

MEDIÇÃO DE UMIDADE DO SOLO POR MEIO DE BIOSPECKLE LASER ADAPTADO EM UM DISPOSITIVO PORTÁTIL

**ADILSON MACHADO ENES¹, ANDRÉ BATISTA SANTOS², KAREN M. C. DA
CONCEICAO³, VALFRAN JOSÉ SANTOS ANDRADE⁴, MARIA FERNANDA DE
MENEZES SANTOS⁵, DIEGO ANDRADE PEREIRA⁶**

¹ Professor Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe – UFS, e-mail: adilsonenes@academico.ufs.br

² Graduando Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe – UFS, e-mail: andrengao@academico.ufs.br

³ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe - UFS, e-mail: milenakaren@academico.ufs.br

⁴ Técnico Mecânico, Universidade Federal de Sergipe-UFS, e-mail: valfranjose@bol.com.br

⁵ Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe - UFS, e-mail: fernanda-cn@live.com

⁶ Engenheiro Mecânico, Universidade Federal de Sergipe-UFS, e-mail: diegoandrade_senai@yahoo.com.br

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

RESUMO: Este estudo avaliou a eficiência de um dispositivo portátil adaptado de biospeckle laser para estabelecer uma correlação entre a umidade do solo e o Momento de Inércia (MI). Foi utilizado o método de Pearson para realizar um estudo de correlação estatística entre os valores de MI e os valores de umidade do solo. O sistema de aquisição foi constituído por um laser HeNe de 632 nm de comprimento de onda, um microscópio digital XTrad e um Raspberry Pi 3 modelo B+ para processamento de dados e geração dos valores de MI. Procedeu-se à análise de variância para os valores de MI para os 5 níveis de umidade e 100 repetições. O objetivo é contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta confiável e conveniente para o monitoramento não invasivo da umidade do solo, facilitando melhores práticas de manejo da água em sistemas agrícolas. Os resultados mostraram que é possível obter uma correlação satisfatória. Conclui-se que o método proposto apresentou resultados promissores e pode ser uma alternativa viável para a medição de umidade do solo em campo. Essa técnica inovadora pode contribuir para o aumento da eficiência e produtividade na agricultura, permitindo um monitoramento mais preciso e eficiente da umidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Biospeckle laser, umidade do solo, dispositivo portátil.

SOIL MOISTURE MEASUREMENT USING PORTABLE ADAPTED BIOSPECKLE LASER DEVICE

ABSTRACT: This study evaluated the efficiency of an adapted portable biospeckle laser device to establish a correlation between soil moisture and the Moment of Inertia (MI). The Pearson method was used to conduct a statistical correlation study between MI values and soil moisture values. The acquisition system consisted of a 632 nm HeNe laser, a digital XTrad microscope, and a Raspberry Pi 3 model B+ for data processing and MI value generation. Analysis of variance was performed on the MI values for the 5 levels of moisture and 100 repetitions. The objective was to contribute to the development of a reliable and convenient tool for non-invasive monitoring of soil moisture, facilitating better water management practices in agricultural systems. The results showed that it is possible to obtain a satisfactory correlation. It is concluded that the proposed method yielded promising results and can be a viable alternative for field measurement of soil moisture. This innovative technique can

contribute to increased efficiency and productivity in agriculture, enabling more precise and efficient monitoring of soil moisture.

KEYWORDS: Biospeckle laser, soil moisture, portable device

INTRODUÇÃO: O fenômeno do BSL, baseado em interferência óptica, tem recebido grande atenção no campo da Engenharia Agrícola. Ele tem sido amplamente estudado na literatura, com pesquisas recentes de Pandiselvan *et al.* (2020) e Rahmanian (2020) abordando esse tema. As perturbações observadas no fenômeno do biospeckle laser estão intimamente relacionadas aos processos biológicos, tornando-o uma ferramenta valiosa para estudar e compreender a dinâmica dos sistemas vivos. Um dos principais fatores que influenciam os padrões de speckle dinâmico nas medições de biospeckle laser em superfícies de solo é a presença de água. À medida que o teor de água no solo muda, isso afeta o espalhamento e a interferência da luz laser, resultando em variações nos sinais de biospeckle laser. Essas variações podem ser analisadas e processadas usando diferentes técnicas, como quantificação, mapeamento e tratamento de frequências, para extrair informações valiosas sobre o teor de umidade do solo. Algumas pesquisas recentes (ENES *et al.*, 2022) têm se concentrado no desenvolvimento de um dispositivo portátil que possa realizar os mesmos procedimentos experimentais que um computador desktop convencional, mas com a vantagem da portabilidade e implantação em campo. Portanto, o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência do método proposto, utilizando um dispositivo portátil adaptado de biospeckle laser, para estabelecer uma correlação entre a umidade do solo e o MI. Esta pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta confiável e conveniente para o monitoramento não invasivo da umidade do solo, facilitando melhores práticas de manejo da água em sistemas agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS: Neste experimento foi utilizado uma amostra de solo, retirada de área experimental no campus rural da Universidade Federal de Sergipe e previamente classificado quanto as propriedades físicas e umidade. A classificação de umidade foi feita com base no método da estufa a 105 °C durante 24 horas. Em seguida, a amostra foi hidratada de maneira controlada por balança de precisão e sensor de umidade YL-39, de modo a obter amostras com os seguintes teores de umidade: 5, 10, 15, 20 e 25 % b.u. A hidratação foi obtida por adição de água destilada. Um sensor de umidade modelo YL-39, previamente calibrado, e uma placa de desenvolvimento do tipo Arduino uno R3 foram utilizados para monitorar a umidade do solo em tempo real. As medições de umidade pelo sensor YL-39 foram utilizadas apenas para efeito de controle para atingir a umidade esperada, servindo de redundância ao controle feito usando a balança de precisão. Após o equilíbrio ser atingido em cada intervalo, foram tomadas 100 repetições de MI, calculadas conforme a equação descrita por Silva (2021), para cada valor de umidade. O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi utilizado para determinar a normalidade dos dados, e em seguida, procedeu-se um estudo de correlação estatística entre os valores de MI e os valores de umidade (% b.u) do solo pelo método de Pearson. O sistema de aquisição foi constituído por um laser HeNe de 632 nm de comprimento de onda (vermelho). Um microscópio digital XTrad com capacidade de aquisição de 30 frames por segundo e um raspberry pi 3 modelo B+ para processamento de dados e geração dos valores de MI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A tabela 1 permite visualizar os resultados da análise de variância para os valores de MI para os 5 níveis de umidade e 100 repetições.

TABELA 1. Análise de variância para variável resposta MI.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr > FC |
|--------------|-----|--------|--------|--------|----------------------|
| UMIDADE | 4,0 | 166,46 | 41,62 | 502,83 | 0,0000** |
| REPETIÇÃO | 99 | 8,29 | 0,0838 | 1,012 | 0,4567 ^{NS} |
| ERRO | 396 | 32,774 | 0,0828 | | |
| T. Corrigido | 499 | 207,53 | | | |

CV (%) = 5.40

Média geral: 5.3317200 Número de observações: 500

^{NS}: não significativo (P>0,05); *: significativo (P<0,05); **: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

Os resultados mostram que existem diferenças significativas entre os tratamentos com um Pr >F_c inferior a 0,001 %. Já a tabela 2, mostra o resultado do teste de tukey para o fator de variação umidade.

TABELA 2. Teste Tukey para a FV UMIDADE

| Tratamentos | Médias | Resultados do teste |
|-------------|----------|---------------------|
| 5 | 4.501900 | A |
| 10 | 5.014500 | B |
| 15 | 5.252300 | C |
| 20 | 5.703100 | D |
| 25 | 6.186800 | E |

DMS: 0,133707408227155 NMS: 0,01; Média harmônica do número de repetições (r): 100;

Erro padrão: 0,0287685378091548; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si de acordo com teste de Tukey (p < 0,001).

A tabela 2 permite observar que todos os tratamentos diferem entre si (p <0,001), este resultado está em conformidade com o esperado, mostrando que o método do MI foi eficiente para diferenciar os tratamentos.

A tabela 3, exibe o resultado da análise de correlação entre os valores de MI e Umidade do solo.

Tabela 3. Teste correlação pelo método de Pearson.

Pearson's Correlations

| | n | Pearson's r | p |
|--------------|-----|-------------|--------|
| MI - Umidade | 500 | 0.891 *** | < .001 |

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Conforme pode ser observado na tabela 3, ocorre uma forte correlação positiva entre MI e Umidade com um $r = 0,891$, dado pela equação $y(x) = 0,0812x + 4,114$. A figura 1 permite observar o gráfico de correlação.

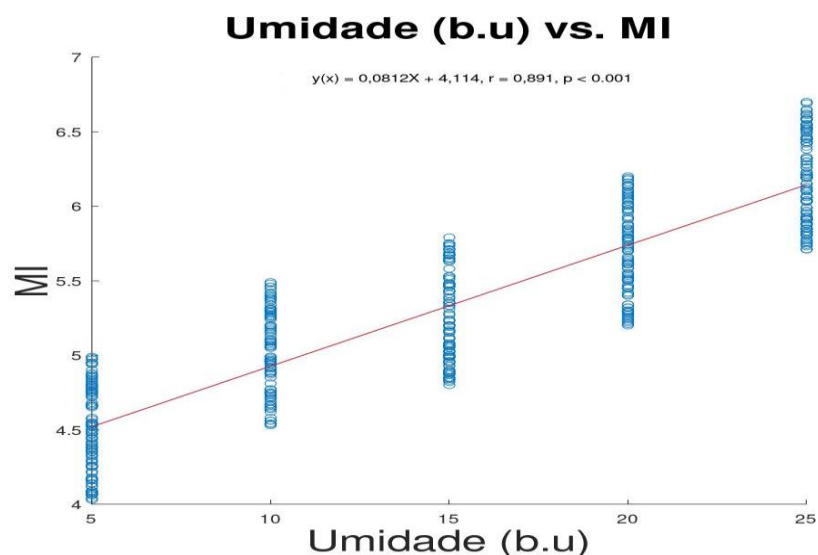


FIGURA 1. Análise de correlação pelo método de Pearson.

A correlação entre valores de MI e umidade do solo já é conhecida, porém a configuração experimental tem grande influência nas medidas. Ao proceder o ajuste dessa correlação para uma configuração portátil, além do custo reduzido no processamento, ganha-se a possibilidade de fixar num mesmo aparato as medidas e distancias adotadas na correlação, permitindo que a equação de ajuste possa ser usada em situações reais e não apenas em ambiente controlado.

CONCLUSÕES: Conclui-se que existe uma forte correlação positiva entre os valores de MI e os valores de umidade do solo para o setup experimental testado ($r=0,891$) e que a construção de um dispositivo portátil de aferição de umidade por BSL se mostra viável, embora com adaptações em função da falta de componentes para a pesquisa.

REFERÊNCIAS:

ENES, A. M. et al. DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA ANÁLISE DE BIOSPECKLE LASER. [S. l.: s. n.], 2022. DOI 10.37423/221006629. Disponível em: <http://api.conhecimentolivres.org/ecl-api/storage/app/public/L.600-2022.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

PANDISELVAM, R.; MAYOOKHA, V.P.; KOTHAKOTA, A.; RAMESH, S.V.; THIRUMDAS, R.; JUVVI, P. Biospeckle laser technique – A novel non-destructive approach for food quality and safety detection. Trends in Food Science & Technology, [S.l.], v. 97, p. 58-71, 2020.

RAHMANIAN, Alireza; JAFARI, Seyed Mahdi; SAHARI, Mohammad Ali; HADDAD KHODAPARAST, Mohammad Hossein. Application of biospeckle laser imaging for early detection of chilling and freezing disorders in orange. Postharvest Biology and Technology, [S.l.], v. 162, p. 111118, 2020.

SILVA, Ana Maria Torres da. Monitoramento do processo de germinação das sementes de arapiraca e feijão através da técnica de biospeckle laser. 2021. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - UFAL, Campus Arapiraca, Unidade Educacional ARAPIRACA.