

**MONITORAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM MUDAS DE AROEIRA  
COM LISÍMETRO AUTOMATIZADO INTEGRADO À IOT E COMPUTAÇÃO  
EM NUVEM**

*Raphaela Romão Da Silva Cabral (raphaela\_romao@ufrj.br)*

*Matheus De Souza Santos (matheus\_ss@id.uff.br)*

*Vinicius Nunes Henrique Silva (viniciusnhs@id.uff.br)*

*José Carlos Arthur Junior (jcarthur@ufrj.br)*

*Gustavo Bastos Lyra (gblyra@ufrj.br)*

A gestão eficiente dos recursos hídricos na produção de mudas florestais é fundamental para a sustentabilidade e a otimização da qualidade das plantas, especialmente em um cenário de crescentes desafios ambientais e climáticos. Neste contexto, a determinação precisa da evapotranspiração (ET) é uma prática indispensável para o manejo hídrico, que permite a quantificação da perda de água por evaporação do substrato e transpiração das plantas. O presente estudo teve como objetivo principal quantificar a evapotranspiração horária de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e avaliar sua relação com variáveis meteorológicas. Para isso foi empregado um sistema inovador de lisimetria de pesagem automatizada. Este sistema foi desenvolvido com tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e integrado a computação em nuvem, representa um avanço na monitorização em tempo real. O experimento foi conduzido no viveiro florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), localizado no campus Seropédica, RJ. A região apresenta clima Aw

(Köppen), caracterizado por estação seca no inverno e chuvosa no verão. As sementes de aroeira foram plantadas em março de 2025 e transplantadas em abril de 2025 para bandejas plásticas com dimensões de 0,628 × 0,397 m (área de 0,2493 m<sup>2</sup>), contendo 46 tubetes. O substrato utilizado foi o Mecplant Florestal 3®, composto por casca de pinus e vermiculita, ideal para o cultivo de mudas de espécies florestais. As irrigações foram realizadas diariamente de forma manual, com lâminas de 2 a 4 mm dia<sup>-1</sup>, o que assegurou condições hídricas ótimas para o crescimento das mudas. O lisímetro de pesagem, construído com uma célula de carga do tipo “S” de alta precisão (20 kg de capacidade máxima, sensibilidade de 2 ± 0,2 mV/V e precisão de 0,02%), foi projetado para monitorar continuamente as variações de massa do sistema, com leitura dos dados a cada minuto. Estes dados eram então transmitidos via rede de rádio LoRa até um gateway, que os conectava a um microcontrolador ESP32. Os dados, subsequentemente, foram armazenados em um banco de dados MySQL hospedado na plataforma Amazon Web Services (AWS), que garantiu seu acesso remoto, segurança e integridade das informações. A evapotranspiração horária foi determinada a partir da variação de massa obtida pelo lisímetro, dividida pela área da bandeja, em dias e horários sem ocorrência de chuva para isolar a ET. Paralelamente, dados meteorológicos como radiação solar global (Rs) e temperatura do ar (Tar) foram obtidos por uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Seropédica. A análise estatística indicou forte correlação da ET horária com Rs e Tar, com um coeficiente de correlação de Pearson superior a 0,89. Modelos de regressão linear, considerando Rs ( $ET = \beta_0 Rs$ ) e outro adaptado do modelo de Hargreaves-Samani [ $ET = \beta_0 Rs (Tar + 17,8)$ ], mostraram ajustes satisfatórios, com coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,800 e 0,799, respectivamente, e um erro padrão de estimativa (EPE) de 0,055 mm h<sup>-1</sup> para ambos. Estes resultados confirmam que a Rs e Tar são fatores preponderantes na determinação da ET em mudas de aroeira, explicando aproximadamente 80% da sua variação horária. A metodologia empregada, que combina lisimetria automatizada com monitoramento remoto via IoT e nuvem, mostrou-se altamente eficaz e precisa para a quantificação da ET em tempo real. Conclui-se que esta abordagem tecnológica oferece subsídio para o desenvolvimento de estratégias de manejo hídrico racionais e sustentáveis em viveiros florestais. Assim, promove a otimização do uso da água e a produção de mudas de alta qualidade com menor impacto ambiental. A implementação de tais sistemas pode revolucionar a eficiência e a

sustentabilidade da produção florestal, contribuir para a conservação dos recursos hídricos e para a resiliência dos ecossistemas florestais.

Palavras-chave: evapotranspiração; mudas florestais; lisímetro; internet das coisas (iot).