

## **CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE CAPACITANCIA PARA A ESTIMATIVA DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO**

**MURILO F. BACCARIN<sup>1</sup>, CLAUDINEI F. SOUZA<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, UFSCar, Araras-SP, Fone (0XX19) 997037277, murilobaccarin@hotmail.com.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. De Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, Araras-SP.

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

### **RESUMO:**

A agricultura é o setor da sociedade que mais consome água, e a escassez deste recurso exige cada vez mais otimizar seu uso para melhor gestão dos recursos hídricos. O presente trabalho teve como objetivo a calibração de sondas TDR e FDR para a estimativa do teor de água do solo em Latossolo Vermelho-distrófico em condições de laboratório. O experimento utilizou 4 recipientes de volume igual a 15L, nos quais foram introduzidos tubos de acesso para medidas da sonda FDR e duas sondas TDR ao lado do tubo. Os baldes foram preenchidos com solo e saturados com água para posteriores estimativas do teor de água no solo pelas diferentes metodologias (FDR, TDR e Gravimétrico) durante o processo de secagem do solo. O experimento permitiu a determinação de uma equação simples e precisa para a estimativa do teor de água do solo para a TDR ( $\theta = 0,0075K_a + 0,0857$ ) e outra para o FDR ( $\theta = 0,0028FR^{3,2697}$ ), tendo visto que quando utilizados com as equações dos equipamentos o TDR superestimava em 17,3% e o FDR subestimava em e 22,8% esse teor. Conclui-se a necessidade e a viabilidade de calibração em laboratório das técnicas indiretas estudadas para a estimativa de água no solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** TDR, FDR, gravimétrico.

## **MONITORING IN SITU CONTROLLED RELEASE FERTILIZER ON THE LETTUCE CULTURE**

### **ABSTRACT:**

Agriculture is the sector of society that consumes more water, and the scarcity of this resource increasingly requires the optimization of its use for better management of water resources. This study aimed to calibration TDR and FDR probes to estimate soil water content in Dusky Red Latosol under laboratory conditions. The experiment used 4 containers of volume equal to 15L, which were introduced access tubes for measures of FDR probe and two TDR probes next to the tube. The buckets were filled with soil and saturated with water for subsequent estimates of water content in the soil by different methods (FDR, gravimetric and TDR) during soil drying process. The experiment allowed the determination of a simple and precise equation to estimate soil water content for the TDR ( $\theta = 0,0075K_a + 0.0857$ ), by the time the equipment overestimates in 17.3% the result, compared the Topp equation. For FDR was also possible to determine a new equation, which has a higher accuracy in the estimation of soil water content ( $\theta = 0,0028FR^{3,2697}$ ), which underestimated by 22.8% this content.. It follows the need and the feasibility in the laboratory calibration of indirect techniques studied to estimate the water in the soil.

**KEYWORDS:** TDR, FDR, gravimetric.

### **INTRODUÇÃO:**

A gestão de recursos hídricos é tema relevante para os diferentes setores da sociedade e crítico na agricultura, uma vez que está diretamente relacionado com produção e qualidade das

culturas. O monitoramento da água no solo consiste, para a agricultura irrigada, em ferramenta essencial para o manejo da água nas culturas, minimizar perdas de água e de nutrientes por lixiviação no solo, e garantir a sustentabilidade da atividade.

Existem vários métodos para avaliar o valor desse parâmetro, dentre eles estão os métodos diretos tal como método gravimétrico, considerado padrão, que, no entanto, é trabalhoso e requer tempo de reposta de pelo menos 24 horas para obtenção do resultado, não possibilitando a repetibilidade. Por isso, os métodos indiretos estão ganhando espaço no Brasil e no mundo. Técnicas como Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) e a Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR) consistem em alternativas para quantificação do conteúdo de água do solo, fornecendo leituras precisas, rápidas e em diferentes profundidades. Breve descrição e discussão sobre o tema é apresentada por Warrick & Or (2007).

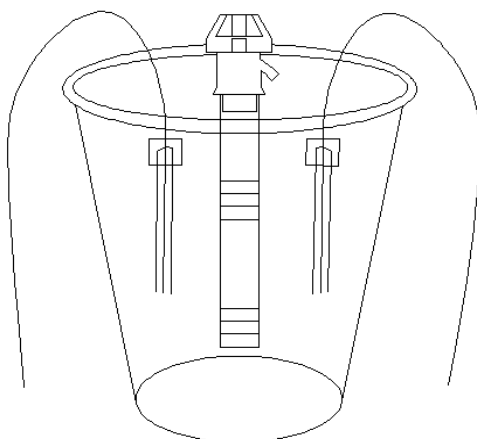
O funcionamento das sondas de TDR baseia-se no efeito da umidade do solo na velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas em cabos condutores envoltos pelo solo. Esta avaliação é possibilitada devido às diferenças entre as constantes dielétricas da água, do ar e da matriz do solo (Noborio, 2001). Os equipamentos de FDR e TDR baseiam-se na avaliação da constante dielétrica aparente ( $K_a$ ) do meio (matriz do solo, água e ar) para estimativa do conteúdo de água do solo (Fares & Alva, 2000; Silva et al., 2007). O presente trabalho teve como objetivo a calibração de sondas TDR e FDR para a estimativa do teor de água do solo em Latossolo Vermelho-distrófico em condições de laboratório.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

O experimento foi conduzido no laboratório de poluição do solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos, situado no município de Araras, estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: 22°18' de latitude sul e 47°23' de longitude oeste.

Para o experimento foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa o qual, nos primeiros 60 centímetros, apresentam composição textural argilo-siltoso de 54% de argila, 31% de silte e 15% de areia. Para a mesma profundidade, as médias da densidade do solo e das partículas, são respectivamente,  $1,30\text{g cm}^{-3}$  e  $2,65\text{g cm}^{-3}$ , enquanto a porosidade é de 51%.

O experimento foi conduzido em quatro recipientes de volume igual a 15L. O preenchimento dos baldes foi realizado em camadas de 2 cm de solo, para cada camada foi necessário uma leve compactação no solo para sua acomodação, junto com esse processo será colocado um tubo de acesso com diâmetro de 52mm e comprimento de 342mm ao centro de cada balde. Além disso, duas sondas de TDR serão instaladas ao redor do tubo de acesso para a comparação entre os diferentes métodos na estimativa da umidade do solo.



**FIGURA 1.** Esquema do balde com tubo de acesso e sondas TDR.

A etapa seguinte foi à montagem das balanças com capacidade de 50 kg, que teve como objetivo determinar a variação da umidade do solo pelo método gravimétrico. Após a saturação do solo foram abertos quatro furos em cada balde para que a água seja drenada, paralelamente iniciou-

se o ensaio fazendo leituras da umidade do solo diariamente com as diferentes técnicas (FDR, TDR e Gravimétrica) até o secagem do solo.

Finalizado o experimento, 3 amostras de calda balde foram retiradas em diferentes profundidades e após 48 horas em estufa a 105°C foi possível calcular a umidade pelo método padrão (Gravimétrico) através da seguinte equação descrita a seguir:

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Figura 2 apresenta o resultado e a equação de calibração e o respectivo coeficientes de ajuste considerando as medidas gravimétricas e as obtidas com TDR.

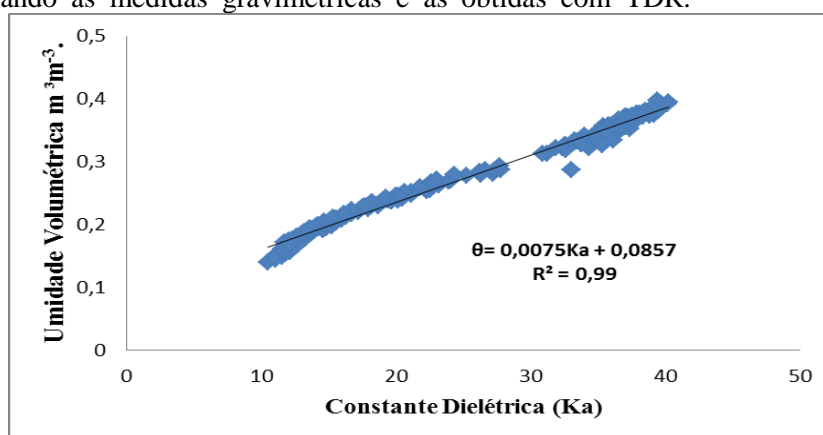


Figura 2: Umidade do solo medida por gravimetria e a constante dielétrica (Ka) obtida com a leitura do TDR, equações de calibração de modelo tipo linear e os coeficientes de determinação.

Na elaboração da curva de calibração da TDR foi necessário montar um gráfico com os valores da constante dielétrica (Ka) pela TDR, e os valores de umidade obtidos pelo método direto. Após a montagem do gráfico (Figura 1), foi possível obter o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da curva e este coeficiente foi da ordem de 0,99 sendo, portanto, satisfatório o resultado e caracterizando a curva para o solo estudado.

A curva de calibração da TDR pode ser ilustrada por uma equação linear, que está citada abaixo:

$$\theta = 0,0075Ka + 0,0857$$
$$R^2 = 0,99$$

Sendo:

$\theta$  = umidade volumétrica ( $m^3 m^{-3}$ );

Ka= constante dielétrica (adimensional);

R=coeficiente de determinação da curva.

Analisando as novas equações propostas notamos que é possível a utilização de uma equação mais simplificada para estimar a umidade volumétrica do Latossolo Vermelho distrófico, já que a disposição dos dados assemelha a uma equação linear.

Relacionando a equação proposta com a equação de TOPP, comumente utilizada junto ao equipamento, está superestimando a umidade volumétrica do solo em 17,3%. Por outro lado, a utilização da equação linear proposta neste trabalho superestima em apenas 0,006% o teor de água no solo.

A Figura 3 apresenta a equação de calibração do equipamento das sondas FDR obtida a partir de análises de regressão não-linear, modelo tipo potência entre a contagem da frequência relativa FR, e da umidade do solo ( $\theta$ ), determinada mediante método gravimétrico.

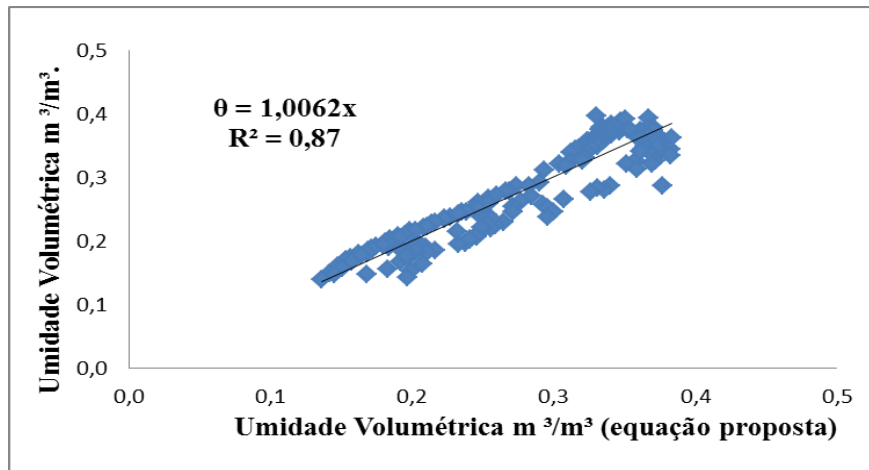


Figura 3: Umidade do solo medida por gravimetria e frequência relativa (FR) obtida com a leitura do FDR, equações de calibração de modelo tipo potência e os coeficientes de determinação.

Assim como na elaboração da curva de calibração da TDR, também foi necessário montar um gráfico com os valores da frequência relativa obtidos pela FDR, e os valores de umidade obtidos pelo método direto. Após a montagem do gráfico (Figura 3), foi possível obter o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da curva e este coeficiente foi da ordem de 0,88 sendo, portanto, satisfatório o resultado e caracterizando a curva para o solo estudado.

A curva de calibração do FDR é ilustrada por uma equação exponencial, que está citada abaixo:

$$\theta = 0,0028FR^{3,2697}$$

$$R^2 = 0,88$$

Sendo:

$\theta$  = umidade volumétrica ( $m^3 m^{-3}$ );

FR= constante dielétrica (adimensional);

R=coeficiente de determinação da curva.

Com a utilização da equação comumente adotada junto ao equipamento notou-se que o mesmo subestima em 22,8% o teor de água no solo. Quando utilizado a equação proposta neste trabalho o erro é de apenas 0,62%.

## CONCLUSÕES:

Para a Técnica da FDR foi possível a determinação de uma equação, a qual possui uma maior acurácia na estimativa da umidade do solo utilizado na realização deste experimento. A utilização da equação do fabricante subestimou em 22,8% o teor de água no solo.

A metodologia utilizada nesse trabalho permite o uso de uma equação mais simples e precisa para a estimativa da umidade do solo quando usado o TDR, tendo visto que o equipamento superestima em 17,3% o teor de água no solo quando utilizado com a equação de Topp.

## REFERÊNCIAS

FARES, A.; ALVA, A. K. Soil water components based on capacitance probes in a sandy soil. Soil Science Society of America Journal, v. 64, p. 311-318, 2000.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. Computers and Electronics in Agriculture, v.31, p.213-237. 2001.

SILVA, C.R.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; ALVES JÚNIOR, J.; SOUSA, A.B.; MELO, F.B.; COELHO FILHO, M.A. Calibration of Diviner 2000® capacitance probe in a Rhodic Paleudult. ScientiaAgricola, v. 64, p. 636-640, 2007.

WARRICK, A. W.; OR, D. Soil water concepts. In: Lamm, F.R.; Ayars, J.E.; Nakayama, F. S. (Ed.). Microirrigation for crop production, Design, Operation and Management. Amsterdam: Elsevier, 2007, p.27-59.