

MÉTODO INDIRETO PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS PERMISSIVIDADE (ϵ) E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (σ) DO SOLO

RICARDO KURZ BUNDE¹; GUSTAVO GAUGER DE OLIVEIRA²; CARLOS EDUARDO HELBIG³; MATEUS BECK FONSECA⁴; MARLON SOARES SIGALES⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – ricardo.bunde@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – gustavo.gauger@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – carlos.helbig@ufpel.edu.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – mateus.fonseca@ufpel.edu.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – marlon.sigales@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão, que utiliza tecnologia de ponta para otimizar a produção agrícola e minimizar o desperdício de recursos, tem um papel importante na gestão eficiente da água, um recurso essencial para o desenvolvimento das formas de vida e o principal componente das plantas (CAMPOS BERNARDI, 2014). No entanto, a má utilização da água na agricultura pode levar à contaminação dos aquíferos e compactação do solo (CETESB, 2013).

Diversas metodologias têm sido exploradas para garantir o uso adequado da água, evitando a saturação do solo além da profundidade radicular. Uma dessas metodologias é uma tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA que fornece uma indicação visual não automática do nível de umidade do solo, prometendo aumentar a produção e reduzir o uso de água (MAROUELLI, 2010). No entanto, a baixa difusão desta tecnologia, e a falta de automação limita seu acesso e uso.

Tecnologias *in situ* (locais) automáticas focadas em sensores eletrônicos são uma alternativa promissora. Elas reduzem problemas com logística, tempo e mão de obra em comparação com os métodos destrutivos de análise do teor de água no solo. No entanto, sensores confiáveis geralmente têm custos elevados, criando uma demanda no segmento (SIGALES et al., 2018).

No Brasil, a agricultura familiar produz 23% do valor de produção total dos estabelecimentos com apenas 23% da área de produção (IBGE, 2017), O que demonstra a importância da agricultura familiar no país e a necessidade de investir em tecnologias que possam ajudar esse segmento a aumentar sua eficiência e produtividade, conforme demonstra necessidade apresentada na revisão de Lima; Silva e Iwata (2019), onde a tecnificação está concentrada nas mãos dos agricultores que detêm níveis de capitalização maiores.

Visto isso, este trabalho tem por objetivo expor métodos para a identificação dos parâmetros ϵ (permissividade elétrica do solo) e σ (condutividade elétrica do solo) do solo, obtidos através das técnicas de medição expostos em Sigales et al. (2018). Esses parâmetros são importantes para entender as propriedades elétricas do solo e podem ser úteis para otimizar o uso da água na agricultura, tornando mais precisas as medidas feitas de cada localidade e inserindo mais uma opção para o acesso dos agricultores com menos capitalização às tecnologias. O presente trabalho está sendo desenvolvido como parte inicial do projeto Instrumentação eletrônica aplicada à agricultura 4.0, desenvolvido pelo Grupo de Instrumentação Eletrônica do CENg-UFPEl.

2. METODOLOGIA

Neste estudo, adotaram-se os modelos de solo apresentados por Wobshall (1978) para realizar leituras elétricas do solo. Esses modelos foram derivados de polinômios obtidos por meio de espectrometria em várias frequências, conforme descrito por Wobshall (1977). No entanto, Wobshall (1978) demonstrou que, ao operar na mesma frequência, o modelo pode ser simplificado, pois as perdas são consistentes em todos os níveis de umidade do solo.

A identificação dos fatores elétricos será baseada na resposta do sensor de umidade para solos que utiliza a distorção gerada pela impedância, como meio de inferência do teor de água presente na leitura, descrito em Sigales et al. (2018). Para minimizar os impactos referentes à composição dos solos e à salinidade, o sensor foi projetado para trabalhar injetando alta frequência. Este circuito retorna uma equação característica baseada no divisor de impedâncias do solo com um resistor conhecido e dependendo da impedância característica, haverá um desvio entre a corrente e a tensão, devido o fator reativo e também uma atenuação devido a um fator resistivo.

Utilizando análises de circuitos, essas distorções foram analisadas, para identificar os parâmetros ϵ , de permissividade elétrica do solo, e σ de condutividade elétrica do solo. Para isso, forneceremos equações específicas que correlacionam esses parâmetros com a impedância lida e por consequência com a umidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o modelo de eletrodos de placas paralelas, nela as distâncias entre as placas e a área das placas influenciam nas medidas de permissividade e condutividade do solo.

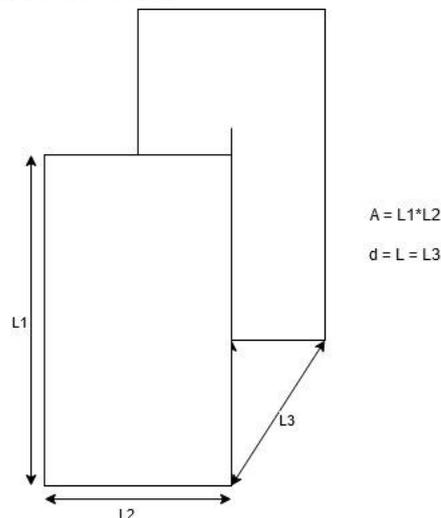


Figura 1: Modelo de eletrodos de placas paralelas

O equacionamento dos parâmetros elétricos baseados em Sigales et al. (2018) e Wobshall (1978) são apresentados na Figura 2 e Figura 3, nelas são apresentadas os passos para a obtenção dos parâmetros, em função dos valores medidos através da instrumentação de Sigales et al. (2018).

$$Z_{solo} = |Z_{solo}| \angle Z_{solo}$$

$$Z_{solo} = R_{conhecido} \cdot \left(\frac{V_{out1}}{V_{out2}} - 1 \right) \angle (V_{MediaComparaFases} / (360^\circ \cdot V_{max})) \text{ (SIGALES et al., 2018)}$$

$$Z_{solo} = Z_{c0} // R_0 \text{ (WOBSCHALL, 1978)}$$

$$|Z_{solo}| = \frac{R_0}{\sqrt{w^2 \cdot C_0^2 \cdot R_0^2 + 1}}$$

$$\angle Z_{solo} = \angle tg^{-1}(-w \cdot C_0 \cdot R_0)$$

$$Z_{solo} = |Z_{solo}| = R_{conhecido} \cdot \left(\frac{V_{out1}}{V_{out2}} - 1 \right) = \frac{R_0}{\sqrt{w^2 \cdot C_0^2 \cdot R_0^2 + 1}}$$

$$\angle Z_{solo} = (V_{MediaComparaFases} / (360^\circ \cdot V_{max})) = tg^{-1}(-w \cdot C_0 \cdot R_0)$$

Figura 2: Equacionamento do modelo do solo baseado em Sigales et al.(2018) e Wobschall (1978)

$$R_0 = \sqrt{\frac{1}{1 - R_{conhecido}^2 \cdot \left(\frac{V_{01}}{V_{02}} - 1 \right)^2 \cdot \omega^2 \cdot C_0^2}}$$

$$C_0 = tg\left(\frac{V_{MediaComparaFases}}{360^\circ}\right) = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

$$\varepsilon = tg\left(\frac{V_{MediaComparaFases}}{360^\circ}\right) \cdot \frac{d}{A}$$

$$R_0 = \sqrt{\frac{1}{1 - R_{conhecido}^2 \cdot \left(\frac{V_{01}}{V_{02}} - 1 \right)^2 \cdot \omega^2 \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{A}{d} \right)^2}} = \frac{L}{\sigma \cdot A}$$

$$\sigma = \frac{L}{\sqrt{\frac{1}{1 - R_{conhecido}^2 \cdot \left(\frac{V_{01}}{V_{02}} - 1 \right)^2 \cdot \omega^2 \cdot \left(\varepsilon \cdot \frac{A}{d} \right)^2}} \cdot A}$$

Figura 3: Relacionamento dos parâmetros elétricos com os valores lidos na instrumentação de Sigales et al. (2018) através do modelo de Wobschall (1978)

Nas Figuras 2 e 3 é possível notar o desenvolvimento sobre o modelo para descrever os parâmetros elétricos do solo.

4. CONCLUSÕES

Este estudo alcançou seus objetivos ao identificar os parâmetros elétricos através dos modelos de Wobshall (1978) ao realizar leituras do solo utilizando o sensor descrito em Sigales et al. (2018), onde através da análise de circuitos, conseguiu-se identificar os parâmetros ε (permissividade elétrica) e σ (condutividade elétrica). As equações encontradas para identificar esses parâmetros por essa análise são fundamentais para entender as propriedades elétricas do solo.

Este trabalho auxilia no desenvolvimento das áreas de manejo eficiente de recursos hídricos na agricultura, individualizando as localidades e tornando acessível a agricultura de precisão para aqueles agricultores que possuem dificuldade em acessar a tecnologia.

Para trabalhos futuros, sugere-se explorar a influência da salinidade nas leituras do sensor de Sigales et al.(2018), através de espectrometria utilizando o modelo de Wobshall (1977), também sugere-se correlacionar a umidade apenas com a permissividade e por fim uma busca em melhorar o hardware apresentado por Sigales et al. (2018).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARQUELLI, W, A. **Guia prático para uso do Irrigas na produção de hortaliças**. 1 ed., DF: EMBRAPA Hortaliças, 2010, 32p. ISBN 978-85-86413-21-6.

Wobshall, D. A.. Theory of the complex Dielectric Permittivity of Soil Containing Water: The Semidisperse Model. **IEEE Transactions on Geoscience Electronics**. V. 15, n. 1, p. 49-58, Jan 1977. Acesso em abril de 2023, disponível em https://www.researchgate.net/publication/3477668_A_Theory_of_the_Complex_Dielectric_Permittivity_of_Soil_Containing_Water_The_Semidisperse_Model

Wobshall, D. A.. Frequency Shift Dielectric Soil Moisture Sensor. **IEEE Transactions on Geoscience Electronics**, V. 16, n. 2, p. 112-118, 1978. Acesso em abril de 2023, disponível em https://www.researchgate.net/publication/3477712_A_Frequency_Shift_Dielectric_Soil_Moisture_Sensor

LIMA, Antônia Francisca; SILVA, Edvânia Gomes de Assis; IWATA, Bruna de Freitas. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

IBGE. **Censo Agropecuário: Resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Especiais. Acessado em 05 de jul. 2022. Online. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>

CAMPOS BERNARDI, A. C. de. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 2a edição.ed, DF: EMBRAPA, 2014. ISBN 978-85-7035-352-8.

CETESB. **Poluição das águas subterrâneas**, São Paulo, 2013, acessado em 12 jun. 2017. Especiais. Online. Disponível em: <http://aquassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/poluicao-das-aguas-subterraneas/>

SIGALES, M. S.; SCHEUNEMANN, J. C.; WILLE, M. B.; FONSECA, M. B.. DESENVOLVIMENTO DE UM SENSOR UMIDADE PARA SOLOS. In: **XXVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UFPEL**, Pelotas, 2018. Anais... UFPEL, 2018. v. 1. , p. 1-4.