

CALIBRAÇÃO DE UM SENSOR DE BAIXO CUSTO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA O MANEJO DE IRRIGAÇÃO¹

Erik Felipe Rezende do Carmo², Bismarc Lopes da Silva³, Rosilene Gomes de Souza Pinheiro³, Janaina Lisboa Pereira², Jhonattan Teles Marinho², João Victor Martins de Araújo Almeida², Emerson Oliveira Lima², Laércio Novato Ribeiro Filho⁴, Cristiano Tagliaferre⁵

RESUMO

Os sensores de umidade do solo são dispositivos usados na agricultura que permitem medir diretamente a umidade do solo para o manejo da irrigação. No entanto, para o seu uso é necessário a calibração desses dispositivos de acordo as condições locais para que as informações obtidas representem a condição atual da umidade do solo. Sendo assim, este trabalho objetivou realizar a calibração de sensores capacitivos de umidade do solo de baixo custo visando o manejo de irrigação. Para isso, foi desenvolvido o protótipo de coleta de dados utilizando diferentes microcontroladores individualmente, seguido da obtenção dos valores extremos lido pelos sensores imersos em água e ao ar, e posteriormente feita a correlação entre a umidade volumétrica de 10 amostras de solo com as leituras dos 10 sensores. Os resultados apontaram baixo desvio padrão nas condições seca e úmida para todos os sensores, independentemente do microcontrolador utilizado. As leituras obtidas pelos sensores instalados nas amostras de solo demonstraram um ajuste satisfatório em relação à umidade volumétrica. Não foram observadas diferenças significativas entre os sensores na faixa correspondente a capacidade de campo e umidades mais baixas e suas calibrações apresentaram-se promissoras para sua aplicação em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Calibração, Irrigação, Sensores.

CALIBRATION OF A LOW-COST SENSOR AND SOFTWARE DEVELOPMENT FOR IRRIGATION MANAGEMENT

ABSTRACT

Soil moisture sensors are devices used in agriculture that allow direct measurement of soil moisture for irrigation management. However, their use requires calibration under local conditions so that the information obtained accurately represents the actual soil moisture status. Therefore, this study aimed to calibrate low-cost capacitive soil moisture sensors for irrigation management. For this purpose, a data acquisition prototype was developed using different microcontrollers individually, followed by obtaining the extreme values recorded by the sensors when immersed in water and exposed to air, and subsequently correlating the volumetric moisture of 10 soil samples with the readings of the 10 sensors. The results showed low standard deviation under both dry and wet conditions for all sensors, regardless of the microcontroller used. The readings obtained from the sensors installed in the soil samples demonstrated a satisfactory fit in relation to volumetric moisture. No significant differences were observed among the sensors within the range corresponding to field capacity and lower moisture levels, and their calibrations proved promising for field application.

KEYWORDS: Calibration, Irrigation, Sensors.

¹Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

²Graduando em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista

³Discente de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista

⁴Discente de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista

⁵Docente, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário é um dos grandes responsáveis pelo aumento do PIB na economia brasileira, elevando-o em 2,9% em 2023 graças ao seu crescimento (IBGE, 2024). Até 2040, é estimado um acréscimo de 4,2 milhões de hectares de agricultura irrigada, gerando um consumo maior de água pela agricultura (ANA, 2021). Com a imprevisibilidade climática, o desenvolvimento de novas tecnologias para a irrigação é de fundamental importância para melhor uso desse recurso. Dentre as estratégias tecnológicas para aumentar a eficiência da irrigação considera-se o seu manejo como principal ferramenta, englobando um conjunto de técnicas que resultam na aplicação de água no momento e na quantidade correta, evitando que as plantas entrem em estresse hídrico por falta de água (Marouelli, 2011).

O uso de dispositivos eletrônicos no campo tem favorecido o manejo da irrigação de forma mais precisa, como o uso de sensores de umidade no solo, que são aparatos tecnológicos que viabilizam o manejo da irrigação, por serem capazes de fornecer dados correspondentes a umidade atual do solo de forma instantânea e indireta, permitindo que a irrigação seja realizada de forma mais eficiente (Pardossi & Incrocci, 2011; Zinkernagel et al., 2020).

A principal problemática no uso de sensores é a variação das medições, tornando necessário sua calibração que permitirá o fornecimento de dados confiáveis da umidade do solo para determinar a lâmina de irrigação, evitando o desperdício de água (Abdelfattah et al., 2020). Para isso, é necessária a criação de um protótipo que possa coletar os dados do sensor e posteriormente correlacionar suas leituras com a umidade no solo. Sendo assim, objetiva-se esse trabalho realizar a calibração de sensores capacitivos de umidade do solo de baixo custo visando o manejo da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem (LHID), na Universidade Estadual Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, BA. Seu desenvolvimento ocorreu em duas etapas: a criação do protótipo de coleta de dados e a calibração dos sensores em amostras indeformadas de solo.

A estrutura do protótipo é composta por um módulo de armazenamento SD, uma fonte de alimentação (modelo YwRobot Power MB V2), um multiplexador de 16 canais, 47 cabos jumpers e duas protoboards (Figura 1A). Os microcontroladores utilizados foram: um ESP 32, um ESP 8266 Node MCU e um Arduino Uno. Acoplados ao protótipo de coleta, foram usados 10 sensores capacitivos de umidade do solo (modelo HW – 390). A programação dos microcontroladores foi feita através do software Arduino IDE.

O procedimento de calibração foi realizado com 10 amostras indeformadas de solo que foram saturadas, dando início a coleta de dados usando uma estrutura devidamente construída (Figura 1B).

As curvas de calibração foram obtidas através de 14 pontos amostrais, cada um derivado da média de 100 leituras para os 10 sensores em cada microcontrolador, junto ao peso dos conjuntos anel-solo-sensor, relacionando as leituras dos sensores com o decréscimo da umidade volumétrica do solo.

A avaliação da diferença entre sensores e entre microcontroladores foi realizada por meio do modelo de regressão ponderada localmente (Cleveland & Devlin, 1988), ajustando modelos ao nível de confiança de 95%. Os dados obtidos foram sistematizados pelo programa Excel e realizada a análise de variância com uso do programa estatístico SigmaPlot.



FIGURA 1: (A) Protótipo de coleta de dados dos sensores. (B) Estrutura com protótipo de coleta instalado. FONTE: Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo mostrou-se apto na coleta das leituras dos 10 sensores para cada microcontrolador, fazendo-se as coletas sem perdas de dados. A eficiência do programa criado para executar a coleta de dados foi promissora, sendo a base para criação do software para manejo de irrigação. Na Figura 2, é possível visualizar os pontos onde há diferença ou não nas leituras dos sensores realizadas em cada microcontrolador frente a umidade volumétrica.

As seções em que as curvas se sobrepuseram não houve diferença significativa entre as leituras dos sensores para cada microcontrolador, e onde não se tocaram, os fenômenos diferiram entre si como foi observado nas zonas mais extremas de leitura, representando o ponto de murcha permanente e a saturação. Ao contrário, a zona que compreende a capacidade de campo do solo foi a que melhor representa as leituras, com sobreposição. Tal comportamento foi observado por Okasha et al. (2021), que

embora tenha visualizado esse fenômeno para um solo argiloso, diferente do solo franco-arenoso do presente trabalho, admitem que o desempenho de todos os sensores é bom para estimar o teor de umidade do solo em uma faixa da capacidade de campo.

A diferença mínima observada foi encontrada na zona mais seca (0-5%) e úmida (27-33%) para o ESP 32 em relação aos demais, que pode ter ocorrido devido a resolução desse microcontrolador ser maior. Ainda assim, o uso desses microcontroladores não apresenta problemas relacionados a precisão, quando comparados entre si, frente o grau de segurança das sobreposições.

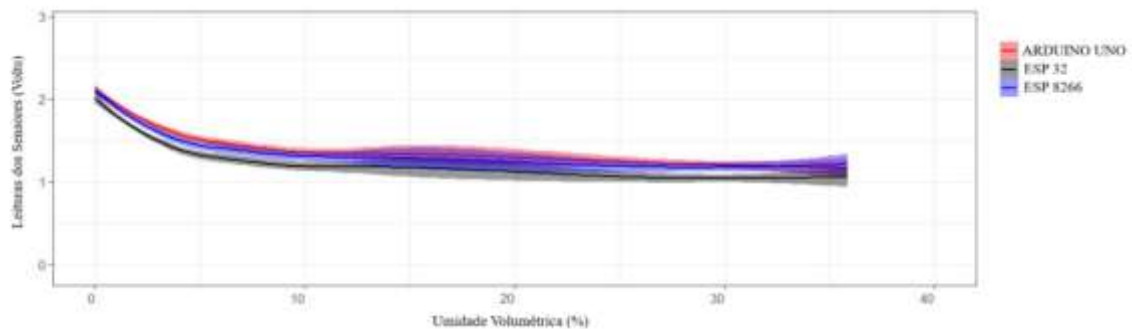


FIGURA 2. Curvas de Calibração dos 10 Sensores em cada microcontrolador. ($p>0,05$).
FONTE: Autor.

CONCLUSÕES

O dispositivo desenvolvido mostrou-se apto para realizar as leituras dos 10 sensores para os microcontroladores.

O programa criado para atender aos três microcontroladores foi promissor, servindo de base para criação do software de manejo de irrigação.

As leituras comparadas entre microcontroladores apresentaram diferenças mínimas nas regiões extremas de leitura, sendo a faixa melhor representada a capacidade de campo, ideal para o manejo das culturas.

As curvas de calibração apresentaram resultado promissor para futuros testes em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDELFATTAH, A. H.; SABIROV, R. F.; IVANOV, B. L.; LUSHNOV, M. A.; SABIROV, R. A. Calibration of soil humidity sensors of automatic irrigation controller. In: BIO Web of Conferences, v. 17, p. 00249, 2020.

2. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2ª ed. 2021.
<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 03 abr. 2024.
3. CLEVELAND, W. S.; DEVLIN, S. J.; GROSSE, E. Regression by local fitting: methods, properties, and computational algorithms. *Journal of Econometrics*, v. 37, n. 1, p. 87-114, 1988.
4. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contas Nacionais: Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9%. 03 mar. 2024.
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39306-com-alta-recorde-da-agropecuaria-pib-fecha-2023-em-29>. Acesso em: 04 abr. 2024.
5. MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 5, p. 103.
6. PARDOSSI, A.; INCROCCI, L. Traditional and new approaches to irrigation scheduling in vegetable crops. *HortTechnology*, v. 21, n. 3, p. 309-313, 2011.
7. ZINKERNAGEL, J.; MAESTRE-VALERO, J. F.; SERESTI, S. Y.; INTRIGLIOLO, D. S. New technologies and practical approaches to improve irrigation management of open field vegetable crops. *Agricultural Water Management*, v. 242, p. 106404, 2020.
8. OKASHA, A. M.; IBRAHIM, H. G.; ELMETWALLI, A. H.; KHEDHER, K. M.; YASEEN, Z. M.; ELSAYED, S. Designing Low-Cost Capacitive-Based Soil Moisture Sensor and Smart Monitoring Unit Operated by Solar Cells for Greenhouse Irrigation Management. *Sensors*, v. 21, n. 16, p. 5387, 2021. www.mdpi.com/1424-8220/21/16/5387. Acesso em: 07 dez. 2024.