisagem e projetadas para o fim em questão, estão no centro de uma solução auspiciosa para alcançar a resiliência das cidades no que respeita a gestão das águas pluviais. Entre as várias tecnologias, as coberturas ajardinadas e os jardins verticais encontram-se entre as soluções mais promissoras e com um elevado potencial de aplicação, dado a sua instalação ser efetuada em espaços normalmente não utilizados ou subaproveitados. Vários estudos realizados têm demonstrado a eficácia e o potencial destas estruturas na gestão das águas pluviais urbanas, através da retenção do escoamento e do atraso do pico de cheia, nas várias camadas da sua estrutura. Por outro lado, as infraestruturas verdes, contribuem para a melhoria da qualidade da água de escoamento que poderá ser reutilizada, contribuindo assim para a sustentabilidade do ciclo urbano da água e também para a economia circular. Nesta apresentação será demonstrado o efeito destes sistemas na gestão das águas pluviais em meio urbano, em termos qualitativos e quantitativos.

Palavras-Chave: coberturas ajardinadas; infraestruturas verdes; gestão águas pluviais; sustentabilidade urbana.

1. INTRODUÇÃO

As cidades são sistemas complexos em constante evolução. A comunidade urbana tem

reconhecido a necessidade de promover uma utilização eficiente dos recursos naturais de forma a garantir um ambiente sustentável e resiliente face às alterações climáticas, assumindo um papel decisivo nesta mudança. Neste âmbito, têm surgido um pouco por todo o mundo, as chamadas *nature-based solution*, NbS (soluções baseadas na natureza), que trazem a natureza de volta ao espaço urbano e mimetizam os seus processos naturais. Estas soluções apresentam múltiplas vantagens a vários níveis (energético, hídrico e social), sendo por isso consideradas uma das melhores estratégias na adaptação das cidades aos grandes desafios climáticos atuais. Os benefícios das NbS para a gestão dos recursos hídricos e para a melhoria do ambiente urbano estão reportadas nos mais recentes relatórios da Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2021). As NbS complementam as infraestruturas tradicionais de drenagem urbana e, de entre as várias opções existentes, as coberturas verdes têm-se destacado pela sua viabilidade de aplicação a nível internacional e pelos benefícios que trazem ao ciclo urbano da água. Este estudo teve como principal objetivo definir o impacto das coberturas verdes no escoamento das águas pluviais, tanto a nível quantitativo como qualitativo, e perceber como se pode otimizar os resultados obtidos.

2. ENQUADRAMENTO

As coberturas verdes (CV) são sistemas constituídos por várias camadas, implementadas sobre a cobertura/laje de um edifício ou estrutura. A constituição típica e mais comum das CV inclui uma tela de impermeabilização, uma camada drenante, um substrato e, no topo, as plantas. Estas estruturas classificam-se, genericamente, em duas categorias: (1) coberturas intensivas, com uma altura de substrato superior a 0.25 m, e (2) coberturas extensivas, com altura de substrato menos profunda, de 0.06- 0.15 m (Pearlmutter, *et al.*, 2020) (Moghbel & Salimb, 2017). As suas vantagens abrangem diversos aspetos, tais como:

- **Redução e retenção do escoamento superficial** – as CV retêm eficazmente uma percentagem das águas pluviais na sua estrutura, atrasando o seu escoamento para os sistemas de drenagem já existentes, reduzindo por isso a ocorrência de inundações a jusante (Liu, Q., Chen, Wei, & Deo, 2019). Esta redução deve-se principalmente à retenção das águas pluviais no substrato e camada drenante, que posteriormente poderá ser consumida pelas plantas ou evaporar-se para a atmosfera.
- **Melhoria da qualidade das águas pluviais que escoam pela CV** – todas as camadas existentes nas CV, podem atuar como um filtro que retém diversas partículas das águas pluviais, reduzindo a concentração de sólidos suspensos totais no escoamento superficial (Zhang, *et al.*, 2015). Vários estudos indicam que o substrato é um dos elementos críticos que mais influencia a qualidade da água escoada das CV (Gong, *et al.*, 2019).
- **Aumento do conforto térmico no interior dos edifícios** – as CV contribuem para um melhor isolamento térmico o que resulta numa diminuição do consumo energético para climatização. De acordo com Moghbel, *et al.* (2017), os espaços interiores

de um edifício com CV apresentam temperaturas mais baixas e mais moderadas quando comparadas com telhados tradicionais, redução que varia entre 0.4-1.4°C (Morakinyo et al. (2017)).

3. O CONTRIBUTO DAS COBERTURAS VERDES PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

3.1 Retenção e atraso no pico de cheia

A retenção das águas pluviais numa CV está diretamente relacionada com as características do substrato, mais concretamente com a porosidade e com a humidade no instante em que a chuvada começa. Os poros que se formam entre as partículas na estrutura do substrato, atuam como uma série de tubos que armazenam e controlam o caudal escoado. No decorrer deste percurso, parte da água acaba por ser consumida pelas plantas, pelo que o volume total de escoamento superficial no final de um evento de precipitação é sempre inferior ao de uma cobertura convencional. Desta forma, a capacidade de retenção de uma CV é calculada como a diferença entre o caudal de ponta escoado na CV e o caudal de ponta escoado de uma cobertura convencional, sendo essa diferença maior em chuvadas de baixa intensidade.

A redução do escoamento superficial pode atingir valores entre 50 a 100% dependendo de diversos fatores associados às características da própria CV, mas também de aspetos externos (Figura 2). Parte da água que fica retida na CV é consumida pelas plantas, sendo posteriormente devolvida à atmosfera por evapotranspiração.

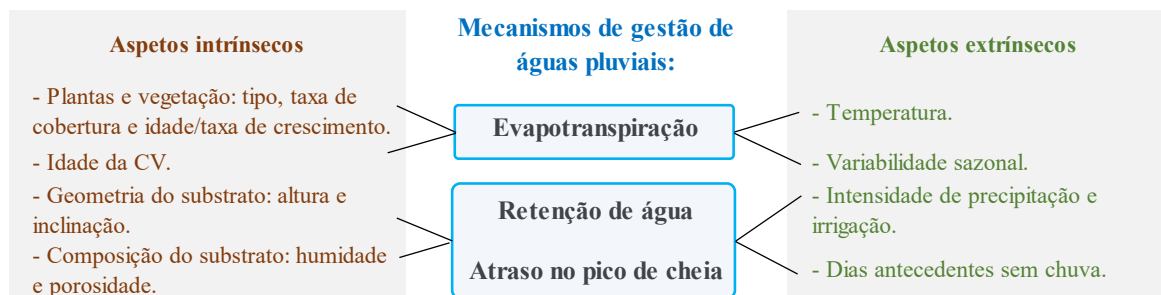


Figura 2 – Fatores que influenciam o desempenho hídrico de uma CV.

3.2 Qualidade da água escoada

As CV alteram as características qualitativas do escoamento superficial urbano, devido aos vários processos físico-químicos que ocorrem nas diferentes camadas que a compõem, podendo atuar como um filtro ou como uma fonte de contaminantes (FEMA, 2021). Os seguintes fatores são preponderantes na qualidade da água escoada por uma CV (Molineux, Newport, Ayati, Wang, & Connop, 2016): (1) Tipo de materiais usados (composição do substrato, da camada drenante, da tela de impermeabilização e dos tubos de drenagem); (2) Tipo de vegetação na CV e estação do ano (uso de nutrientes

pela biomassa); (3) Altura do substrato; (4) Tipo de drenagem; (5) Manutenção e uso de fertilizantes; (6) Dinâmica das chuvadas no local e direção do vento (7) Fontes de poluição local e propriedades físico-químicas dos poluentes. De entre estes fatores, vários estudos revelam as características do substrato como um dos mais relevantes. A sua especificação deve, portanto, ter em conta não só o adequado desenvolvimento das plantas, mas também a eventualidade de lixiviação e a necessidade de manutenção.

3.3 A utilização de LECA® em coberturas verdes

A aplicação de materiais naturais no substrato de uma CV, é uma solução que visa garantir o melhor desempenho possível destas NbS. Exemplo disso é a aplicação do agregado leve de argila expandida (LECA® *lightweight aggregate* - LWA) como camada isolada com função drenante, ou misturada com outros materiais na composição do substrato. O agregado leve Leca® trata-se de um material natural leve, produzido a partir do aquecimento de argila, que apresenta elevada resistência mecânica e porosidade, minimizando os constrangimentos causados pelo peso das CV sobre a estrutura dos edifícios (Wood, 2020). Esta porosidade e a forma como os diferentes grãos se ajustam uns aos outros, garante uma retenção adicional da água que precipita sobre a CV, em comparação com um substrato convencional. Para além disso, as NbS com estes agregados na sua constituição apresentam baixa manutenção e um longo período de vida útil.

O trabalho desenvolvido por Sharer (2018) confirma o bom desempenho da LECA® LWA na diminuição e no atraso do escoamento superficial potenciado por CV. De entre as três CV estudadas, a que apresentou o menor coeficiente de escoamento (razão entre o volume de água precipitada e o volume de escoamento superficial num determinado período), incluía a camada de LECA® LWA com função drenante.

Trabalhos de campo realizados em estruturas de CV piloto no âmbito do projeto KLIMA 2050, localizadas em Høvringen, Trondheim (Noruega), demonstraram uma redução média de 95%, e um atraso de 15 min no caudal de ponta do escoamento superficial. Os investigadores verificaram que a elevada permeabilidade da LECA® LWA contribuiu para um escoamento constante, mais regular e de menor volume, concluindo assim que a incorporação deste material na construção das CV beneficia o seu potencial para a gestão das águas pluviais urbanas ((Jotte, Raspati, & Azrague, 2017) (Hamouz, Lohne, Wood, & Muthanna, 2018)). Além disso, Holt *et al.* (2018) apresentou eficácias de remoção de poluentes (cobre, zinco, chumbo e fósforo) superiores a 98% para agregados LECA® LWA de 2 a 4 mm concluindo que este material também contribui para a melhoria da qualidade da água escoada.

4. CONCLUSÕES

As coberturas verdes (CV) enquadram-se nas soluções baseadas na natureza promovendo uma maior sustentabilidade da gestão da água no meio urbano, garantindo soluções eficientes e resilientes aos grandes desafios urbanos atuais: (1) chuvadas mais

intensas e menos frequentes, com transbordo dos sistemas de drenagem existentes e maior ocorrência de cheias e inundações, e (2) densificação das áreas urbanas e conseqüentemente, menores áreas naturais de absorção e infiltração. Diversos estudos realizados internacionalmente demonstram que a implementação destas estruturas pode resultar em taxas de retenção das águas precipitadas, de 50-100% com os valores mais altos atribuídos a chuvadas de baixa intensidade. As características do substrato são um dos fatores que mais influencia o bom desempenho de uma CV, não só na vertente hídrica como na qualidade da água escoada.

Este estudo demonstra o benefício da incorporação de materiais naturais como a LECA® LWA em CV, na obtenção de taxas de retenção da água mais elevadas e na melhoria da qualidade da água a jusante. Estes elementos amplificam o efeito natural das CV, como tem vindo a ser demonstrado na monitorização de diversas estruturas existentes na Europa.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à LECA® Portugal pelo apoio na realização deste estudo. Cristina M. Monteiro agradece também à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo apoio no financiamento do UIDB/50016/2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andenæs, E., Kvannd, T., Muthanna, T., & Lohne, J. (2018). Performance of blue-green roofs in cold climates: a scoping review. 8(4), 55. doi:<https://doi.org/10.3390/buildings8040055>
- Bevilacqua, P., Mazzeo, D., Bruno, R., & Arcuri, N. (2017). Surface temperature analysis of an extensive green roof for the mitigation of urban heat island in southern mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 150, pp. 318-327.
- Cristiano, E., Deidda, R., & Viola, F. (2021). The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review. *Science of the Total Environment*, 756, p. 143876.
- EEA. (2021). *Nature-based solutions in Europe: policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction - EEA report n° 01/2021*. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency. doi:DOI: 10.2800/919315
- FEMA. (June de 2021). Building Community Resilience with Nature based Solutions - A guide for local communities. Risk MAP - *Increasing resilience together*.
- Gong, Y., Yin, D., Li, J., Zhang, X., Wang, W., Fang, X., . . . Wang, Q. (2019). Performance assessment of extensive green roof runoff flow and quality control capacity based on pilot experiments. *Science of the Total Environment*, 687, pp. 505-515.
- Hamouz, V., Lohne, J., Wood, J., & Muthanna, T. (2018). Hydrological performance of LECA-based roofs in cold climates. *Water*, 10, pp. 263-278. doi:DOI: 10.3390/w10030263
- Holt, E., Koivusalo, H., Korkealaakso, J., Sillanpää, N., & Wendling, L. (2018). *Filtration Systems for Stormwater Quantity and Quality Management: Guideline for Finnish Implementation*. VTT Technical Research Centre of Finland: VTT Technology No. 338.

Jotte, L., Raspati, G., & Azrague, K. (2017). *Review of stormwater management practices*. SINTEF Building and Infrastructure, Høgskoleringen 7 b, POBox 4760 Sluppen, N-7465 Trondheim: KLIMA 2050, report 7.

Liu, W., Q., F., Chen, W., Wei, W., & Deo, R. (2019). The influence of structural factors on stormwater runoff retention of extensive green roofs: new evidence from scale-based models and real experiments. *Journal of Hydrology*, 569, pp. 230-238.

Moghbel, M., & Salimb, R. (2017). Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO₂ content. *Urban Climate*, 20, pp. 46-58.

Molineux, C., Newport, D., Ayati, B., Wang, C., & Connop, S. (2016). Bauxite residue (red mud) as a pulverised fuel ash substitute in the manufacture of lightweight aggregate. *Journal of Cleaner Production*(112), 401–408. doi:DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.024,

Morakinyo, T., Dahanayake, K., Ng, E., & Chow, C. (2017). Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study. *Energy and Buildings*, 145, pp. 226-237.

Palla, A., Gnecco, I., & Lanza, L. (2010). Green, Hydrologic Restoration in the Urban Environment Using. *Water*, 2, pp. 140-154;.

Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., . . . Pucher, B. (2020). Green-Blue Systems - Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: green building materials, systems and sites. *International Water Association*, 2(1).

Schärer, L. (2018). *Schärer L. A. Comparing experimentally measured runoff coefficients with field observations for detention-based roofs [thesis]*. NTNU Norwegian University of Science and Technology – Department of Civil and Environmental Engineering.

Wang, X., Tian, Y., & Zhao, X. (2017). The influence of dual-substrate-layer extensive green roofs on rainwater runoff quantity and quality. *Science of the Total Environment*, 592, pp. 465-476.

Wood, J. (2020). Stormwater detention factors for a blue-green roof based on lightweight expanded clay aggregate in Norway. *Nordic Geotechnical meeting 2020 (NGM 2020)* (pp. 10-25). Extended abstract conference paper. doi:<https://ngm2020.exordo.com/> (accessed on 26. January 2022)

Zhang, Q., Miao, L., Wang, X., Dandan, L., Zhu, L., Zhou, B., . . . Liu, J. (2015). The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution. *Landscape and Urban Planning*, 144, pp. 142-150.