

CALIBRAÇÃO DO FDR EM TOPOSSEQUÊNCIA NA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS, PARANÁ

Sâmara Ester Lima Saraiva¹, Eduardo Augusto Agnellos Barbosa², Caio Laércio Meyer³, Luis Fernando Grisowski⁴, Fabrício Tondello Barbosa⁵, Neyde Fabíola Balarezo Giarola⁶

RESUMO: As sondas de capacitância FDR (Domínio de frequência refletometria) é uma técnica alternativa que fornece medições com alta precisão em diferentes profundidades do solo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a calibração de um equipamento FDR em condições de campo. O estudo foi realizado na Fazenda Escola Capão da Onça da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, situada no município de Ponta Grossa, PR. A sonda portátil utilizada é um modelo Diviner® FDR (Sentek) e a equação utilizada foi proposta pelo fabricante da sonda de capacitância, sendo: $\Theta = a.FR^b$. Há necessidade de calibração para obtenção da curva de ajuste, havendo diferenças em relação aos teores de umidade do solo e também de sua classe textural. No entanto, a sonda FDR mostrou-se aceitável para monitoramento da água no solo, quanto a precisão do R² e acurácia do erro médio.

PALAVRAS-CHAVE: Sensor de umidade do solo, sistema plantio direto, vertente, conteúdo de água no solo

FRD CALIBRATION IN TOPOSSEQUENCE IN THE CAMPOS GERAIS REGION, PARANÁ

ABSTRACT: FDR capacitance probes (reflectometry frequency domain) is an alternative technique that occurs with high precision at different depths of the soil. Thus, the objective of this work was to evaluate the calibration of an FDR equipment under field conditions. The study was carried out at Fazenda Escola Capão da Onça of the State University of Ponta Grossa - UEPG, located in the municipality of Ponta Grossa, PR. A portable probe used is a

¹ Mestranda em agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Campus Uvaranas. Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900, Ponta Grossa – PR. Fone: (85) 98928-2210. E-mail: estersaraiva21@gmail.com

² Prof. Adjunto, Depto de Ciência do solo e Engenharia Agrícola – UEPG. E-mail: eduardo.agnellos@gmail.com

³ Mestrando em agronomia, UEPG – PR. Email: caiomeyer2@gmail.com

⁴ Técnico em agropecuária e Estudante de graduação em agronomia, UEPG – PR. Fone: (45) 99970-5782. E-mail: luisgrisowski@yahoo.com.br

⁵ Prof. Adjunto, Depto de Ciência do solo e Engenharia Agrícola – UEPG. E-mail: fabriciotondello@gmail.com

⁶ Profª. Associada, Depto de Ciência do solo e Engenharia Agrícola – UEPG. E-mail: neydef@uepg.com

Diviner® FDR model (Sentek) and an equation used was proposed by the capacitance probe manufacturer, being: $\Theta = a \cdot FR^b$. There is a need for calibration to obtain the adjustment curve, with a difference in relation to the moisture content of the soil and also of its textural class. However, an FDR probe proved to be acceptable for monitoring water in the soil, in terms of R2 accuracy and average error accuracy.

KEYWORDS: Soil moisture sensor, no-tillage system, slope, soil water content

INTRODUÇÃO

O meio agrícola é um grande usuário dos recursos hídricos, sendo apontado como uma das principais causas do trato irracional da água (BRITO et al., 2010). De acordo com a (FAO, 2016), 69% da água de boa qualidade no mundo é captada para a agricultura. No qual, faz-se necessário compreender e acompanhar o conteúdo de água no solo, uma vez que é de suma importância esse monitoramento para o manejo irrigado (KITIC' et al., 2013) e estudos hidrológicos.

Levando em consideração a importância de se mensurar a umidade do solo para um melhor manejo da agricultura irrigada e monitoramento dos processos hidrológicos em áreas agrícolas, é relevante o conhecimento acerca de equipamentos que avaliem de forma adequada a umidade do solo (PIZETTA, 2015).

Nesse contexto, torna-se essencial a mensuração do desempenho dos sensores e sua devida calibração. Dessa forma, o FDR (Refletometria no Domínio da Frequência) é uma técnica que fornece medições com alta precisão em diferentes profundidades, apresentando vantagens no momento de adquirir dados mais rapidamente, com bastão introduzido em tubos de acesso instalados no campo (AL-GHOBARI et al., 2016).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar a calibração de um sensor de umidade do solo do tipo FDR, em condições de campo, em uma vertente cultivada no sistema plantio direto, com variações de textura e solos na Região dos Campos Gerais do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Escola Capão da Onça da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, situada no município de Ponta Grossa, PR (25° 05' 31.3" S, 50° 03' 28.0" com altitude de aproximadamente 1000 metros). Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é caracterizado como subtropical úmido, mesotérmico, do tipo Cfb.

O local adotado para as aferições fica na megaparcela, no qual não houve prática mecânica de controle de escoamento (sem terraços). O solo do topo superior da área experimental é classificado como um Latossolo vermelho distrófico, com textura argilosa. Na sequência encontra-se o topo médio da área, classificada como Latossolo vermelho-amarelo distrófico com menor textura de argila e no topo inferior nota-se a presença de um Cambissolo de textura média (EMBRAPA, 2013).

A equação utilizada foi proposta pelo fabricante da sonda de capacitância, sendo: $\Theta = a.FR^b$. Foi instalado manualmente três tubos de acesso em PVC para receber o bastão de 1m acoplado no equipamento. A sonda portátil utilizada é um modelo Diviner FDR (SENTEK®), com capacidade de coletar a frequência relativa (RF) e medições a cada 10 cm de profundidade. A calibração da sonda capacitiva foi baseada na recomendação do fabricante, proposta por Sentek (2011).

As amostras de umidade do solo foram feitas com trado calador, com profundidade de camadas 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm em 3 quadrante ao redor do tubo de acesso. Durante as coletas de solos, foi aferido coletas com o sensor FDR em todos os tubos de acesso, comparando assim a frequência relativa (FR) com a umidade do solo (θ).

Depois de coletar o solo úmido de cada camada foi pesado, posteriormente foram colocadas em uma estufa com temperatura de 105° C até obter seu peso seco. A umidade volumétrica (θ , cm³ cm⁻³) foi determinado através da diferença do peso úmido e seco do solo, subtraindo o peso de cada anel e o peso do anel foi subtraído do peso seco para obtenção da densidade total do solo (Ds).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão dispostos as equações para cada camada de solo avaliada (0,0-0,40 m) e os valores totais para cada terço da topossequência, bem como os valores de coeficiente de determinação (R^2), a raiz média do erro quadrático (RMSE) e o coeficiente de correlação de Pearson.

Foram percebidos no topo superior uma variação no R^2 de 0,94 a 0,89 e RMSE de 0,062 à 0,127, nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,0-0,40 m, respectivamente. Nas camadas topo médio foi possível verificar menores valores do coeficiente de determinação, sendo de 0,82 na camada 0,0-0,40, enquanto que na camada 0,20-0,30 ocorreu maior alteração com 0,96 em seu R^2 , com variação no RMSE de 0,95 à 87.

Tabela 1. Equações de calibração em função da frequência relativa (FR), coeficiente de determinação (R²), raiz média do erro quadrático (RMSE) e o coeficiente de correlação de Pearson.

Camada (m)	Eq. de calibração	R ²	RMSE (cm ³ cm ⁻³)	Correlação
Topo Superior				
0,0-0,10	$\Theta = 0,3669*FR^{0,3425}$	0,94	0,062	0,97
0,10-0,20	$\Theta = 0,3683*FR^{0,3851}$	0,89	0,060	0,96
0,20-0,30	$\Theta = 0,3987*FR^{0,4317}$	0,96	0,068	0,98
0,30-0,40	$\Theta = 0,3876*FR^{0,4132}$	0,92	0,062	0,96
0,0-0,40	$\Theta = 0,3699*FR^{0,9179}$	0,92	0,127	0,96
Topo Médio				
0,0-0,10	$\Theta = 0,4278*FR^{0,254}$	0,90	0,116	0,95
0,10-0,20	$\Theta = 0,3579*FR^{0,3142}$	0,94	0,062	0,98
0,20-0,30	$\Theta = 0,443*FR^{0,3959}$	0,96	0,088	0,98
0,30-0,40	$\Theta = 0,3557*FR^{0,3692}$	0,91	0,049	0,96
0,0-0,40	$\Theta = 0,3429*FR^{0,2324}$	0,82	0,155	0,87
Topo Inferior				
0,0-0,10	$\Theta = 0,3821*FR^{0,333}$	0,94	0,062	0,96
0,10-0,20	$\Theta = 0,3555*FR^{0,3129}$	0,94	0,050	0,97
0,20-0,30	$\Theta = 0,3791*FR^{0,3091}$	0,95	0,064	0,97
0,30-0,40	$\Theta = 0,4795*FR^{0,3242}$	0,92	0,098	0,97
0,0-0,40	$\Theta = 0,3956*FR^{0,315}$	0,88	0,134	0,92

Já na parte inferior do topo mostrou o R² foi maior em comparação aos demais topos, variando de 0,95 a 0,88, e RMSE de 0,062 a 0,134 cm³ cm⁻³ nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,0-0,40 m, respectivamente.

Franco (2009), monitorando a dinâmica da água no solo por sonda de capacitância FDR, aferiu diferentes valores, reforçando a necessidade de calibração da sonda para condições locais, no qual deseja-se averiguar o conteúdo de água no solo.

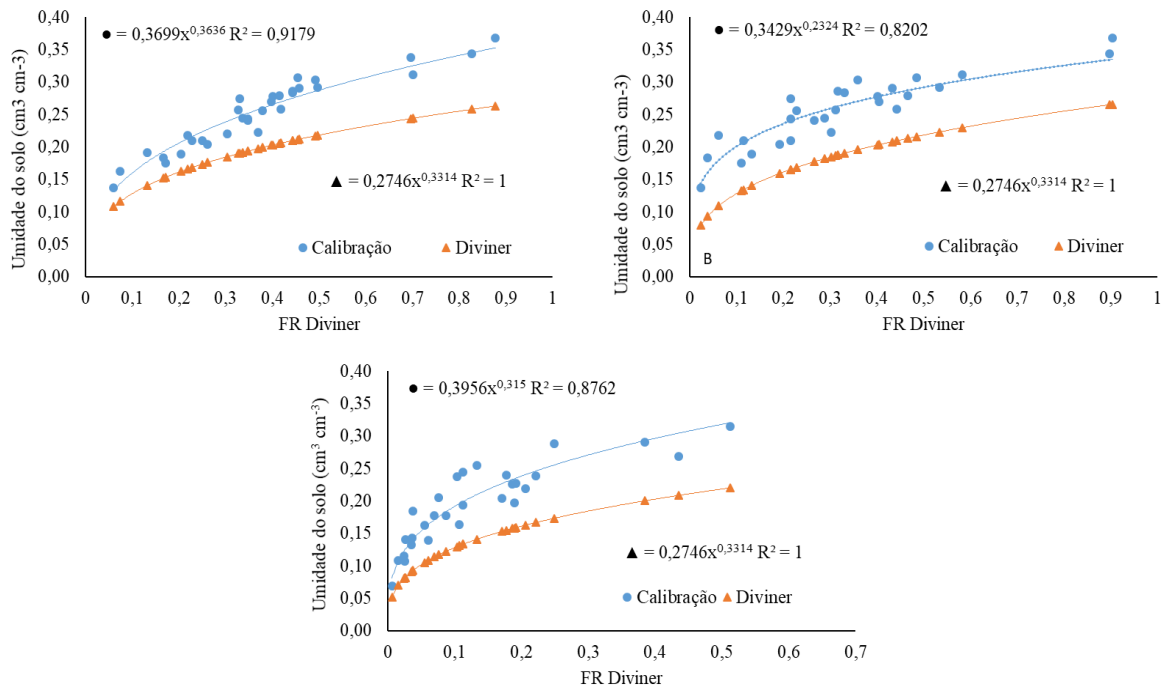
Dados aferidos no estudo de Souza et al. (2013), observaram que os valores de coeficiente de determinação obtidos nas calibrações em latossolo vermelho-amarelo de textura média e argilosa, alcançaram valores próximos ou até superiores aos observados neste estudo.

Nota-se na Figura 1 a necessidade de calibração para obtenção da curva de ajuste nas duas classes de solo estudadas, havendo diferenças na obtenção das equações de calibração em relação as classes textural.

Fares et al. (2004) avaliando sensores de capacitância em solo argiloso, aferiram diferenças nos valores obtidos entre calibrações locais com sonda de FDR em comparação com os valores estimados da equação recomendada pelo fabricante, essas divergências podem estar relacionadas a fatores como, granulometria e estrutura do solo analisado.

A Figura 1 mostram que a aplicação da equação padrão do fabricante subestimou o conteúdo de água no solo em todos os pontos avaliados, ressaltando a importância de realizar

a calibração em campo para obtenção de adequados valores de umidade, permitindo avaliações hidrológicas e um manejo da irrigação mais assertivo.



Figuras 1. Respectivas calibrações em topossequência dos níveis superior (A), médio (B) e inferior (C) da área experimental.

Bohme et al. (2013) realizaram calibrações da sonda FDR no Quênia, em solos com altas concentrações de argila, constataram que a porosidade total do solo influencia a determinação da umidade pelas sondas FDR. Assim, mesmo solos com texturas similares, porém submetidas a diferentes manejos necessitam de calibração para adequado uso.

CONCLUSÕES

O sensor de umidade do tipo FDR mostrou-se aceitável para monitoramento do conteúdo de água no solo, com adequado R^2 e baixo erro.

A metodologia proposta no presente trabalho possibilitou a obtenção de equações de calibração com uma razoável qualidade de ajuste, assim, a sonda FRD necessita de calibrações que atendam as diferentes classes, texturas e camadas do solo que ocorrem em vertentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Fundação Araucária, convênio 129/2017 e 131/2017. Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada e ao CNPq pela bolsa de mestrado da primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-GHOBARI, H. M.; EL MARAZKY, M. S.; ABOUKARIMA, A. M.; MINYAWI, M. Calibration of Soil Water Content Data from EnviroSCAN System Using Artificial Neural Network. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 12, n. 5, 2016.

BÖHME, B.; BECKER, M.; DIEKKRÜGER, B. Calibrating a FDR sensor for soil moisture monitoring in a wetland in Central Kenya. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 66, p. 101-111, 2013.

BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C. DE L. T. de. Qualidade da água na agricultura e no ambiente. **Informe agropecuário**, v. 31, n 259, p.50-57, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro. 2013.

FARES, A. et al. Dual field calibration of capacitance and neutron soil water sensors in a shrinking-swelling clay soil. **Vadose Zone Journal**, v. 4, p. 1390-1399, 2004.

FRANCO, E. M. **Monitoramento da dinâmica da água e solutos em um perfil de solo, sob sistema de fertirrigação por gotejamento, utilizando sonda de capacitância e extratores de solução**. p. 44, 2009. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.

KITIĆ, G.; CRNOJEVIĆ-BENGIN, V. A Sensor for the Measurement of the Moisture of Undisturbed Soil Samples. **Sensors**, v. 13, n. 2, p. 1692-1705, 2013.

KOPPEN, W. **Dieclimate dererde-grundrib der kimakunde**. Berlin, Walter de gruy-ter verlag, 1923.

PIZETTA, S. C. **Calibração de sensores de capacitância (FDR) para estimativa da umidade em diferentes solos**. p. 14, 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG.

SENTEK. **Calibration Manual: For Sentek Soil Moisture Probes**. Stepney: Sentek Pty Ltd, 2011.

SOUZA, C. F.; PIRES, R. C. M.; MIRANDA, D. B. de; VARALLO, A. C. T. Calibração de sondas fdr e tdr para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 597-606, 2013.