

## **CALIBRAÇÃO DE TDR PARA DETERMINAR A UMIDADE DO SOLO UTILIZANDO DIFERENTES NÚMEROS DE LEITURAS**

B. R. Oliveira<sup>1</sup>; E. F. Coelho<sup>2</sup>; R. O. R. Cruz<sup>3</sup>; M. S. Campo<sup>4</sup>; L. A. Queiroz<sup>5</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi realizar a leitura de umidade de dois solos, e através da calibração do aparelho TDR determinar a curva de umidade. Foram colocadas duas amostras de solo para saturar em recipiente com água cobrindo 0,10m do tubo PVC e espuma ao fundo para facilitar a ascensão da água, as amostras ficaram por 48h até atingir a saturação, após esse período foi retirado do recipiente, aguardamos até drenagem do excesso. Posteriormente iniciaram-se as leituras de umidades com uso de reflectometria no domínio do tempo (TDR 100), ajustando número de leituras que gera a média do visor em quatro valores: quatro, seis, oito e dez. Não houve diferença entre as médias das leituras do solo 2, apenas a média de oito leituras diferiu da de quatro, que não diferiu das demais, pelo teste de comparação de médias. Os resultados das leituras de umidade dos experimentos mostrou que o aparelho TDR pode ser configurado em qualquer valor para números de leituras, entretanto, o valor de quatro deve ser adotado conforme indicação do fabricante.

**PALAVRAS-CHAVES:** TDR, calibração, umidade.

## **TDR CALIBRATION TO DETERMINE SOIL MOISTURE USING DIFFERENT READING NUMBERS**

**ABSTRACT** - The objective of this work was to perform the moisture reading of two soils, and through the TDR calibration, determine the humidity curve. Two soil samples were placed to saturate in a container with water covering 0.10m of the PVC tube and foam in the bottom to facilitate the rise of the water, the samples stayed for 48h until reaching the saturation, after that period was withdrawn from the container, we waited until Excess drainage. Later, the readings of humidity using time domain reflectometry (TDR 100) were initiated, adjusting the number of readings that generates the average of the display in four values: four, six, eight and ten. There was no difference between the means of the soil readings 2, only the mean of eight

<sup>1</sup> Mestrando, solos e Qualidade de Ecossistemas, UFRB, e-mail: agroriositativaia@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Irrigação, EMBRAPA, e-mail: Eugenio.coelho@embrapa.br

<sup>3</sup> Graduanda em Agronomia, UFRB, e-mail: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia, UFRB, e-mail: lainadandrad@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutorando, Engenharia Agrícola, UFRB, e-mail: marcoss\_ufersa@hotmail.com

readings differed from those of four, which did not differ from the others, by means comparison test. The results of the humidity readings of the experiments showed that the TDR device can be set to any value for readings, however, the value of four should be adopted as per the manufacturer's instructions.

**KEYWORDS:** TDR, calibration, humidity.

## INTRODUÇÃO

A umidade do solo influencia diretamente o volume de água nele armazenado, bem como a sua resistência e a compactação, entre outros fatores. É de grande importância o conhecimento da umidade do solo para estudos de movimento da água no solo, bem como a adoção de determinadas práticas de manejo culturais e irrigação (BERNARDO et al., 2006).

A determinação do teor de água no solo pode ser feita por diversos métodos, dentre eles se destaca a técnica reflectometria no domínio do tempo (TDR), por ser um método não destrutivo, que demonstra grande precisão e capacidade de automação da coleta dos dados (COELHO et al., 2006). A técnica da reflectometria no domínio do tempo (TDR) tem sido muito importante quantificação da água no solo. É fundamental calibrar sondas de TDR tendo em vista que há diferença entre matérias de solo no aspecto da matriz do mesmo e na porosidade.

Algumas vantagens podem ser destacadas, como sendo, uma técnica não destrutiva, que não utiliza radiação ionizante, exatidão nas medições, é portátil e as medições podem ser realizadas de forma automática. Como desvantagens destacam-se o elevado custo do equipamento e a possível necessidade de calibração específica para cada tipo de solo (TERRA, 2010). Objetivo deste trabalho foi realizar a leitura da umidade em dois solos através da calibração do equipamento TDR em diferentes médias de leituras.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram retiradas na área experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas - BA, 12° 48' S; 39° 06' W e 225 m. O trabalho foi conduzido no laboratório de irrigação e fertirrigação, com atividade inicial de coleta de duas amostras indeformadas de solo, sendo a amostra 1 classificada como argila arenosa e amostra 2 como areia franca. Guias de onda de TDR foram construídas, artesanalmente, com três hastes de aço

inoxidável de 0,003 m de diâmetro, com comprimento espaçado de 0,022 m, isoladas com resina de poliéster, com cabos coaxiais RG58 (50 ohms) de 1,0 m de comprimento. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de tubos de PVC, que mediam em torno de 0,15 m de altura e 0,10 m de diâmetro. Eles eram pressionados sob o solo para que houvesse a penetração. Posteriormente, a extremidade inferior dos tubos foi vedada utilizando secções de 0,25 m<sup>2</sup> de tecido do tipo estopa e barbante. Todos os materiais foram pesados anteriormente para fosse possível determinar o valor real da massa do solo. Foram colocadas para saturar em recipiente com água cobrindo 0,10m do tubo PVC e espuma ao fundo para facilitar a ascensão da água, as amostras ficaram por 48h até atingir a saturação, após esse período foi retirado do recipiente, aguardamos até drenagem do excesso. Após esse período iniciaram-se as leituras de umidades com uso de reflectometria no domínio do tempo com o reflectómetro TDR 100, ajustando número de leituras que gera a média do visor em quatro valores: quatro, seis, oito e dez. As leituras eram realizadas no intervalo de 1h e após três dias foi colocada em estufa por 1,5h a 65 °C no período da manhã e tarde com pesagem e leitura posteriormente, esse procedimento foi realizado até as umidades atingirem valores constantes. Após este período as amostras foram retiradas dos tubos e levada a estufa a 109 °C para determinar a massa do solo seco. A partir das leituras obtidas com a TDR que consideraram a equação 1 de Ledieu et al. (1986) foram calculadas as constantes dielétricas.

$$\theta = 0,1138 \sqrt{\epsilon_b} - 0,1758 \quad (1)$$

Além disso, também foi calculada a umidade volumétrica (equação 2), que consiste basicamente no peso úmido do solo menos o peso seco dividido pelo volume do solo.

$$\theta_v = \frac{PU-PS}{V} \quad (2)$$

Os dados de umidade lidos pela TDR, os valores de Ka e os dados obtidos gravimetricamente foram usados para análise de ajuste de modelos e representação gráfica entre as variáveis umidade gravimétrica e a ka. O modelo utilizado em todos os tipos de solos foi o polinomial de grau 3 (equação 3).

$$\theta = a + bka + cka^2 + dka^3 \quad (3)$$

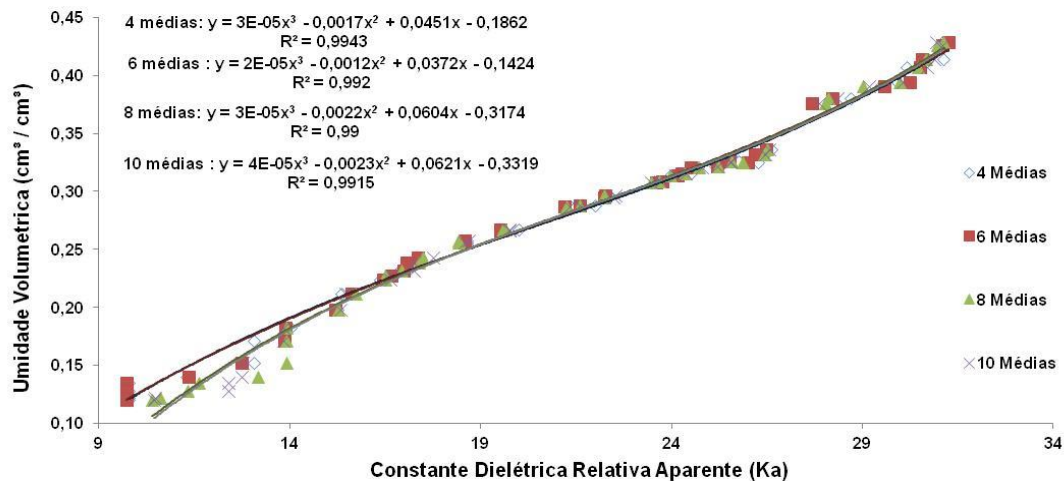
$\theta$  - teor de água no solo, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, e  $\epsilon_b$  - constante dielétrica do solo.

A fim de observar se a quantidade de leituras da TDR para gerar a média influência na precisão da determinação da umidade foi realizada um teste t de comparação de médias das leituras para cada numero de leituras configuradas na TDR. Foi calculado o (raiz quadrada do erro quadrático médio) RMSE (equação 4) para cada grupo de leituras de cada amostra de solo.

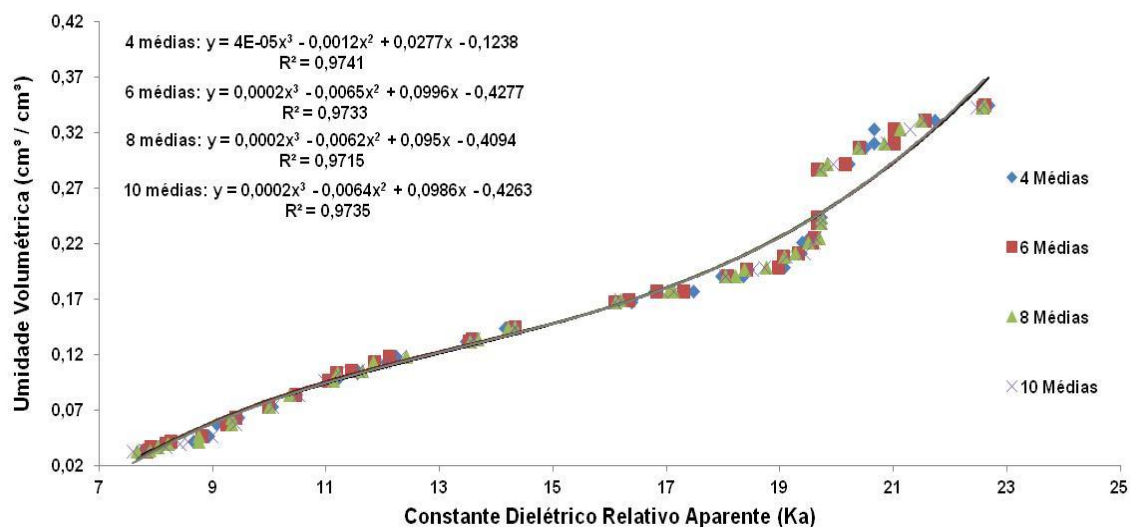
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2} \quad (4)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos indicadores de calibração (Figuras 1 e 2) mostrou que as umidades volumétricas tiveram valores médios entre 0,02 a 0,45 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>. Os modelos polinomial de grau 3 ajustou-se aos dados com coeficientes entre R<sup>2</sup>= 0,9943 e 0,9778. O que concorda com COELHO et al. (2006) para quem os modelos de calibração variam conforme o tipo de solo e que um modelo polinomial de terceiro grau pode ser calibrado com exatidão para cada situação de solo. SANTOS et al. (2010) relatou ser evidente que, além da textura, os componentes químicos de cada solo podem ocasionar determinado comportamento da equação de calibração.



**Figura 1-** umidade volumétrica e constante dielétrica (Ka) e as leituras de umidade realizada no solo (1) argila arenosa.



**Figura 2-** umidades volumétrica e constante dielétrica (Ka) e as leituras das umidade realizada no solo(2) areia franca.

Na análise de médias do teste T (Tabela 1) não houve diferença entre as médias para quatro e seis leituras da TDR. Mas houve diferença nas médias de quatro leituras em relação às médias oito e dez que não diferem entre si no solo (1) argila arenosa.

Não houve diferença entre as médias das leituras do solo (2) areia franca, apenas a média de oito leituras deferiu da de quatro, que não diferiu das demais pelo teste de comparação de médias.

**Tabela 1-** valores do teste de comparação de médias, com o aparelho de TDR configuração em quatro valores.

SOLO	leitura 4	leitura 6	leitura 8	leitura 10
1	0,338a	0,338a	0,341b	0,342b
2	0,263a	0,263a	0,263a	0,263a

A (Tabela 2) mostra os valores da raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), em dois tipos de solos, sendo que, para que para o solo (2) areia franca, a média em quatro leituras foi a que apresentou menor valor. No entanto, para os solos (1) argila arenosa, a RMSE para as médias de quatro leituras foram inferiores às de oito e dez leituras, tendo apresentado valores próximos das médias de seis leituras. Assim, podemos fazer a opção por realizar a leitura da TDR como média de quatro, o que concorda com a recomendação sugerida pelo fabricante.

**Tabela 2 -** Valores da (raiz quadrada do erro quadrático médio) RMSE, em dois tipos de solos.

SOLO	leitura 4	leitura 6	leitura 8	leitura 10
1	0,0266	0,0224	0,0410	0,0791
2	0,0201	0,2218	0,2530	0,2366

## CONCLUSÃO

Os resultados das leituras de umidade dos experimentos mostrou que o aparelho TDR pode se configurado em qualquer valor para números de leituras, entretanto, o valor de quatro deve ser adotado conforme indicação do fabricante.

## REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa. UFV. 2006. 625p.

COELHO, E.F.; VELLAME, L.M.; COELHO FILHO, M.A. & LEDO, C.A.S. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solos. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:23-30, 2006.

LEDIEU, J.; DE RIDDER, P.; DE CLERCK, P.; Dautrebande, S. A method measuring soil water moisture by time domain reflectometry. **J. Hydrol.** v.88, p.319-328, 1986.

SANTOS, M. R.; ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.299-308, 2010.

TERRA, S. S. Avaliação e quantificação dos componentes do balanço hídrico em pomar de pessegueiro, cv. Maciel, em plantas irrigadas e não irrigadas. 2010. 26 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.