

ESCOAMENTO DE ÁGUA EM SISTEMA DE TELHADO VERDE COM DIFERENTES PLANTAS ORNAMENTAIS

EDUARDO WOLF NUNES¹, GUSTAVO DE CASTRO CARVALHO²

¹ Engenheiro Agrônomo, Centro Universitário Facens, Fone (11) 993601983, ewn1998@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em ciências Ambientais, Prof. Eng. Agrônômica, Centro universitário Facens, Fone (15) 99175-1111, Gustavo.carvalho@facens.br.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: As enchentes são cada vez mais recorrentes, à medida que aumentam as estruturas impermeáveis das cidades que não permitem o devido escoamento e infiltração da água no solo. O telhado verde pode reduzir 69% do escoamento da água da chuva. A precipitação é o principal fator relacionado ao escoamento de água, visto que é a quantidade de água aplicada no sistema e, conseqüentemente, a quantidade de água convertida em escoamento. O objetivo do trabalho é avaliar o escoamento da água no sistema modular de telhado verde, com diferentes espécies vegetais, Capim do Texas, Grama esmeralda e *Callisia repens*, para mensurar a influência dessas plantas no escoamento. Foram instalados quatro protótipos de telhado verde, sendo um deles o tratamento testemunha, simulando uma laje convencional. Os protótipos foram confeccionados com madeira e aplicado verniz naval para maior resistência ao tempo e impermeabilizadas com uma manta de PVC. As medidas do protótipo são 100 cm x 75 cm cada um. O telhado verde foi feito com o sistema modular, criado e produzido pela empresa Instituto Cidade Jardim. O substrato utilizado foi a casta de arroz carbonizada e composto orgânico, composição utilizada pela mesma empresa, especializada no sistema. A água escoada e drenada pelo sistema foi armazenada em galões de 20 litros e os dados foram coletados e analisados semanalmente. No experimento, todo o valor médio de escoamento foi de 30,1% somando as semanas subseqüentes. Quando considerado quantidades menores de água aplicada, o escoamento é significativamente menor, provavelmente pelo próprio consumo de água pela vegetação, além da retenção hídrica do substrato, da bandeja que compõe o sistema modular e a evapotranspiração. Os resultados obtidos demonstraram as vantagens no uso de telhados verdes, que auxiliam na maior retenção de água da chuva, diminuindo as enchentes nas grandes cidades. Entre os tratamentos utilizados, de acordo com a análise estatística, houve uma diferença significativa em relação à testemunha. As condições meteorológicas também influenciaram sobre os dados finais de escoamento de água, mostrando que são relevantes nesse aspecto.

PALAVRAS-CHAVE: Enchentes; Impermeável; Drenagem;

WATER RUNOFF IN A GREEN ROOF SYSTEM WITH DIFFERENT ORNAMENTAL PLANTS

ABSTRACT: Flooding is increasingly recurring as impermeable structures in cities increase that do not allow for proper runoff and infiltration of water into the ground. The green roof can reduce 69% of rainwater runoff. Precipitation is the main factor related to runoff, since it is the amount of water applied to the system and, consequently, the amount of water converted into runoff. The objective of the work is to evaluate the water runoff in the modular green roof system, with different plant species, Texas Grass, Emerald Grass and *Callisia repens*, to measure the influence of these plants on runoff. Four green roof prototypes were installed, one of them being the witness treatment, simulating a conventional slab. The prototypes were made with wood and applied naval varnish for greater resistance to weathering, and waterproofed with a PVC blanket. The prototype measures 100 cm x 75 cm each. The green roof was made with the modular system, created and produced by Cidade Jardim Institute. The substrate used was carbonized rice husk and organic compost, a composition used by the same company, specialized in the system. The water drained from the system was stored in 20 liter gallons and the data were collected and analyzed weekly. In the experiment, the whole average value of runoff was 30,1% adding up the subsequent weeks. When considering smaller amounts of water applied, the runoff is

significantly lower, probably due to the water consumption of the vegetation, besides the water retention of the substrate, the tray that composes the modular system, and evapotranspiration. The results obtained demonstrated the advantages in the use of green roofs, which help in the greater retention of rainwater, reducing flooding in large cities. Among the treatments used, according to the statistical analysis, there was a significant difference in relation to the control. The meteorological conditions also influenced the final water runoff data, showing that they are relevant in this aspect.

KEYWORDS: Floods; Waterproof; Drainage.

INTRODUÇÃO:

O processo de urbanização trouxe o desenvolvimento econômico, crescimento populacional e a migração de pessoas do meio rural para o meio urbano, aumentando os centros urbanos e diminuindo as áreas permeáveis. O desenvolvimento desenfreado, como consequência traz problemas ambientais como ilhas de calor e enchentes. Uma região impermeável, impossibilita o escoamento do grande volume água proveniente das chuvas, principalmente nos meses de verão, em regiões de clima tropical, prejudicando o sistema de drenagem e causando episódios de enchentes.

O aumento da densidade populacional nos centros urbanos, que segundo a ONU (2015) representa 54% da população mundial, é um alerta para serem desenvolvidas soluções que mitiguem os efeitos gerados, já que com o desenvolvimento urbano das cidades aumenta-se as superfícies impermeabilizadas, tais como ruas, calçadas e coberturas, o que causa impactos negativos para a cidade e para o meio ambiente.

O telhado verde pode reduzir 69% do escoamento da água da chuva ou até 14 mm de precipitação devido a retenção do sistema. A água da chuva fica retida em diferentes componentes do telhado verde e é liberada gradualmente. Além disso, uma parte da água absorvida pelas plantas é perdida pela evapotranspiração. Outro fator é que os telhados verdes filtram poluentes presentes na água da chuva, e ainda possibilitam a captação e armazenamento por cisternas para a irrigação do próprio telhado e outros jardins. Podem ser armazenadas também em reservatórios contra incêndio, uso em banheiros e lavagem de carros.

O objetivo do trabalho é avaliar o escoamento da água no sistema modular (extensivo) de telhado verde, com diferentes espécies vegetais, Capim do Texas, Grama esmeralda e *Callisia repens*, para mensurar o efeito que elas têm nesse escoamento.

MATERIAL E MÉTODOS:

O projeto foi desenvolvido na cidade de Sorocaba, São Paulo, no interior do campus do Centro Universitário Facens. Segundo Köppen e Geiger a classificação do clima é Cfa (clima subtropical), com temperatura média de 20,5° C, umidade relativa anual de 73,4 %, índice pluviométrico de 1219 mm. Os dados foram coletados durante 12 semanas e nesse período as condições climáticas foram diferentes para cada semana, o que auxilia na compreensão dos resultados. Os dados foram obtidos a partir da estação meteorológica convencional 83851 do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada na Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC), em Sorocaba/SP.

Foram instalados quatro protótipos para o trabalho:

- Testemunha sem sistema de telhado verde (T1);
- Tratamento com Capim do Texas (T2);
- Tratamento com *Callisia repens* (T3);
- Tratamento com Grama esmeralda (T4);

A testemunha (T1) foi feita sem o sistema de telhado verde, apenas impermeabilizada, simulando uma laje exposta, como ocorre comumente na construção civil. As caixas foram confeccionadas com madeira e aplicado verniz naval para maior resistência ao tempo. Posteriormente impermeabilizadas com uma manta de PVC, que possui leveza e durabilidade de 10 a 15 anos, da empresa Alwitra e Omnitrade. As caixas possuíam 100 cm x 75 cm cada uma, totalizando 0,75 m² de telhado verde em cada um dos quatro tratamentos.

O sistema utilizado foi o modular, sendo este formado por módulos (bandejas) de 7,5 cm de altura (capacidade de 5 cm de profundidade para o substrato) que se encaixam e formam a estrutura do telhado verde. O armazenamento de água se dá em sua estrutura de vários casulos presentes no fundo da bandeja e a água é armazenada no tipo lâmina descontínua (17 litros/m² alveolar) e capilar, dependendo do substrato. Contêm 24 orifícios de 5 mm para micro drenagem e aeração além de canais reforçados em “X” para macrodrenagem. As

plantas escolhidas para o trabalho foram: Capim do Texas (*Pennisetum setaceum*), Dinheiro em penca (*Callisia repens*) e Grama esmeralda (*Zoysia japonica*). O substrato utilizado foi a casca de arroz carbonizada com a adição de um composto orgânico classe B. A irrigação do sistema foi realizada com uso de regador, fazendo turno de rega de 1 dia ou de acordo com a necessidade por questões climáticas como a incidência de chuvas e/ou temperaturas elevadas que demande maior ou menor quantidade de água, simulando o que ocorre em um jardim. A coleta de água a partir dos galões de 20 litros abaixo de cada sistema (Figura 11) tornou possível analisar a saída de água de cada uma das estruturas com diferentes plantas ornamentais e as diferenças entre elas e ainda do tratamento testemunha. A água aplicada e/ou de precipitação foi mensurada, auxiliando na compreensão da diferença entre a quantidade de água aplicada e a quantidade drenada, com a análise semanal dos dados de drenagem. Os dados coletados em cada galão foram mensurados a partir da massa da água, com a medição realizada no laboratório da Instituição de ensino.

Para a análise estatística foi realizado o cálculo do Erro Quadrático Médio (Formula 2) e o teste de Tukey com blocos inteiramente casualizados adotando as semanas como blocos para atenuar o efeito das chuvas.

O Erro Quadrático Médio da Raiz (RMSE) representa a raiz quadrada do MSE (erro quadrático médio: o erro médio ao quadrado das previsões do modelo). O RMSE mede a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores observados. Esse cálculo é utilizado para dar maior importância para aqueles resultados com maior erro, aproximando assim a análise de um valor menos distorcido.

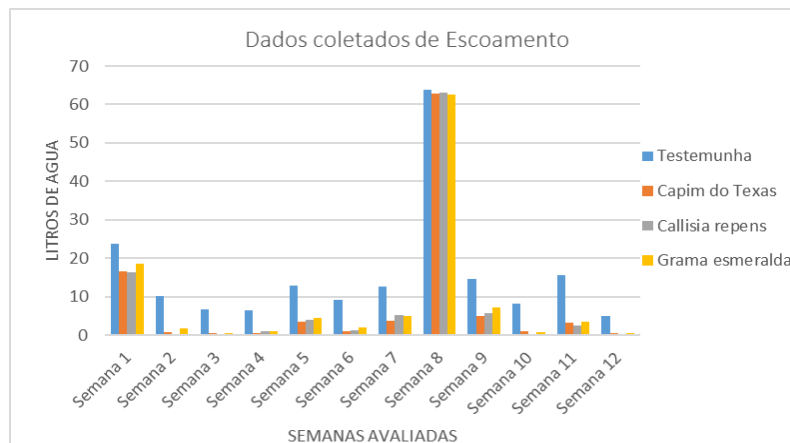
$$RMSE = \sqrt{(X_1 - X_2)^2} \quad (1)$$

em que,

- 1) RMSE: Erro Quadrático Médio
- 2) X_1 : Valor do Tratamento
- 3) X_2 : Valor da Testemunha

RESULTADOS E DISCUSSÃO: modelo de tabela:

Grafico 1: Valores de escoamento de água em diferentes tratamentos de telhado verde.



Fonte: Elaborado pelo autor

A testemunha que representa a caixa vazia impermeabilizada e simula uma laje exposta de uma construção comum, representada pela coluna azul, demonstra que as áreas construídas das cidades, sem a presença da vegetação, influenciam de forma negativa no escoamento da água. Portanto, segundo TUCCI (2003), o crescimento urbano desordenado prejudica o ciclo natural da água, aumentando o escoamento superficial e contribuindo para esse problema.

A precipitação é o principal fator relacionado ao experimento, visto que é a quantidade de água aplicada no sistema e, consequentemente, a quantidade de água convertida em escoamento. Esse fato ocorre de tal modo que, de acordo com McCUEN, 1998, PRUKI et al., 2004, o escoamento de água está relacionado com o tempo de precipitação e volume de água nesse período, pois a infiltração e perdas por outros fatores seriam menores. O Grafico 2 mostra o regime de chuva no período que o experimento esteve implantado. Nele podemos observar em quais semanas ocorreram as maiores chuvas e relacionar com os dados de escoamento obtido.

O Teste de Tukey é utilizado para identificar a diferença que existe nos dados de diferentes grupos e se eles se

diferenciam entre si. Neste caso, o teste permite identificar se há diferença entre os tratamentos de telhado verde com e sem vegetação e ainda verificar se existe alguma variação entre os tratamentos com diferentes plantas. A tabela 2 demonstra o teste de Tukey pelo método de blocos inteiramente casualizados, sendo possível observar a diferença estatística em cada um dos tratamentos. Os blocos utilizados foram cada uma das semanas, já que cada semana tiveram quantidades diferentes de chuva.

Tabela 2: Teste Tukey com Blocos Inteiramente Casualizados

Teste de Tukey a 5%		
Tratamentos	Médias	Significância
T1	11,35	a
T4	4,12	b
T3	3,37	b
T2	3,28	b

Tabela 3: Teste de Tukey com Blocos casualizados com o Erro Médio Quadrático.

Teste de Tukey a 5%		
Tratamentos	Médias	Significância
T2	8,07	a
T3	7,98	a
T4	7,23	b

Fonte: Elaborado pelo autor

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos demonstram as vantagens no uso de telhados verdes para reduzir o escoamento de água, auxiliando na questão das enchentes nas grandes cidades. Entre os tratamentos utilizados, houve uma diferença estatisticamente significativa, sendo a testemunha com pior resultado, que simulava uma cobertura apenas impermeabilizada, sem a presença de telhados verdes. Os tratamentos entre as espécies utilizadas, principalmente em relação à grama comparada as outras duas espécies (*Capim do Texas* e *Callisia repens*), tiveram diferenças, sendo a grama com menor desempenho em relação a retenção de água. As condições meteorológicas tem impacto no escoamento do sistema, sendo a precipitação a que teve maior influência. As espécies melhoraram a retenção de água conforme se desenvolveram, mostrando que quanto mais vigorosas estiverem, maior será a redução do escoamento. Para simular o efeito da chuva como nesse trabalho, a utilização de irrigação automática facilitaria e melhoraria a precisão no experimento, da quantidade de água aplicada no sistema, ao contrário do regador que foi utilizado.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos:** Seropédica – Rio de Janeiro, 2007.
- CARVALHO, G. de C. **Avaliação de sistemas de telhados verdes: análise térmica em diferentes sistemas cultivados com *Callisia repens*:** Tese de Mestrado (Ciencias Ambientais) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2018
- FRANÇA, Luciano, Cavalcante, de Jesus. **O uso do telhado verde como alternativa sustentável aos centros urbanos: opção viável para a sociedade moderna do século XXI:** Humus 4, Piauí, 2012
- DUARTE, João Paulo Pereira .et al. **Estudo de impacto ambiental (EIA): uso do paisagismo em obra de controle de inundação na cidade de são Paulo:** 4^o Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado, 2021.