

XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

Balanço hídrico em telhado vegetado com grama amendoim (*Arachis repens* Handro)

Water balance on green roof with grass peanut (*Arachis repens* Handro)

CALHEIROS, Herlane Costa[1]; SILVA, Fernanda Gomes Gonçalves[2]; COSTA, Luisa Silva[3]; SILVA, Matheus Lins Macedo[4]

[1] UNIFEI, IRN - Av. BPS, Pinheirinho, 37500-903, Itajubá - MG, h2c@unifei.edu.br
[2] UNIFEI, fernandagomes1512@hotmail.com
[3] UNIFEI, luisa.scosta.mg@gmail.com
[4] UNIFEI, matheuslinsms@gmail.com

RESUMO

O presente estudo busca investigar o balanço hídrico em telhados convencional e verde e, também, monitorar o desenvolvimento da grama amendoim (*Arachis repens* Handro), relacionando o tipo de cobertura vegetada ou não com a sua capacidade de retenção de água e, consequentemente, obter o coeficiente de escoamento superficial para cada cenário testado. Os cenários testados foram: (1) superfície de coleta convencional com telha de fibrocimento, (2) estrutura do telhado verde com substrato e sem planta e (3) telhado verde plantado. As chuvas incidentes no telhado foram as obtidas para a cidade de Itajubá, em Minas Gerais, pela curva de i-d-f com 5 min de duração e 5 anos de período de retorno conforme recomendação da NBR 10844 (ABNT, 1989). Os volumes de água de chuva escoados superficialmente e drenados pelo fundo dos telhados estudados foram coletados em recipientes graduados calibrados. Concluiu-se que: a grama amendoim apresentou desenvolvimento satisfatório e elevada capacidade de recuperação; a grama amendoim levou apenas 1 ½ mês para cobrir todo o telhado; o coeficiente de escoamento superficial do telhado verde para época de chuvas intensas foi em média 0,569 e, em época de estiagem foi 0,003. Enquanto o telhado convencional apresentou coeficiente de escoamento superficial médio de 0,995 para a estação chuvosa e 0,901 para a estação seca; o componente do telhado verde que mais contribuiu com a retenção de água pluvial foi o substrato. Portanto, deve ser dada toda a atenção na escolha do substrato para que ele possa permitir o crescimento da planta de modo adequado, reter as águas pluviais e não contaminar a água de drenagem de fundo do telhado que podem ser aproveitadas para usos menos nobres.

Palavras-chave: Infraestrutura verde, Coeficiente de escoamento, Detenção e retenção de água de chuva.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the water balance in conventional and green roofs and also to monitor the development of peanut grass (Arachis repens Handro), relating the type of vegetation cover or not with its water retention capacity and, consequently, to obtain the coefficient of runoff for each scenario tested. The scenarios tested were: (1) conventional collection surface with fiber cement tile, (2) green roof structure with substrate and no plant, and (3) planted green roof. The rains incident on the roof were obtained for the city of Itajubá, in Minas Gerais, by the curve of i-d-f with 5 min of duration and 5 years of return period according to the recommendation of NBR 10844 (ABNT,1989). The volumes of stormwater runoff and drained from the bottom of the roofs studied were collected in calibrated graduated containers. It was concluded that: the peanut grass showed satisfactory development and high recovery capacity; the peanut grass took only 1 ½ month to cover the entire roof; the coefficient of runoff of the green roof for intense rainy season was on average 0.569 and in the dry season it was 0.003. While the conventional roof presented average surface runoff coefficient of 0.995 for the rainy season and 0.901 for the dry season; the component of the green roof that contributed most to the rainwater retention was the substrate. Therefore, attention should be paid to the choice of substrate so that it can adequately grow the plant, retain rainwater and not contaminate the bottom drainage water of the roof that can be used for less noble uses.

Keywords: *Green infrastructure, Runoff coefficient, Rainwater retention.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Zhang e Chui (2019), a infraestrutura verde atenua os efeitos negativos da urbanização e fornece benefícios hidrológicos e bioecológicos. No entanto, esses benefícios são altamente dependentes de escala. Concluem que benefícios de menor escala estabelecem a base para benefícios de maior escala e identificam que existe uma lacuna de pesquisa em estudos relacionados com a captação de águas pluviais, recomendando mais estudos nesta escala. Da mesma forma, Akther et al. (2018) destacam a necessidade de estudos específicos da região ou do local para implementar telhados verdes com confiança.

Gong et al. (2018) estudaram a eficácia de retenção de escoamento de módulos de telhado verde e concluíram que chuvas fortes (> 25 mm) afetam significativamente o desempenho de retenção de telhados verdes extensivos no próximo evento de chuvas.

Enquanto, um telhado convencional, de acordo com Gribbin (2009), apresenta coeficiente de escoamento superficial de projeto na faixa de 0,75 a 0,95 (em média 0,85; ou seja, retenção de 15%). Segundo Liptan e Strecker (2003), quando utilizado o telhado verde, a retenção do volume de precipitação pode variar de 10% a 35% durante a época chuvosa e de 65% a 100% durante a época seca e a redução das taxas de drenagem urbana pode chegar a 45%, o que pode significar uma diminuição relevante na contribuição de enchentes em centros urbanos.

O estudo realizado por Palla et al. (2008) demonstrou que a implementação de telhados verdes pode reduzir o pico do escoamento superficial e o tempo de retardo entre 7 e 15 minutos do volume escoado (efeito detenção); enquanto, após a introdução de um processo de estiagem relacionado com a evapotranspiração, pode-se observar a redução do volume do escoamento superficial (efeito retenção).

As plantas são um componente crítico dos telhados verdes e, segundo Zhang et al. (2018), acredita-se que as plantas com alto uso de água após a chuva, mas que também são tolerantes à seca, podem melhorar a retenção de chuva nos telhados verdes. Os autores descobriram que algumas monoculturas tiveram maior retenção de águas pluviais e que algumas plantas criaram vias de fluxo preferenciais, resultando em menores teores de água no substrato, o que reduziu a retenção de chuva. Portanto, sugeriram que as características da raiz e sua interação com os substratos devem ser consideradas juntamente com as estratégias de uso da água para retenção de chuva nos telhados verdes.

2 OBJETIVO

O presente estudo busca investigar o balanço hídrico em telhados convencional e verde e, também, monitorar o desenvolvimento da grama amendoim (*Arachis repens* Handro), relacionando o tipo de cobertura vegetada ou não com a sua capacidade de retenção de água e, consequentemente, obter o coeficiente de escoamento superficial para cada cenário testado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa experimental foi desenvolvida em Itajubá no sul do estado de Minas Gerais, que apresenta um clima característico de regiões de serra. A instalação experimental é composta

por quatro módulos plantados e um módulo não plantado, bem como um telhado de fibrocimento com inclinação de 25%. Fez-se o acompanhamento do crescimento das plantas *Arachis repens* Handro (grama amendoim) e o registro das variáveis meteorológicas obtidas junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE. Após o fechamento da cobertura vegetal, o balanço hídrico foi realizado em cada um dos três tipos de cobertura.

O monitoramento do crescimento vegetal foi realizado pelo método dos quadrantes (OLIVEIRA e RAKOCEVIC, 2003). Além do crescimento vegetal, foram monitorados o comprimento médio do ramo principal da vegetação, o número de ramificações e o número de folhas, utilizando contador numérico e paquímetro.

Foi desenvolvido um simulador de chuva para a realização dos testes de modo a manter constante o volume da chuva simulada. A intensidade de chuva simulada é a intensidade máxima com duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos, obtida da curva de intensidade-duração-frequência de Itajubá – MG, conforme recomendação da norma brasileira de projeto de instalações prediais de águas pluviais, NBR 10844 (ABNT, 1989).

O balanço hídrico foi realizado e o coeficiente de escoamento superficial foi obtido pela razão entre a vazão escoada superficialmente e a precipitação incidente no telhado (GOULD e NISSEN, 1999). O coeficiente de escoamento superficial de telhado de fibrocimento convencional recomendado por Pacey e Cullis (1989) para projeto é 0,8.

Os volumes de água de chuva incidentes nos telhados, escoados superficialmente e drenados pelo fundo dos telhados estudados foram coletados em recipientes graduados calibrados.

Todos os resultados foram analisados estatisticamente. Para a comparação de médias, utilizou-se análise de variância (ANOVA) para comparar os módulos entre si e teste de Tukey para comparar os parâmetros monitorados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento das plantas

No dia 12 de setembro de 2018, foram plantadas quatro mudas de grama amendoim em cada módulo de telhado dispostas de forma desencontrada e não alinhada para facilitar o fechamento da vegetação. Nesse dia, os valores médios registrados para os parâmetros de controle foram: 8,62 ± 0,76 cm de comprimento do caule principal, 5,4 ± 1,0 brotos por muda e 4,4 ± 1,0 ramos com 4 folhas por broto (96,5 ± 34,4 folhas por muda).

As Figuras 1 e 2 ilustram o desenvolvimento do crescimento da vegetação nos quatro módulos do telhado verde, fotografias tiradas nos dias 5 e 26 de outubro de 2018 respectivamente.

FIGURA 1 - Medição do crescimento vegetal no dia 05 de outubro de 2018 nos módulos 1 a 4 pelo método dos quadrantes.



Fonte: Próprio Autores.

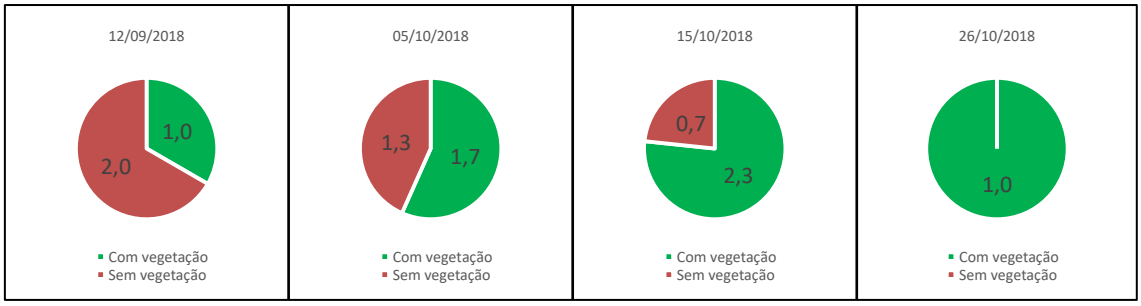
FIGURA 2 - Medição do crescimento vegetal no dia 26 de outubro de 2018 nos módulos 1 a 4 pelo método dos quadrantes.



Fonte: Próprio Autores.

A Figura 3 mostra a evolução do crescimento da planta ao longo do tempo, onde se observa que, em apenas 33 dias, houve um aumento da taxa de cobertura em média de 77%, ou seja mais de 2/3 do módulo estava coberto. A cobertura completa de todos os módulos ocorreu após um mês e meio do plantio das mudas.

FIGURA 3 - Cobertura dos módulos pela vegetação ao longo do tempo de monitoramento



Fonte: Próprio Autores.

Os resultados observados após 23 dias do plantio, em média, foram: 12,40 ± 0,87 cm de comprimento do caule principal, 6,0 ± 1,0 brotos por muda e 6 ramos com 4 folhas por broto (239,8 ± 83,9 folhas por muda). O comprimento médio do caule principal, considerando todos os módulos plantados, após 33 dias do plantio foi de 17,87 ± 3,52 cm e após um mês e meio foi de 22,40 ± 3,44 cm. Segundo Rodrigues et al. (2006), atinge altura de 20-40 cm.

Todos os parâmetros monitorados foram analisados estatisticamente pela ANOVA e verificou-se que não houve diferença significativa entre os resultados de cada módulo ($F < F$ crítico e Valor-p $> 0,05$), indicando que o crescimento ocorreu de modo similar em todos os quatro módulos de telhado verde. O teste de Tukey indicou que não existe diferença estatística

significativa entre o comprimento do caule, o número de brotos e o número de ramos para monitorar o crescimento da grama. No entanto, a taxa de cobertura da vegetação e o número de folhas se diferenciam de modo significativo dos demais parâmetros.

Segundo dados do CPTEC/INPE, em Itajubá – MG, no mês de setembro de 2018 teve uma precipitação total na faixa de 50-100 mm, enquanto no mês de outubro foi de 100-150 mm. Ou seja, mesmo em condições de chuvas intensas na região durante o período de adaptação, visto que essa espécie se desenvolve melhor em condições de sol pleno, a vegetação apresentou desenvolvimento satisfatório, não havendo degeneração de nenhuma muda dos quatros módulos plantados, ou seja 100% de sobrevivência.

Durante o período do monitoramento do crescimento das plantas ocorreu eventos (seca, falta de irrigação e ataque de formigas cortadeiras) que afetaram a sua cobertura foliar. Contudo, o problema logo foi sanado e a vegetação se recuperou cobrindo novamente o telhado em apenas uma única semana.

4.2 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial foi determinado em período de chuva (nov-dez/2018) e em período de estiagem (mai-jun/2019), realizando o balanço hídrico para três cenários: telhado convencional, telhado verde e, também, telhado com substrato e sem planta.

Em período de chuvas, os resultados foram os seguintes: o valor do coeficiente de escoamento superficial dos módulos com vegetação foi em média de 0,569 ± 0,068, do módulo sem vegetação e da telha convencional foram respectivamente 0,654 ± 0,000 e 0,995 ± 0,000. Nota-se que a maior retenção do escoamento superficial ocorre nos módulos vegetados, seguido pelo módulo sem planta e com substrato e, depois, pela telha sem planta e sem substrato. Indicando a importância do tipo e espessura do substrato da grama amendoim, os quais contribuíram com a retenção de 43,1% (sendo 34,6% retido no substrato) das águas pluviais precipitadas sobre a cobertura verde.

No período de estiagem, o valor do coeficiente de escoamento superficial dos módulos com vegetação foi em média de 0,003 ± 0,008, do módulo sem vegetação e da telha de fibrocimento foram respectivamente 0,552 ± 0,087 e 0,901 ± 0,000. Os resultados revelam que em período de estiagem praticamente toda a água pluvial é retida no telhado verde, o substrato é responsável pela retenção de 44,8% deste valor e a planta 54,9%. Enquanto, o telhado convencional de fibrocimento permite o escoamento de 90,1% da chuva captada em sua superfície.

Estes resultados estão em consonância com outras pesquisas, tais como as de Liptan e Strecker (2003), Palla et al. (2008) e Zhang et al. (2018). Além de se verificar que o aumento da intensidade de chuva, faz com que as diferenças entre os valores dos coeficientes de escoamento superficial das diferentes coberturas fiquem menores, como observado por Cavalcanti (2010).

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho pode-se concluir que:

- A escolha da grama amendoim para o telhado verde foi adequada à região de Itajubá – MG, e apresentou desenvolvimento satisfatório e elevada capacidade de recuperação, mesmo em condições de chuva intensa ou de estiagem.
- A vegetação em cerca de um mês e meio cobriu todos os módulos que compõe o telhado verde e alcançou 22,4 ± 3,4 cm de comprimento do caule principal, apresentando folhas e flores.
- Os resultados revelaram que a retenção do volume de precipitação do telhado verde em média foi de 43,1% durante a época chuvosa e 99,7% durante a época seca, confirmando pesquisas anteriores.
- O telhado convencional de fibrocimento apresentou coeficientes de escoamento superficial de 0,995 e 0,901 respectivamente no período de chuvas intensas e no período de estiagem. Valores acima dos normalmente utilizados em projetos de aproveitamento de águas de chuva ou de drenagem urbana. Provavelmente, devido à elevada declividade do telhado.
- O componente do telhado verde que mais contribuiu com a retenção de água pluvial foi o substrato. Portanto, deve ser dada toda a atenção na escolha do substrato para que ele possa permitir o crescimento da planta de modo adequado, reter as águas pluviais e não contaminar a água de drenagem de fundo do telhado que podem ser aproveitadas para usos menos nobres.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10844**: Instalações prediais de águas pluviais – procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

AKTHER, M.; HE, J.; CHU, A.; HUANG, J.; VAN DUIN, B. A Review of Green Roof Applications for Managing Urban Stormwater in Different Climatic Zones. **Sustainability**, 2018; 10:.2864-2892.

CAVALCANTI, Nilton de Brito. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. **Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, 2010; 7(4): 201-210.

GONG, Yongwei; YIN, Dingkun; FANG, Xing; LI, Junqi. Factors Affecting Runoff Retention Performance of Extensive Green Roofs. **Water**, 2018, 10(9): 1217-1232.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply**. International Technology Publications, London, United Kingdom, 1999.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. Tradução da 3ª edição norte-americana. Editora Cengage Learning, 2009, 494p.

LIPTAN, T.; STRECKER, E. Ecoroofs (Greenroofs) – A More Sustainable Infrastructure. **Proceedings** National Conference on Urban Storm Water: Enhancing Programs at the Local Level, Chicago, IL, U.S. Environmental Protection Agency, 2003, 198-214.

OLIVEIRA, Flavia; RAKOCEVIC, Miroslava. Adaptação de um método para medir o índice de área foliar (iaf) e sua aplicação para braquiária (brachiaria brizantha hochst ex a. rich) em um sistema silvipastoril no noroeste do Paraná. II Evento de iniciação científica da Embrapa florestas, 09 de dezembro de 2003.

PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. **Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Area**. International Technology Publications, London, United Kingdom, 1989.

PALLA, A., BERRETTA, C., LANZA, L.G.; LA BARBERA, P. Modeling storm water control operated by green roofs at the urban catchment scale. **Proceedings** 11th Int. Conf. on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008, 1-10.

RODRIGUES, Antonia Alice C.; SILVA, Gilson S.; MORAES, Flávio H. R.; SILVA, Cristiane L. P. Arachis repens: novo hospedeiro de Puccinia arachidis. **Fitopatologia brasileira** (notas fitopatológicas), 2006, 31(4): 411-411.

ZHANG, Kun; CHUI, Ting Fong May. Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review. **Science of the Total Environment**, 2019, 646: 1219-1231.

ZHANG, Zheng; SZOTA, Christopher; FLETCHER, Tim D.; WILLIAMS, Nicholas S. G.; WERDIN, Joerg; FARRELL, Claire. Influence of plant composition and water use strategies on green roof stormwater retention. **The Science of the total environment**, 2018, 625: 775-781.