

REDES NEURAI APLICADAS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE TELHADO-VERDE A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE

JOÃO VICTOR ESTOLANO DA SILVA ¹, LYDYENE NAYARA NUNES DA SILVA ²,
TAIZE CALVACANTE SANTANA ³, CRISTIANE GUISELINI ⁴

¹ Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental, Depto Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE, joao.estolano@ufrpe.br.

² Eng. De Biosistemas, Mestranda em Eng. Agrícola, Depto Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE.

³ Doutoranda em Eng. Agrícola, Depto Eng. Agrícola, UFRPE, Recife – PE.

⁴ Professora Doutora, 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: Os telhados verdes têm sido cada vez mais adotados como uma medida para mitigar as ilhas de calor e promover a sustentabilidade nas cidades inteligentes. Portanto, objetivou-se com esse estudo estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) por meio de algoritmo de sensoriamento remoto apoiado com o uso de inteligência artificial (IA) para gestão hídrica. Foram coletados dados de uma estação meteorológica localizada no telhado-verde do Empresarial Charles Darwin e comparados com informações de imagens de satélite obtidas da plataforma Climate Engine para os anos de 2018 e 2019. A Rede Neural Artificial (RNA) foi construída através da arquitetura Multi Layer Perceptron (MLP) e seu desempenho foi avaliado por meio da comparação entre os dados reais com os valores preditos pelo modelo quanto às métricas: erro médio absoluto (MAE), erro quadrático médio (MSE) e coeficiente de determinação (R²). Os resultados indicaram uma dispersão de 0.83, um erro médio quadrado (MSE) de 0.07 e um erro médio absoluto (MAE) de 0.2 para os dados da estação meteorológica e 0.75 de dispersão, um MSE de 0.05 e um MAE de 0.17 para os dados de imagem de satélite, o que demonstra a eficácia da abordagem proposta.

PALAVRAS-CHAVE: aprendizagem de máquina, sensoriamento remoto, sustentabilidade urbana

NEURAL NETWORKS APPLIED TO GREEN ROOF EVAPOTRANSPIRATION FROM SATELLITE IMAGES

ABSTRACT: Green roofs have been increasingly adopted as a measure to mitigate heat islands and promote sustainability in smart cities. Therefore, the objective of this study was to estimate reference evapotranspiration (ET_o) through a remote sensing algorithm supported by the use of artificial intelligence (AI) for water management. Data were collected from a meteorological station located on the green roof of Empresarial Charles Darwin and compared with information from satellite images obtained from the Climate Engine platform for the years 2018 and 2019. The artificial neural network (ANN) was built using the Multi Layer Perceptron (MLP) architecture. and its performance was evaluated by comparing the real data with the values predicted by the model regarding the metrics: mean absolute error (MAE), mean squared error (MSE) and coefficient of determination (R²). The results indicated a dispersion of 0.83, a mean squared error (MSE) of 0.07 and a mean absolute error (MAE) of

0.2 for the weather station data and 0.75 dispersion, an MSE of 0.05 and a MAE of 0.17 for the satellite image, demonstrating the effectiveness of the proposed approach.

KEYWORDS: machine learning, remote sensing, urban sustainability

INTRODUÇÃO: Telhado verde é uma técnica que consiste em aplicar solo e vegetação sobre estruturas de cobertura impermeáveis, em diversos tipos de edificações (REDA *et al.*, 2012). O conhecimento da evapotranspiração é essencial para atividades relacionadas ao manejo de bacias hidrográficas em modelagem meteorológica e hidrológica, principalmente para gestão de água na agricultura irrigada (Dutta *et al.*, 2016). O método de combinação FAO Penman-Monteith (FAO-ET_o) é amplamente recomendado como método padrão para calcular Evapotranspiração de referência (ET_o) (Oudin *et al.*, 2010; Yadeta *et al.*, 2020). A principal desvantagem desta equação é o seu grande número de variáveis meteorológicas para operação, uma vez que muitas estações meteorológicas não possuem todos os sensores obrigatórios (Trajkovic e Kolakovic, 2009). Com isso torna-se viável o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs) que são modelos computacionais que imitam o sistema nervoso, no qual aprendem pela experiência, generalizam exemplos e abstraem características, sendo atrativos para resolver problemas (Nath *et al.*, 2016). O uso de imagens de satélites para estimar a ET_o é uma alternativa porque permite avaliações em maior escala espacial e temporal, em lugares de difícil acesso, o que garante novas proporções, e possibilita análises em diferentes escalas regionais e globais para longos períodos. Garante também uma maior compreensão da dinâmica existente entre a superfície e a atmosfera, como também as consequências das alterações de uso do solo (Laipelt *et al.*, 2020). Neste sentido, objetivou-se com esse estudo estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) por meio de algoritmo de sensoriamento remoto apoiado com o uso de inteligência artificial (IA) para gestão hídrica.

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 grama da espécie *Zoysia japonica*. Uma estação meteorológica foi instalada no telhado verde, foram registradas as seguintes variáveis: Saldo de radiação (R_n, MJm²dia⁻¹), Radiação Solar Global (R_s, MJm²dia⁻¹), Radiação Solar Refletida (R_{ref}, MJm²dia⁻¹), Temperatura do ar (T_{ar}, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %), Precipitação (P, mmdia⁻¹). Por meio das médias diárias foi calculado a Evapotranspiração de referência (ET_o) pelo modelo padrão de Penman-Monteith. Já as imagens foram analisadas e processadas por meio do Climate Engine, uma plataforma de processamento de imagens fornecida pela TerraClimate, que utiliza dados de pontos georreferenciados (UCSB Climate Hazards Group, s.d.). foram extraídos os índices de evapotranspiração de referência (ET_o) da região do telhado verde, que foram comparados com os dados registrados pela estação meteorológica. A construção da Rede Neural Artificial ocorreu no ambiente colaborativo de desenvolvimento Google Colab, empregando a biblioteca Scikit-learn e a linguagem de programação Python. A configuração foi estruturada em camada de entrada, camadas ocultas e camada de saída. O número de camadas de entrada e o número de neurônios na camada de saída são determinados pela dimensionalidade dos dados de entrada, especificamente com 3 neurônios na entrada e 1 neurônio na camada de saída. Os critérios de parada para o treinamento foram estabelecidos pela realização de testes com um limite de épocas (1000) e um limite para o erro quadrático médio (MSE) (<0,00001). O treinamento foi interrompido ao ser convergido antes de atingir

os critérios. Para avaliação do desempenho da rede comparou-se os valores reais, dados extraídos da estação meteorológica e das imagens de satélite, com os valores preditos, dados estimados pela rede neural artificial, por meio das métricas de erro médio absoluto (MAE), erro quadrático médio (MSE) e coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os dados de evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos por meio das imagens de satélite foram validados ao serem comparados com os dados registrados pela estação meteorológica, o que resultou uma correlação com coeficiente de determinação (R^2) satisfatório de 0,9257. Nota-se na tabela 1 valores das variáveis referentes à estação meteorológica e imagens de satélite.

TABELA 1. Estatística descritiva dos dados obtidos pela estação e pelo satélite.

Fonte	Variável	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Estação	P (mm)	4.44	0	130	11.83
	Tm (°C)	27.02	23.69	29.36	1.02
	Rn (MJ m ² .dia ⁻¹)	16.72	5.21	41.83	5.09
	ET _o (mm.dia ⁻¹)	2.47	1.04	5.69	0.64
Satélite	P (mm)	3.24	0	33.18	5.17
	Tm (°C)	26.02	23.05	28.6	1.02
	Rn (MJ m ² .dia ⁻¹)	14.48	1.45	19.4	3.88
	ET _o (mm.dia ⁻¹)	2.26	0.9	3.39	0.43

A precipitação média diária foi de 4.44 mm, com uma grande variabilidade representada pelo desvio padrão alto de 11.83 mm. Essa variabilidade ocorre devido à ampla gama de precipitação ao longo do tempo, desde dias sem chuva até dias muito chuvosos, no qual varia de 0 mm a 130 mm. Essas variações são influenciadas pelas características climáticas específicas da cidade do Recife, com um período seco de agosto a março e um período chuvoso de abril a julho (Ribeiro; Nascimento, 2020). As previsões da evapotranspiração (ET_o) feitas pela Rede Neural Artificial (RNA) para os dados da estação meteorológica (A) e das imagens de satélite (B), respectivamente, estão representadas na análise comparativa abaixo, sendo pontos vermelhos, os dados extraídos e em azul os dados estimados (figura 1).

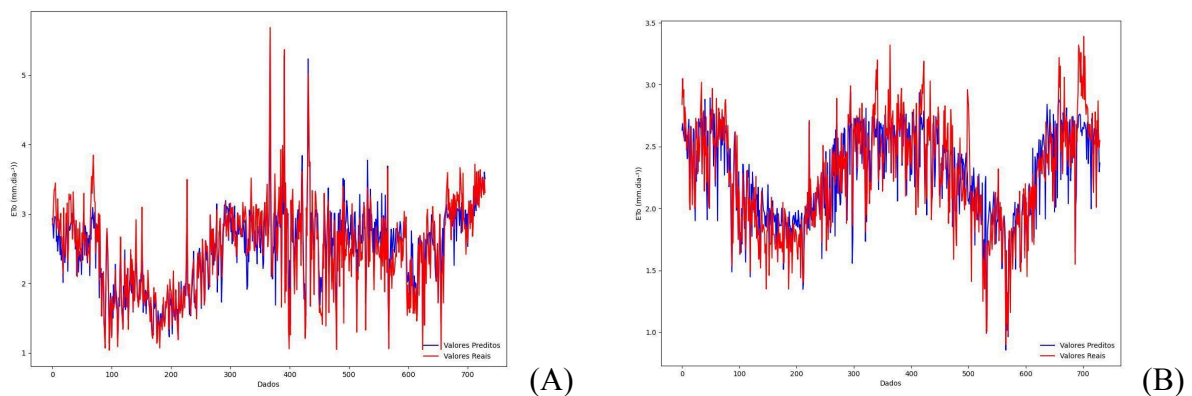


FIGURA 1. Gráficos de dispersão dos valores de (ET_o) estimados pela RNA

As estimativas da RNA a partir dos dados da estação meteorológica mostram um MSE de 0.07, MAE de 0.2 e R^2 de 0.83, o que indica desempenho consistente na previsão da ETo, com baixos níveis de erro e capacidade significativa de explicar a variação nos dados. Para as estimativas com dados de imagem de satélite, o MSE foi de 0.05, MAE de 0.17 e R^2 de 0.75, com um desempenho consistente apesar do R^2 ligeiramente inferior, o que destaca a eficácia do modelo em prever a ETo e capturar tendências nos dados.

CONCLUSÕES: Concluiu-se que a evapotranspiração de referência (ETo) pode ser eficientemente estimada por meio de redes neurais artificiais (RNA) e empregada quando dados de umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento não estão prontamente disponíveis.

REFERÊNCIAS:

DUTTA, B.; SMITH, W. N.; GRANT, B. B.; PATTEY, E.; DESJARDINS, R. L.; LI, C. Model development in DNDC for the prediction of evapotranspiration and water use in temperate field cropping systems. **Environmental Modelling & Software**, v. 80, p. 9-25, 2016.

LAIPELT, L. S.; RUHOFF, A. L.; FLEISCHMANN, A. S.; KAYSER, R. H. B.; KICH, E. M.; ROCHA, H. R.; NEALE, C. Assessment of an Automated Calibration of the SEBAL Algorithm to Estimate Dry-Season Surface-Energy Partitioning in a Forest-Savanna Transition in Brazil. **Remote Sensing**, v. 12, p. 1108, 2020.

NATH, S.; KOTAL, S. D.; KUNDU, P. K. Seasonal prediction of tropical cyclone activity over the north Indian Ocean using three artificial neural networks. **Meteorology and Atmospheric Physics**, p. 1-12, 2016.

LOUDIN, L.; MOULIN, L.; BENDJOURI, H.; RIBSTEIN, P. Estimating potential evapotranspiration without continuous daily data: possible errors and impact on water balance simulations. **Hydrological Sciences Journal**, v. 55, p. 209–222, 2010. <https://doi.org/10.1080/02626660903546118>.

RIBEIRO, E. P.; NASCIMENTO, G. V. S. Características Climáticas e Regime Hídrico da Microrregião de Recife, Pernambuco. **Revista Equador**, v. 9, n. 3, p. 158–177, 2020.

REDA, A. L. L.; TANZILLO, A. A.; COSTA, G. B. Telhados Verdes: uma proposta econômica em busca do desenvolvimento urbano sustentável. In: **Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto**, São Paulo, 2012.

TRAJKOVIC, S.; KOLAKOVIC, S. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. **Water Resource Management**, v. 23, n. 14, p. 3057-3067, 2009.

YADETA, D.; KEBEDE, A.; TESSEMA, N. Potential evapotranspiration models evaluation, modelling, and projection under climate scenarios, Kesem sub-basin, Awash River basin, Ethiopia. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 6, n. 4, p. 2165–2176, 11 jun. 2020.