

ESTIMATIVA DA UMIDADE COM USO DA TDR A PARTIR DE CALIBRAÇÃO DOS SENSORES COM AMOSTRAS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO

J.A.V. SANT'ANA¹; E.F.COELHO²; E.B.SANTANA JUNIOR², L.A.VEINROMBER JUNIOR³

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo a calibração de guias de ondas de TDR, em campo e em laboratório, para serem usadas na estimativa da umidade do solo a partir da constante dielétrica aparente do mesmo. No laboratório utilizou-se amostras de solo deformada e indeformada, retiradas a 0 - 0,15 m de profundidade. As amostras foram acondicionada em um tubo de PVC de 0,15 m de comprimento por 0,19 m de diâmetro, até uma altura de 0,14 m dentro do tubo. O solo foi acondicionado nas colunas de maneira a se obter uma densidade média de 1,58 e 1,52 g/cm³ para amostras deformada e indeformada, respectivamente. No campo foram marcados círculos de 0,19 m de diâmetro na parte central de uma área de 2,5 x 5,0 m. Em cada coleta foram obtidas a constante dielétrica aparente (Ka) e a umidade volumétrica (θ) com o equipamento TDR e retiradas amostras deformadas de solo, dispostas dentro do círculo. A metodologia de calibração influenciou nos modelos de estimativa da umidade em função da constante dielétrica aparente do solo, onde o modelo polinomial cubico obtido para a amostra não deformada superestimou as umidades em relação a amostra deformada. O modelo polinomial cubico para a calibração em campo apresentou menor precisão comparado a calibração em laboratório.

PALAVRA CHAVE: reflectometria no dominio do tempo, calibração, umidade do solo

ESTIMATING SOIL WATER CONTENT BY USING TDR FROM CALIBRATION OF SENSORS WITH SAMPLES FROM FIELD AND LABORATORY

ABSTRACT: This work had as objective the calibration of TDR wave guides in field and in laboratory to be used for estimating soil water content from soil bulk dielectric constant. Disturbed and undisturbed soil samples collected at 0 - 0,15 m depth were processed in laboratory. Samples were packed in PVC columns of 0.15 m length and 0.14 m diameter. The soil bulk densities were 1.58 and 1.52 g cm⁻³ for disturbed and undisturbed samples, respectively. In the field, circles were set in an area of 2,5 x 5,0 m for readings of soil water

¹ Estudante Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, bolsista FAPESB. Zinhojaves@yahoo.com.br

² Eng. Agr., Embrapa Mandioca e Fruticultura, C.P. 07, Cruz das Almas 44380-000, BA. Bolsista CNPq. eugenio@cnpmf.embrapa.br

content and bulk dielectric constant. At the time of readings disturbed sample was collected for gravimetric soil water content determination. The methodology for calibration had influence on the models for estimating soil water content. The cubic polynomial model for undisturbed sample overestimated soil water content for disturbed sample. The cubic polynomial model for calibration in field conditions resulted in less accuracy compared to the calibration in laboratory.

KEY WORDS: Time domain reflectometry, calibration, soil water content.

INTRODUÇÃO

O acompanhamento da umidade do solo com o uso da reflectometria do domínio do tempo (TDR) vem sendo cada vez mais utilizada para o monitoramento da umidade do solo, devido a facilidade de operação e determinação de umidade do solo em tempo real. SILVA (1998) descreve que um método ideal seria aquele que usasse uma propriedade física do solo altamente correlacionada ao seu teor de água, onde essa propriedade deveria ser confiável e capaz de ser avaliada diretamente no campo sem alterações das características físicas do solo. DAVIS & CHUDOBIAK (1975), sugerem que a constante dielétrica do solo poderia ser usada com para esse propósito, introduzindo a técnica da reflectometria do domínio do tempo (TDR). SILVA et al (1999), através do estudo do uso do instrumento TDR para determinação do teor de água em diferentes camadas de um latossolo roxo distrófico, concluiu que o instrumento subestimou a umidade volumétrica para o Latossolo na área em estudo. Segundo COELHO et al. (2005) a estimativa da umidade do solo é possível através da transmissão de um pulso eletromagnético pelo equipamento TDR, a partir do qual se determina a constante dielétrica aparente do solo. Este trabalho teve como objetivo a calibração de guias de ondas de TDR, no campo e no laboratório, para serem usadas na estimativa da umidade do solo a partir da constante dielétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzindo na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas – BA, (12°48'S; 39°06'W; 225 m), que apresenta uma pluviosidade média anual de 1.143 mm. Segundo SOUSA & SOUSA, (1999) o solo foi classificado como latossolo amarelo distrófico, com as seguintes características: área total 732 g.kg⁻¹, silte 87 g.kg⁻¹,

³Estudante Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, bolsista CNPQ.

argila 181g.kg^{-1} . O estudo foi feito em campo e no laboratório. No laboratório utilizou-se amostras de solo deformada e indeformada, retiradas a 0 - 0,15 m de profundidade. As amostras deformadas foram destorroadas, seca em estufa e peneiradas, sendo em seguida acondicionada em um tubo de PVC de 0,15 m de comprimento por 0,19 m de diâmetro, até uma altura de 0,14 m dentro do tubo. Para evitar a perda de solo na parte inferior utilizou-se duas tela de nylon fina presa ao tubo com fita adesiva. Todo o sistema (tubo de PVC + duas tela de nylon +fita adesiva) foi pesado antes e depois do acondicionamento do solo, sendo os pesos anotados. O solo foi acondicionado nas colunas de maneira a se obter uma densidade média de 1,58 e $1,52\text{ g/cm}^3$ para amostras deformada e indeformada, respectivamente. As amostras indeformadas foram retiradas utilizando um segmento de tubos de PVC como já descritos, identificados e previamente pesados, o local da amostragem foi umedecido para facilitar a introdução do tubo, na profundidade especificada. O tubo foi introduzindo com auxílio de um pedaço de tábua e uma marreta. Concluída a retirada, a amostra indeformada teve também uma das extremidades revestidas por duas telas de nylon para evitar a perda de solo. Na seqüência, tanto amostras deformadas como indeformadas, já acondicionadas, foram colocadas para saturação por 48 horas. No campo foram marcados círculos de 0,19 m de diâmetro na parte central de uma área de 2,5 x 5,0 m, coberto com lona plástica, para não permitir infiltração de água de eventuais chuvas, a área foi inundada até a total saturação do solo. Em cada coleta foram obtidas a constante dielétrica aparente (K_a) e a umidade volumétrica (θ) com o equipamento TDR. No mesmo instante, foram retiradas, para a determinação da umidade volumétrica, seis amostras deformadas de solo, dispostas dentro do círculo. Por não haver espaço suficiente para retirada de amostras indeformadas, devido ao grande número de amostras, o monitoramento foi acompanhado com retirada de amostras deformadas. As sondas de TDR utilizadas foram construídas no laboratório de Irrigação e Fertirrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com três hastes de 0,003m de diâmetro por 0,10 m de comprimento, espaçadas de 0,022 m, isoladas com resina epóxi, com cabos coaxiais de 2,5 m de comprimento. Foram também identificadas, pesadas e inseridas na amostra deformada e indeformada, sendo utilizado seis sondas para cada situação. O monitoramento das umidades (constantes dielétricas), foram feitas diariamente utilizando-se a reflectomentria do domínio do tempo (TDR). Após cada leitura foram colocadas para secar em condições naturais.

As umidades volumétricas (θ_i) determinadas paralelamente a cada leitura da TDR, foram obtidas gravimetricamente pela equação a seguir:

$$\theta_i = \frac{PU - PS}{VS} \quad (1)$$

em que,

PU – Peso do solo úmido atual + PE, g;

PE – Peso da coluna de PVC + Peso da guia de onda + duas telas de nylon, g;

PS – Peso do solo seco + PE, g;

VS – Volume do solo, cm³;

O modelo ajustado aos dados de umidade gravimétrica medida e constante dielétrica aparente foi o polinomial cúbico, por apresentar melhor desempenho conforme COELHO et al. (2006).

Os resultados de umidade medida por gravimétrica e estimada pelos modelos de calibração da sonda de TDR, foram comparados através de uma regressão linear do tipo $Y=aX$ e pelas médias dos desvios entre os valores de umidade em relação a umidade estimada para a amostra não deformada em laboratório, conforme a equação:

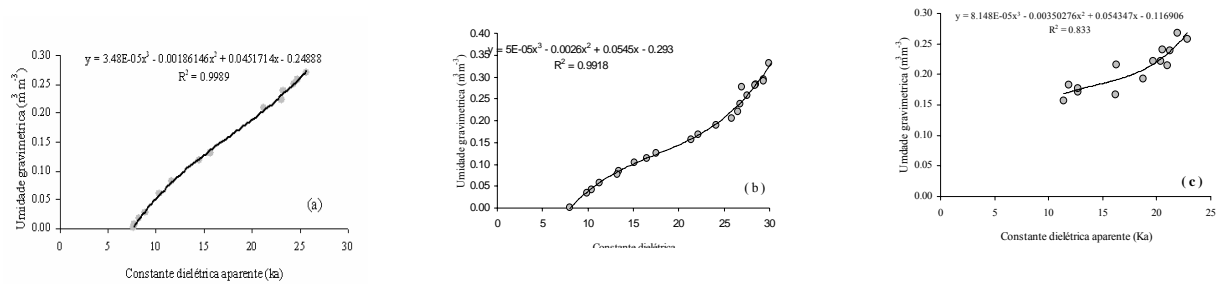
$$D = \frac{\theta_i - \theta_{ND}}{\theta_{ND}} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que θ_i refere-se a umidade estimada do modelo polinomial para amostra uso de amostra deformada ou calibração em campo e θ_{ND} refere-se a umidade estimada para amostra não deformada.

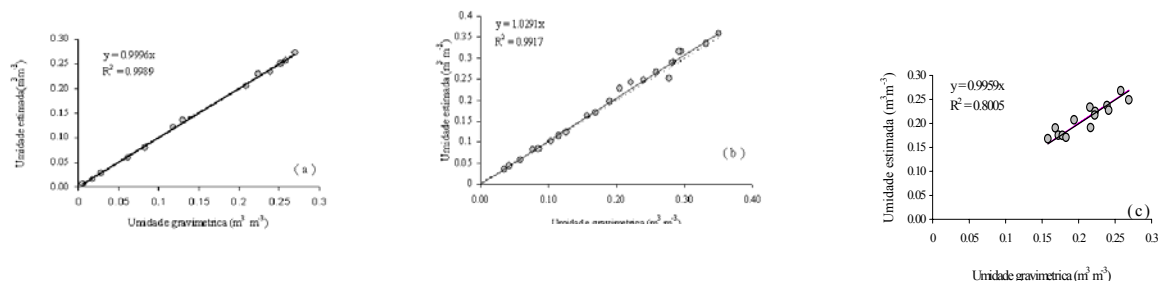
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra o ajuste da função polinomial de terceiro grau aos dados da umidade gravimétrica em função da constante dielétrica aparente, onde as análises de variância da regressão em todos três tratamentos foram significativas. Todos os parâmetros dos polinômios de terceiro grau foram significativos para as amostras avaliadas em laboratório; no caso da avaliação em campo os parâmetros do polinômio não foram estatisticamente significativos. Exceto a calibração em campo, os ajustes das amostras deformada e não deformada foram muito próximos indicando que pelo menos 99% das variações da umidade gravimétrica podem ser explicadas pelas variações da constante dielétrica. No caso da amostra não deformada, a umidade estimada pelo polinômio de terceiro grau subestima em média a

umidade gravimétrica em 0,1% (Figura 2a), enquanto que no caso da amostra deformada a umidade estimada superestima a umidade gravimétrica em 2,9% (Figura 2b). A calibração em campo mostrou que, apesar do coeficiente angular da regressão $Y=aX$ (umidade estimada em função da umidade gravimétrica) ser muito próximo da unidade, o coeficiente de determinação indica uma menor precisão do uso do modelo polinomial para estimativa da umidade em função da constante dielétrica (Figura 2c).

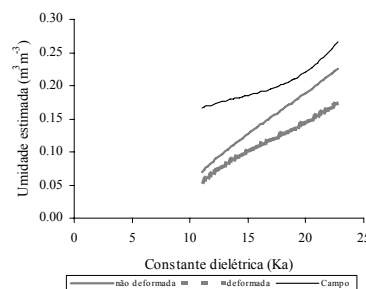


A Figura 1. ilustra o ajuste da função polinomial de terceiro grau aos dados da umidade gravimétrica em função da constante dielétrica aparente.



A Figura 2. Valores da umidade estimada pelo polinômio de terceiro grau em função da umidade gravimétrica.

A Figura 3 ilustra a umidade estimada para os três tratamentos em função da constante dielétrica aparente do solo, onde ocorre uma diferença média entre as umidades entre a amostra deformada da não deformada de 21,9%, com a condição não deformada superestimando a condição deformada, com variação das diferenças de 19,9% a 23,5%.



A Figura 3. Ilustra a umidade estimada para os três tratamentos em função da constante dielétrica aparente do solo.

O modelo para a condição de campo resultou em estimativas que superaram as da condição não deformada em média em 27,4%, com variação de 13,9 a 58,2%. As diferenças possivelmente estão relacionadas as diferentes densidades do solo nas três situações e a porosidade total desses solos avaliados conforme MALICK et al. (1996) que atesta a influencia de dessas variáveis do solo na constante dieletrica aparente do solo.

CONCLUSÕES

A metodologia de calibração influi nos modelos de estimativa da umidade em função da constante dielétrica aparente do solo, sendo que as diferenças no caso da calibração em laboratório e do uso de amostra deformada e não deformada variou de 19,9% a 23,5%, onde o modelo polinomial cubico obtido para a amostra não deformada superestimou as umidades em relação a amostra deformada. O modelo polinomial cubico para a calibração em campo apresentou menor precisão comparado a calibração em laboratório, com superestimativa das umidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

COELHO, E. F.; VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A. Sonda de TDR para estimativa da umidade e condutividade elétrica do solo, com uso de multiplexadores. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 475-480, 2005.

MALICKI M. A.; PLAGGE R.; ROTH C. H. Improving the calibration of dielectric TDR soil moisture determination taking into account the solid soil. European journal of soil science, v. 47, nº3, p. 357-366 1996.

SILVA, E.L. Determinação automática do teor de água em latossolo roxo distroficados com uso de reflectometria de onda. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1998, Poços de Caldas. Anais...Poços de Caldas: SBEA, 1998.

DAVIS, J.L., CHUDOBIAK W.J. In-situ meter for measuring relative permittivity of soils. Geological Survey of Canada(Paper 75-1A), P.75-79, 1975.(1975).

SILVA, E.L., GERVÁSIO, E. S. Uso do instrumento tdr para determinação do teor de água em diferentes camadas de um latossolo roxo distrófico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3, p.417-420, 1999. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.