

AVALIAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE SONDAS CAPACITIVAS WIRELESS

JULIA R. SIMIONE¹ JOSÉ D. F. JUNIOR¹ THAIS G. MENDONÇA² CLAUDINEI F. SOUZA³

¹ Graduandos em Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Agrárias-UFSCar, Araras-SP.

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, CCA/UFSCar, Araras- SP.

³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, Araras-SP.

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO:Sonda Capacitiva wireless é um sensor que inserido no solo próximo à planta fornece informações que contribuem na tomada de decisões, enviando, por exemplo, a umidade e a condutividade elétrica do solo para um smartphone via Bluetooth. O objetivo deste trabalho foi encontrar uma equação de ajuste para umidade das sondas através de uma calibração com o método gravimétrico e avaliar a confiabilidade dos dados em relação à técnica da TDR. O experimento foi realizado no CCA/UFSCar em escala laboratorial utilizando quatro recipientes com 8L de solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. Em cada recipiente foram acomodadas sondas capacitivas e de TDR. Entre a saturação e o secamento do solo mediu-se a umidade volumétrica e a condutividade elétrica através das diferentes técnicas, e a umidade padrão pelo método gravimétrico. Os valores de umidade volumétrica das sondas capacitivas wireless subestimaram em média 17% em relação ao método gravimétrico ($R^2 = 0,96$) e superestimaram 29% em relação ao TDR ($R^2 = 0,97$). Entretanto, para condutividade elétrica, os valores obtidos com o sensor se mostraram equivalentes aos obtidos com TDR. Portanto, conclui-se que os valores obtidos com este sensor são confiáveis, e assim foi possível fazer uma calibração deste método em relação aos demais.

PALAVRAS-CHAVE: capacitância, TDR, irrigação

EVALUATION AND CALIBRATION OF WIRELESS CAPACITIVE PROBES

ABSTRACT: Capacitive wireless probe is a sensor inserted in to the soil next to the plant provides in formation to help in decision-making, sending, for example, a moisture and electrical conductivity of the soil to a smartphone via Bluetooth. The objective was to find a adjustment equation for moisture probes through a calibration with the gravimetric method and evaluate the reliability of the data in relation to TDR. The experiment was conducted in CCA/UFSCar in laboratory scale using four containers with 8L of soil classified as Oxisol dystrophic. In each container capacitive probe and TDR was accommodated. Among the soil saturation and drying was measured water content and electrical conductivity through the different techniques and standard moisture by the gravimetric method. The water content values of the capacitive wireless probes underestimate on average 17% compared to the gravimetric method ($R^2= 0.96$) and overestimate 29% relative to the TDR ($R^2=0.97$). However, for electrical conductivity, the values obtained by the sensor proved to be equivalent to those obtained with TDR. Therefore, it is concluded that the values obtained with this sensor are reliable, and so it was possible to make a calibration of this method over the other.

KEYWORDS: capacitive, TDR, irrigation

INTRODUÇÃO

Conhecer o teor de água no solo é fundamental para a determinação do balanço hídrico local, do potencial de transporte de nutrientes para as plantas, da “produção” de água para mananciais hídricos e do momento mais adequado de preparo do solo, bem como para o manejo da irrigação (SILVA et al., 2012). Inovações para racionalizar o uso da água e evitar ou reduzir os desperdícios serão importantes para se ter o crescimento da exigência de alimentos (EMBRAPA, 2012).

O valor da umidade volumétrica (θ) é uma informação bastante utilizada em estudos que envolvem a infiltração de água no solo, estimativa da condutividade hidráulica, drenagem, irrigação, evapotranspiração entre outros (SANTOS et al., 2011). Assim, o monitoramento do conteúdo de água do solo pode ser obtido por meio de métodos diretos e indiretos (PRIMO et al., 2015).

A gravimetria é considerada o método padrão, enquanto os métodos indiretos dependem de propriedades físicas associadas à solução do solo. São exemplos deste tipos de métodos que se baseiam na Reflêctometria no Domínio do Tempo (TDR), a contabilização da passagem de nêutrons, a resistência elétrica e a frequência no domínio do tempo (FDR) (ANDRADE JUNIOR et al., 2007).

A utilização da TDR na determinação da umidade volumétrica do solo apresenta muitas vantagens, pois é uma técnica não destrutiva e não utiliza radiação ionizante. Além disso, apresenta alta exatidão nas medições, é portátil e as medições podem ser feitas de forma automática, em condições de laboratório ou de campo, em qualquer direção no perfil do solo e no tempo real (OTTO, 2001). Já sonda capacitiva wireless é um novo método que pode ser utilizado para mensurar propriedades do solo.

As sondas capacitivas wireless podem ser inseridas em local aberto ou fechado, em um vaso ou no campo, fazendo assim a medição do crescimento e da boa saúde das plantas. É considerada um inteligente sensor de plantas, pois quando colocada em um solo próximo as plantas, esta consegue fazer a leitura da luminosidade, fertilidade, umidade e temperatura e posteriormente envia os dados para um smartphone a partir de bluetooth, quando este estiver próximo ao sensor. Além disso, recomenda-se também os cuidados que devem ser tomado sse algo acontecer de errado.

O objetivo deste estudo foi encontrar uma equação de ajuste para a umidade das sondas, através de uma calibração do método gravimétrico e avaliar a confiabilidade dos dados em relação a técnica da TDR.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Poluição do Solo, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em Araras-SP. Para a elaboração foram montados quatro baldes, cuja as dimensões eram de 0,24 m de diâmetro de 0,18 m de altura, com um volume de 8 dm³. O solo utilizado era um Latossolo vermelho distrófico de textura argilosa.

Para o preenchimento dos baldes, inicialmente foram acrescentados 1,5 kg de pedra tipo brita, em seguida tecido bidin (cuja finalidade era evitar a perda de solo pela drenagem) e por fim 8 kg TFSA em peneira de 2mm, até atingir 0,02 m da borda. Os baldes possuíam um dreno lateral inferior para retirar o excesso de água depois de saturado.

O solo em seguida foi saturado com uma quantidade de aproximadamente 4L de água, onde o excesso foi retirado pelo dreno até que o solo atingisse a capacidade de campo.

Para monitorar a umidade do solo foram utilizadas sondas TDR cujo comprimento da haste era de 15 cm e sondas capacitivas wireless. As sondas TDR eram ligadas ao aparelho TDR100 da Campbell Scientific acoplado a um computador portátil para realização das leituras diárias. Já para as leituras das sondas capacitivas wireless era utilizado um smartphone conectado via bluetooth, no qual um aplicativo coletava os dados quando o aparelho estivesse próximo aos baldes.



FIGURA 1. Pesagem dos baldes para mensurar a massa e obter a umidade através de método gravimétrico (à esquerda); instalação das sondas capacitivas wireless e das sondas TDR nos baldes (à direita).

No caso das sondas de TDR, a constante dielétrica aparente (K_a) obtida através das leituras foi utilizada na Equação 1 (BACALHAU et al., 2012), para que ela estivesse de acordo com as características do solo utilizado no experimento.

$$\theta = 0,000005Ka^3 - 0,0003Ka^2 + 0,0161Ka + 0,0132 \quad (1)$$

em que,

θ : umidade do solo;

K_a : constante dielétrica aparente do solo, adimensional.

Entre o período de saturação e secamento do solo, foi medido a umidade volumétrica e condutividade elétrica, através da técnica TDR, das sondas capacitivas wireless e a umidade padrão medida pelo método gravimétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparados os valores obtidos com as sondas capacitivas wireless e com os valores obtidos com o método gravimétrico (Figura 2), observou uma subestimativa de 17% ($R^2= 0,96$). Com a curva de calibração formada, obteve-se uma equação polinomial de segundo grau (Equação 2).

$$y = -2,5664x^2 + 2,4575x - 0,1367 \quad (2)$$

em que:

y - umidade volumétrica das sondas capacitivas, m^3m^{-3} ;

x- umidade volumétrica com método gravimétrico, m^3m^{-3} .

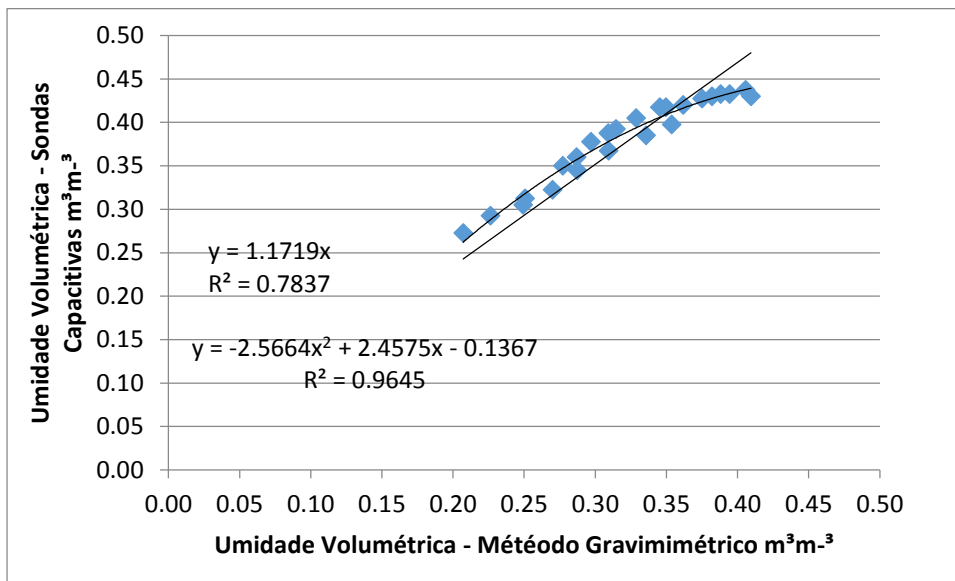


FIGURA 2. Gráfico de correlação da umidade volumétrica obtida com as sondas capacitivas, e a umidade volumétrica a partir do método gravimétrico.

Em relação à técnica TDR, a umidade volumétrica mensurada pelas sondas capacitivas wireless é superestimada em 29 % (Figura 3), obtendo como equação de ajuste ($R^2 = 0,97$):

$$y = 1,377x - 0,263$$

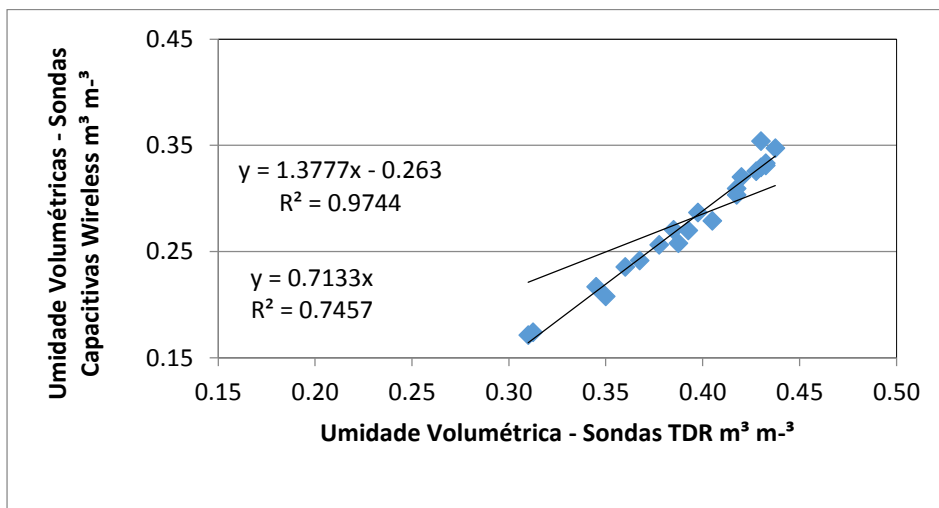


FIGURA 3. Gráfico de correlação da umidade volumétrica obtida com as sondas capacitivas, e a umidade volumétrica a partir da técnica da TDR.

Como podem ser vistos nas Figuras acima a correlação existente, quando comparado as sondas capacitivas com ambos os métodos foi alta, o que mostra a confiabilidade deste novo sensor. Não se soube a calibração utilizada para a obtenção da umidade volumétrica a partir das sondas capacitivas wireless, mas foi mostrado com este estudo que os valores obtidos se aproximam com os do método padrão e também com os obtidos a partir da técnica da TDR. Para condutividade elétrica, os valores obtidos com esta sonda se mostraram equivalente a aqueles da com a técnica da TDR.

Com estes resultados é possível observar que um novo tipo de sensor, sondas capacitivas wireless, que pode ser utilizado para a medição da umidade volumétrica do solo, sendo de grande utilidade para a extensa faixa de aplicações visando a conservação do solo e da água (AVILA et al., 2011). A vantagem deste método é que além da informação da umidade volumétrica, este sensor possui outras funções, como fornecer a luminosidade, temperatura e fertilidade do solo, sendo estes parâmetros essenciais para um bom desenvolvimento das plantas.

Outra vantagem deste método é que quando o smartphone se aproxima do sensor, estes interagem e se houver algo de errado, a sonda envia uma notificação, mostrando os cuidados que se deve ter com as plantas, como por exemplo molhar quando a umidade volumétrica estiver baixa. Entretanto como qualquer outra técnica possui desvantagens, neste caso a maior seria seu custo de aquisição, que por ser ainda uma tecnologia nova no mercado possui um alto valor.

Com as calibrações feitas das sondas capacitivas wireless, esta se torna um método confiável para a estimar a umidade volumétrica do solo. Este foi um primeiro estudo deste método, esperando ser um ponto de partida para próximos trabalhos.

CONCLUSÕES

Conclui-se com este estudo que os dados obtidos de umidade volumétrica do solo com as sondas capacitivas wireless são confiáveis, sendo valores próximos aos obtido com o método gravimétrico e com a técnica da TDR, permitindo obter uma equação de calibração ajustada.

REFERÊNCIAS

ANDRADEJÚNIOR A.S., SILVA, C. R., DANIEL, R. Calibração de um sensor capacitivo de umidade em Latossolo Amarelo na microrregião do Litoral Piauiense. **Revista Agrária**, 2:303-307, 2007.

AVILA, L. F, MELLO, C. R., MELLO, J. M., SILVA, A. M. Padrão espaço-temporal da umidade volumétrica do solo em uma bacia hidrográfica com predominância de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, n 5, p. 1801-1810, 2011.

BACALHAU, F. B.; PAVÃO, G. C.; SOUZA, C. F. Determinação da umidade em Latossolo Vermelho distrófico por sondas de TDR. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2012, 41, Londrina. **Anais...** . Londrina: SBEA, 2012. p. 1 - 6.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agricultura, Sustentabilidade e Tecnologia**. Agroanalysis, Fevereiro de 2012.

OTTO, S.R.; ALCAIDE, M. Utilização do método TDR-tensiometro na obtenção da curva de retenção da água no solo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5 n.2, 2001.

PRIMO, J. T. A., SILVA, T. G. F., MOURA, M. S. B., SOUZA, L. S. B. Calibração de sondas capacitivas , funções físico-hídricas e variação do armazenamento de água em um

argissolo cultivado com palma forrageira. **Revista Ceres**. Viçosa, v.62, n.1, p.020-029, jan/fev, 2015.

SANTOS T. E. M., MONTENEGRO, A. A. A., SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15:670-679, 2011.

SILVA, B. M., OLIVEIRA, G. C., SERAFIM, M. E., SILVA JUNIOR, J. J., COLOMVO, A., LIMA, J. M. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p.277-286, 2012.