

# SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO CONTÍNUO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO

Milena Campos Baliero<sup>1</sup>, Wagner Henrique Moreira<sup>1</sup>, Wesley Tessaro Andrade<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Nova Andradina-MS

[milena.baliero@estudante.ifms.edu.br](mailto:milena.baliero@estudante.ifms.edu.br), [wagner.moreira@ifms.edu.br](mailto:wagner.moreira@ifms.edu.br), [wesley.andrade@ifms.edu.br](mailto:wesley.andrade@ifms.edu.br)

## Resumo

Os solos do Cerrado são caracterizados por sua baixa fertilidade natural e elevada acidez, podendo limitar a produção agrícola (BERNARDI et al., 2003) e apresentando ainda alta variabilidade espacial, que dificulta o manejo e reduz a produtividade (BOTTEGA et al., 2013). Com a intensificação dos sistemas agrícolas e busca por ambientes sustentáveis e produtivos, tornou-se essencial conhecer a variabilidade dos diferentes atributos do solo, tornando a tomada de decisão mais assertiva (BERNARDI et al., 2014). A mensuração da Condutividade elétrica (CE) tem como principal objetivo apresentar a variabilidade na composição físico-química dos solos, possibilitando o entendimento da dinâmica dos nutrientes no solo, sobre o risco de limitação do desenvolvimento radicular; e, fornecendo informações que servirão de base para alterações no manejo a ser realizado (REN et al., 2016). Este estudo teve o objetivo o desenvolvimento e validação de um protótipo para avaliação contínua da (CE). Os resultados indicam que protótipo apresenta grande potencial de utilização, por sua similaridade de leituras comparadas com os aparelhos comercial, sendo uma alternativa de baixo custo, que poderá oferecer leituras em tempo real de (CE) para o produtor, que poderá acompanhar o desempenho de seus talhões através do seu celular, e o auxiliando na tomada de decisões.

## Introdução

A condutividade elétrica no solo é a capacidade que um material compreende em conduzir uma corrente elétrica. A sua utilização na agricultura provém do fato de cada amostra do solo apresentar variabilidade na composição físico-química e apresentar distintos níveis de condutividade elétrica (CE). As principais vertentes de estudo referentes aos fatores que influenciam na CE estão reunidas em atributos como salinidade, teor de água, textura e alguns atributos químicos de interesse agrícola, como a capacidade de troca de cátions (CTC) (Rhoades, 1993; Molin et al., 2005; Machado et al., 2006; Molin & Castro, 2008). No solo, há relação direta entre a concentração de íons e o fluxo de corrente elétrica, o que justifica a CE do solo ser empregada para mensurar a produtividade das culturas (JOHNSON et al., 2005).

A CE depende essencialmente da solução eletrolítica existente no solo. Solos com baixo teor de água dispõem de resistência elétrica muito alta (FREELAND, 1989). Alguns minerais presentes no solo aparecem como isolantes, apesar de que em alguns solos pode existir uma pequena corrente sendo conduzida através da superfície das partículas (FREELAND, 1989). Dessa forma, o valor obtido para a CE de um solo é devido ao seu teor de água e de sais dissolvidos (FREELAND, 1989).

Neste sentido, o monitoramento constante de atributos de solo como a (CE) pode fornecer parâmetros importantes sobre: entendimento da dinâmica dos nutrientes no solo; sobre o risco de limitação do desenvolvimento radicular; e, fornecer informações que servirão de base para alterações no manejo a ser realizado (REN et al., 2016).

Para realizar o mapeamento dos atributos do solo, em especial a CE, ainda se necessita de amostragens trabalhosas e de elevado custo, que se tornam inviáveis para muitos produtores. Diante disso, novas tecnologias de sensoriamento direto, proximal e remoto estão sendo desenvolvidas para a obtenção de informações espaciais relevantes (PEETS et al., 2012), como o os sensores de solo para o mapeamento da condutividade elétrica aparente (CEa) (FULTON et al., 2011; URIBEETXEBARRIA et al., 2018).

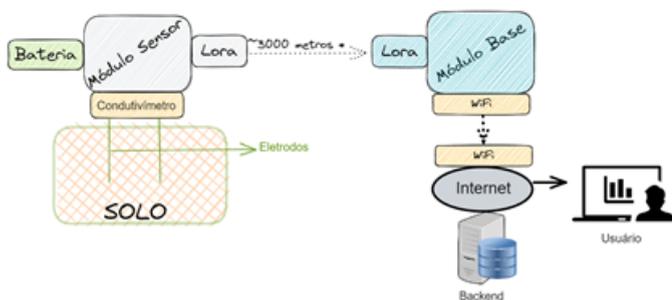
O Arduino é um microcontrolador, que dispõe de um microcontrolador da família AVR, fabricado pela empresa ATMEL. São provenientes do microcontrolador os recursos do Arduino como: conversores analógicos/digitais (entradas analógicas); as entradas e saídas digitais; as saídas PWM3 (saídas analógicas). Além disso, a placa eletrônica ainda possui interface serial/USB para comunicação com o computador de desenvolvimento e um regulador de voltagem para adequação da energia necessária (tensão elétrica) ao funcionamento do sistema (5V DC) (ALVES et al., 2013).

Diante disso, o presente projeto visa o desenvolvimento e validação de um protótipo para avaliação contínua da (CE).

## Metodologia

O desenvolvimento do sistema foi conduzido no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, câmpus Nova Andradina, localizado na Rodovia MS-473, KM 23, s/n Fazenda Santa Bárbara.

Para a construção do protótipo (Figura 1) para a leitura da (CE), foram utilizados os seguintes equipamentos: um microcontrolador integrado a um emissor de LORA duas hastes de aço inox com 0,15 m de comprimento, separadas por 0,05 m com comprimento de 0,15 m, distância entre cilindros de 0,5 cm, e 0,06 m de diâmetro, sendo 0,05 m para a fixação em um tubo de Nylon com 0,10 m de comprimento e 0,30 m de diâmetro, e uma perfuração de dez 0,10 m por todo o tubo de Nylon para a passagem dos fios positivo e negativo por dentro do mesmo para facilitar o manejo do equipamento; resistor de 330 ( $\Omega$ ) ohm. Além de um sensor de umidade um “power bank” para a alimentação e um celular para a obtenção e armazenamento de dados.



**Figura 1.** Arquitetura do sistema proposto. \* Distância teórica descrita no documento técnico (datasheet) do equipamento

Após a construção do protótipo, foram realizados testes e demonstrações de comandos simples. Este primeiro protótipo teve como objetivo verificar qual configuração teria melhor correlação com o equipamento comercial. Por meio de testes preliminares, foi encontrado um valor de resistência próxima a 330 ( $\Omega$ ) ohm. Deste primeiro teste, foram obtidos resultados que indicam semelhança entre leituras do protótipo e do equipamento comercial.

Dando continuidade, o próximo teste teve por objetivo encontrar a calibração do protótipo através da comparação das leituras de dois condutivímetros comerciais Akso e CDR - 870 com o protótipo. Para a realização da

calibração foram preparados doze copos descartáveis com solução tampão 1413 us/cm em diferentes concentrações diluídas em 250 ml de água deionizada. Realizando leitura em cada copo.

Para os testes de comparação de leitura do protótipo com os aparelhos comerciais foram coletadas amostras de solo, de forma a representar a realidade dos solos do Cerrado e os distintos sistemas de manejo. As amostras coletadas foram de Mata nativa, Plantio Convencional, Sistema de plantio direto com três anos de implantação e Sistema de plantio direto com seis anos de implantação, nas profundidades de 0-20 e 0-40 cm.

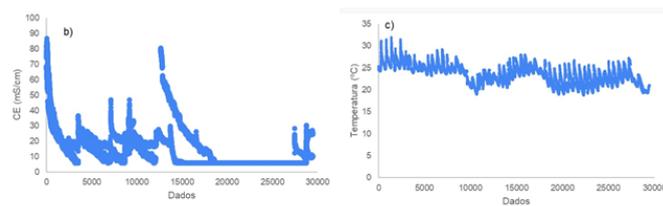
As amostras foram pesadas com 32 g de solo em cada copo, sendo amostras de Mata nativa, Sistema convencional, Sistema de sementeira direta com três anos de implantação e Sistema de sementeira direta com seis anos de implantação, nas profundidades de 0-20 e 0-40 cm. Para cada 32 g de solo de cada amostra, foi acrescentado 80 ml de água deionizada e foi realizada a homogeneização.

Antes de cada leitura a mistura de solo e água era novamente misturada para que os íons ficassem diluídos na solução. A leitura do protótipo foi realizada com a inserção da haste na solução.

Por fim, foi realizado o teste a campo com a instalação do protótipo e o monitoramento contínuo da (CE) era registrada e poderia ser acompanhada pelo site <https://thingspeak.com/channels/1548634>.

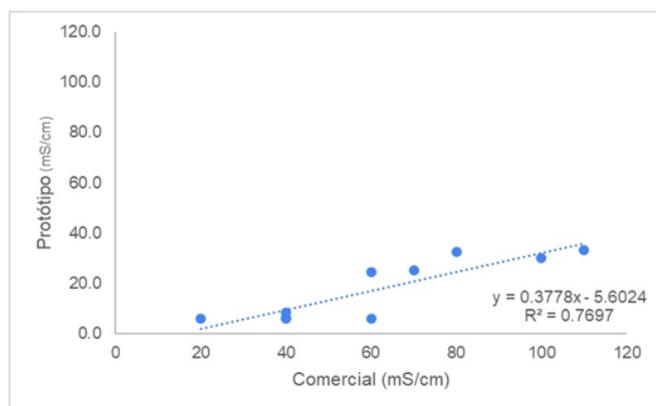
## Resultados e Discussão

Os resultados mostram que o protótipo apresenta constância em seus dados nas leituras de (CE) e de temperatura como mostra na (Figura 2). Sendo a relação CE e temperatura essencial para a obtenção de dados precisos e que determinam as condições reais do solo onde está inserido o aparelho.



**Figura 2.** Dados de leitura do protótipo (CE) e de temperatura.

Em comparação com as leituras do protótipo e do aparelho comercial (Figura 3), nota-se uma similaridade entre os resultados. Demonstrando que o protótipo apresenta grande potencial de utilização para o monitoramento contínuo da (CE).



**Figura 3.** Comparação de dados entre o protótipo e o condutímetro comercial.

### Considerações Finais

Dessa forma, o protótipo apresenta grande potencial de utilização, por sua similaridade de leituras comparadas com os aparelhos comercial, sendo uma alternativa de baixo custo, que poderá oferecer leituras em tempo real de (CE) para o produtor, que poderá acompanhar o desempenho de seus talhões através do seu celular, e o auxiliando na tomada de decisões.

### Agradecimentos

Agradeço ao IFMS pela bolsa e pelo apoio financeiro ao projeto.

### Referências

- ALVES, R. M.; DA SILVA, A. L. C.; DE CASTRO PINTO, M.; SAMPAIO, F. F.; DA FONSECA ELIA, M. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. Jornada de Atualização em Informática na Educação, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2013.
- BERNARDI, A. D. C.; NAIME, J. D. M.; RESENDE, A. D.; BASSOI, L.; INAMASU, R. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Embrapa Instrumentação-Livro técnico (INFOTECA-E), 2014.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. D.; PINTO, F. D. A. D. C.; SOUZA, C. M. A. D. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. Revista Ciência Agronômica, v. 44, p. 1-9, 2013.
- FREELAND, R. S. Review of soil moisture sensing using soil electrical conductivity. Transaction of the ASAE, v. 32, n. 6, p. 2190-2194, 1989.
- FULTON, A. et al. Using EM and VERIS technology to assess land suitability for orchard and vineyard development. Irrigation Science, v. 29, n. 6, p. 497-512, 29 nov. 2011.
- JOHNSON, C.K.; ESKRIDGE, K.M.; CORWIN, D.L. Apparent soil electrical conductivity: applications for designing and evaluating field-scale experiments. Computers and Electronics in Agriculture, v.46, p.181-202, 2005. DOI: 10.1016/j.compag.2004.12.001.
- MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida et al. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1023-1031, 2006.
- MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.420-426, 2005.
- MOLIN, J.P.; CASTRO, C.N. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.65, p.567- 573, 2008.
- PEETS, S. et al. Methods and procedures for automatic collection and management of data acquired from on-the-go sensors with application to on-the-go soil sensors. Computers and Electronics in Agriculture, v. 81, p. 104-112, 1 fev. 2012.
- REN, X.; ZHANG, P.; CHEN, X.; GUO, J.; JIA, Z. Effect of different mulches under rainfall concentration system on corn production in the semi-arid areas of the loess plateau. Scientific Reports, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

12. RHOADES, J. D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.49, p.232-242, 1993.
13. URIBEETXEBARRIA, A. et al. Apparent electrical conductivity and multivariate analysis of soil properties to assess soil constraints in orchards affected by previous parcelling. *Geoderma*, v. 319, p. 185–193, 1 jun. 2018.
14. VANDEN HEUVEL, R.M. The promise of precision agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.51, p.38-40, 1996.