

APRENDIZADO PROFUNDO DE MÁQUINA NA PREDIÇÃO DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS PARA TELHADO VERDE

LYDYENE NAYARA NUNES DA SILVA¹, JOSÉ DENIS DE AMORIM², CRISTIANE
GUISELINI³, HELITON PANDORFI⁴

¹ Eng. De Biosistemas, Mestranda em Eng. Agrícola, Depto Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE, drlydyene@gmail.com.

² Eng. De Biotecnologia e Bioprocessos, Mestrando em Eng. Agrícola, Depto Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE.

³ Eng. Agrônômica, Prof. Doutora, Depto. Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE.

⁴ Eng. Agrônômico, Prof. Doutor, Depto. Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE.

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O telhado verde é considerado uma prática sustentável no ambiente urbano, por proporcionar diversos benefícios ambientais. Portanto, objetivou-se com esse estudo o desenvolvimento de uma rede neural artificial (RNA) para estimar o armazenamento de água no substrato de um telhado verde extensivo, localizado na cidade de Recife, PE, a partir de variáveis hidrológicas. Foi utilizado dados do ano de 2018, proveniente de uma estação meteorológica automática, instalada na laje do edifício. Foi desenvolvido uma RNA do tipo Multilayer perceptron, com três variáveis de entrada com três neurônios: precipitação (P, mm), irrigação (I, mm) e água drenada (Q, mm), três camadas ocultas com 40,30 e 20 neurônios respectivamente, e um neurônio na camada de saída referentes a variação do volume de água armazenada no substrato (ΔV , mm). Para avaliar o desempenho do modelo foi utilizado as métricas de avaliação: coeficiente de determinação (R^2), erro quadrado médio (MSE) e o erro médio absoluto (MAE). A predição por meio de RNA alcançou um nível de eficiência aceitável ($R^2=0,94$), mesmo sem a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o).

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial, telhados ecológicos, rede neural artificial

DEEP MACHINE LEARNING IN PREDICTING HYDROLOGICAL VARIABLES FOR GREEN ROOF

ABSTRACT: The green roof is considered a sustainable practice in the urban environment, as it provides several environmental benefits. Therefore, the objective of this study was to develop an artificial neural network (ANN) to estimate water storage in the substrate of an extensive green roof, located in the city of Recife, PE, based on hydrological variables. Data from 2018 was used, coming from an automatic meteorological station, installed on the building's slab. A Multilayer perceptron ANN was developed, with three input variables with three neurons: precipitation (P, mm), irrigation (I, mm) and drained water (Q, mm), three hidden layers with 40, 30 and 20 neurons respectively, and a neuron in the output layer referring to the variation in the volume of water stored in the substrate (ΔV , mm). To evaluate the model's performance, the following evaluation metrics were used: coefficient of determination (R^2), mean squared error (MSE) and mean absolute error (MAE). The prediction using ANN reached an acceptable level of efficiency ($R^2=0.94$), even without determining the reference evapotranspiration (ET_o).

KEYWORDS: artificial intelligence, ecological roofs, artificial neural network

INTRODUÇÃO: Os telhados verdes podem ser definidos como espaços verdes instalados no topo de estruturas prediais e são considerados uma solução baseada na natureza para prevenir vários problemas ambientais e socioeconômicos, associados à expansão urbana e às alterações climáticas (VO et al., 2024). A estrutura básica de um telhado verde inclui uma membrana impermeabilizante de alta qualidade, camadas de vegetação, substrato, filtro, drenagem, proteção, sistema de barreira radicular e isolamento. O telhado verde é classificado como intensivo, extensivo e semi-intensivo de acordo com a profundidade do substrato e tipo de vegetação (YE, 2023). Para modelar os fenômenos hidrológicos associados ao emprego do telhado verde em edificações urbanas, as redes neurais artificiais (RNAs) podem substituir os métodos clássicos e são uma das principais alternativas dentre os recursos de aprendizado profundo de máquina (KUJAWA et al., 2021). Sua eficácia emana de sua capacidade de prever a natureza real da relação não linear entre dados de entrada e saída (ZOZULYA et al., 2022). O espectro de aplicações das redes neurais artificiais é muito amplo e incluem vários campos, como medicina, negócios, educação, indústria, segurança e agricultura (JHA et al., 2019). Nesse contexto, as RNAs são amplamente utilizadas para soluções de problemas complexos, em que o comportamento das variáveis não é rigorosamente conhecido (SPÖRL et al., 2011). Neste sentido, objetivou-se com esse estudo o desenvolvimento de uma rede neural artificial (RNA) para estimar o armazenamento de água no substrato de um telhado verde extensivo, localizado na cidade de Recife, PE, a partir de variáveis hidrológicas.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi desenvolvida com dados provenientes de estudos conduzidos no ano de 2018 no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin da construtora Rio Ave Empreendimentos, na Região Metropolitana do Recife, PE (8° 03' 57" S e 34° 53' 46" W). O telhado verde utilizado é do tipo extensivo com 2.800 m² de área, sendo composto por graminéa da espécie *Zoysia japonica*. A determinação do armazenamento de água do substrato do telhado verde tem como base dados de (SANTANA, 2020), que foi calculado pela equação proposta por (COLLISCHONN et al., 2010) adaptado por (SANTANA, 2020) e leva em consideração as entradas de água no sistema pela precipitação e irrigação (9,20 mm.dia⁻¹) e as saídas por evapotranspiração e drenagem. Assim o cálculo do balanço foi realizado a partir dos valores médios de cada parâmetro registrado, referente aos anos de 2018, por meio da equação (1): $\Delta V = P + I - Q - E_{To}$. Em que, ΔV - variação do volume de água armazenada no substrato e está relacionado com a capacidade de retenção (mm); P - precipitação (mm); I - irrigação (mm); Q - água drenada (mm); E_{To} - evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹). O volume de água drenada (Q) foi determinada por meio da equação 1, em que os parâmetros de precipitação, irrigação e evapotranspiração foram calculados e a variação do volume de água contida no substrato (ΔV) foi mensurada por meio do sensor refletômetro de conteúdo de água CAMPBELL SCIENTIFIC, modelo CS650, acoplado na estação meteorológica, que mede o conteúdo volumétrico de água no substrato em m³ m⁻³. Foi desenvolvido um modelo de Redes Neurais Artificiais (RNAs) do tipo Multilayer perceptron. O ambiente de desenvolvimento foi o Google Colaboratory, com rotina desenvolvida em linguagem Python. As bibliotecas utilizadas para o desenvolvimento do modelo foi a Scikit-Learn. Para a estimação da variável resposta, como sendo o volume de água armazenada no substrato do telhado verde (ΔV , mm), contou como parâmetro de estimação as combinações entre as variáveis predictoras: P - precipitação (mm); I - irrigação (mm) e Q - água drenada (mm). Os valores estimados de saída foram os referentes ao ΔV para o ano de 2018, a fim de comparar aos dados obtidos pelas

modelagens estabelecidas anteriormente por (SANTANA, 2020). Para avaliar a capacidade de generalização da rede será utilizado o coeficiente de determinação (R^2), além do próprio método de autoavaliação da RNA, mean squared error (erro quadrático médio - MSE) e o erro médio absoluto (MAE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A melhor arquitetura da RNA foi selecionada de acordo com o melhor desempenho da rede, conforme as métricas de avaliação: coeficiente de determinação (R^2), erro quadrático médio (MSE) e o erro médio absoluto (MAE) e consistiu em três neurônios na camada de entrada (P - precipitação (mm); I - irrigação (mm) e Q - água drenada (mm), três camadas ocultas com 40, 30 e 20 neurônios, respectivamente; e um neurônio na camada de saída, referente a estimação do volume de água armazenada no substrato (ΔV , mm). Observa-se que o MSE das estimativas apresentou valor de 0,06, o MAE foi de 0,20 e o R^2 apresentou valor da ordem de 0,94. Na (Figura 1) é possível notar a variação entre o ΔV real da base de dados de (SANTANA, 2020) e estimado pela RNA. Observa-se na (Figura 2) a relação funcional entre os dados medidos e estimados pela RNA para o volume de água armazenada no substrato do telhado verde. Dessa forma, pode-se afirmar que a predição por meio de RNA alcançou um nível de eficiência aceitável ($R^2=0,94$), mesmo sem a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), o que demandaria um conjunto de sensores de custo elevado, para equipar uma estação meteorológicas automática.

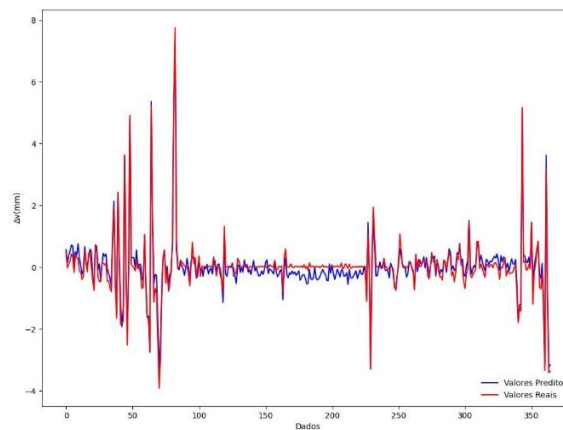


FIGURA 1. Variação dos valores reais e preditos do armazenamento de água no substrato.

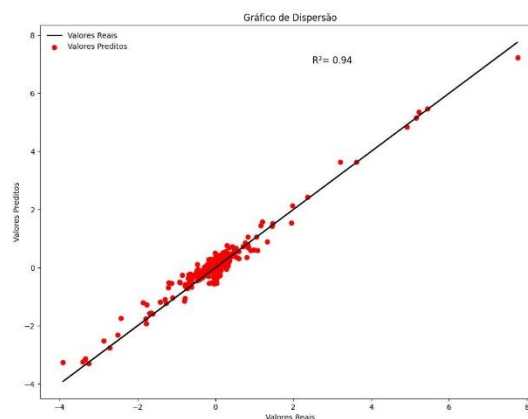


FIGURA 2. Relação funcional entre o volume de água armazenado no substrato do telhado verde real e estimado.

CONCLUSÕES: O emprego de redes neurais artificiais permitiu estimar o volume de água armazenada no substrato do telhado verde, o que contribui para quantificar o efeito mitigador do telhado verde diante dos eventos causados pelas mudanças climáticas em centros urbanos.

REFERÊNCIAS:

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Porto Alegre, RS: IPH, ed. UFRGS, 2010. p. 71.

JHA, K.; DOSHI, A.; PATEL, P.; SHAH, M. Uma revisão abrangente sobre automação na agricultura usando inteligência artificial. **Inteligência Artificial na Agricultura**, v. 2, p. 1–12, 2019.

KUJAWA, S.; NIEDBAŁA, G. Redes neurais artificiais na agricultura. **Agricultura**, v. 11, p. 497, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriculture11060497>>. Acesso em: 20 maio 2024.

SANTANA, T. C. Balanço hídrico e caracterização da qualidade da água pluvial proveniente de um telhado verde em Recife/PE. 2020. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2020.

SPÖRL, C.; CASTRO, E.; LUCHIARI, A. Aplicação de redes neurais artificiais na construção de modelos de fragilidade ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 21, p. 113-135, 2011.

VO, T.-K.-Q. et al. Guia de telhados verdes para tratamento de águas residuais: uma perspectiva do Vietnã. In: *Tratamento de Água em Ambientes Urbanos: Um Guia para a Implementação e Dimensionamento de Soluções Baseadas na Natureza: Exemplos do Sul/Sudeste Asiático*. Cham: Springer Nature Suíça, 2024. p. 115-131.

YE, D. Estrutura e funções do telhado verde e seu desenvolvimento em áreas urbanas, China. **Destaques em Ciência, Engenharia e Tecnologia**, v. 75, p. 1-7, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.54097/41cwrt42>>. Acesso em: 20 maio 2024.

ZOZULYA, O.; DOMRACHEV, V.; TRETNYNYK, V. Aplicação de tecnologia de redes neurais artificiais para previsão de perdas na colheita de girassol. **Cibernética e Tecnologias de Computação**, p. 19-27, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.34229/2707-451X.22.1.3>>. Acesso em: 20 maio 2024.