

CALIBRAÇÃO DA TÉCNICA DE TDR PARA AVALIAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO EM UM LATOSSOLO AMARELO TEXTURA MUITO ARGILOSA - Avaliação no campo.

Wenceslau Geraldtes Teixeira⁽¹⁾; Olivio Pedro Faccin⁽²⁾; Götz Schroth⁽³⁾; Celso Paulo de Azevedo⁽¹⁾; Bernd Huwe⁽⁴⁾

⁽¹⁾ EMBRAPA - AMAZÔNIA OCIDENTAL (Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental - Manaus - AM.- Caixa Postal 319 - 69011-970 E.mail : lau@cr-am.rnp.br); ⁽²⁾ EMBRAPA - AMAZÔNIA OCIDENTAL - Bolsista do CNPq; ⁽³⁾ Universidade de Hamburg - Alemanha; ⁽⁴⁾ Universidade de Bayreuth - Alemanha

A técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR - Time Domain Reflectometry), vem sendo cada vez mais utilizada para avaliação da umidade volumétrica do solo (θ).

Esta técnica se baseia determinação da constante dielétrica (ϵ) do solo através de determinação da velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas. É uma técnica bastante útil quando se pretende fazer avaliações não destrutivas e repetidas num mesmo local, permitindo também leituras próximas à superfície, sem apresentar perigo de contaminação radioativa, como os métodos de atenuação de raios gama e moderação de neutrons.

Acreditava-se a princípio que poderia se utilizar uma calibração universal com uma função $\theta^* \times \epsilon$ (Topp et al. 1980).

Trabalhos posteriores mostraram que fatores como: densidade do solo (ρ), superfície específica do solo, concentração de sais, temperatura, variabilidade espacial da umidade e características técnicas do equipamento (como comprimento das hastes guias, tipo e comprimento do cabo, frequência do sinal e espaçamento entre as hastes guias) podem influenciar as medições da constante dielétrica (Dirksen & Dasberg, 1993; Herkelrath, et al., 1991; Zegelin et al., 1992), havendo portanto a necessidade de calibrações específicas, principalmente em solos argilosos e/ou com baixos valores de densidade.

Este trabalho, que teve por objetivo a obtenção de uma equação de calibração para a avaliação da umidade volumétrica do solo pela técnica TDR (θ^*) para o latossolo amarelo (Xanthic ferralsol - FAO), textura muito argilosa, foi desenvolvido na Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental - (EMBRAPA-CPAA), em Manaus - AM.

As avaliações foram realizadas na camada superficial do solo, próximas as espécies cultivadas e a duas espécies freqüentes na floresta primária. Também foi aberta uma trincheira e coletada amostras nas profundidade de 30cm, 90cm e 150cm. Foram descritos as espécies que haviam no local das avaliações e os resultados obtidos (Tabela 1).

As avaliações e amostragens foram realizada ao longo do ano de 1996, abrangendo uma parte do período mais seco do ano, e posteriormente, o período chuvoso, para obtenção de uma maior amplitude de variação da umidade do solo.

Simultaneamente à avaliação (θ), inserida verticalmente na superfície do solo, foram coletadas amostras, com anel volumétrico de 100cm^3 , com 5cm de altura, para avaliação termogravimétrica da umidade volumétrica do solo (θ) e sua ρ .

Foi utilizado, nesta avaliação, um aparelho comercial da marca EASY TEST[®] - Polônia, com as seguintes características técnicas: pulso de 250ps, e sondas com duas linhas de transmissão de 100mm de comprimento com diâmetro de 2mm espaçadas entre si por 16mm.

O equipamento da EASY TEST[®] apresenta uma calibração empírica, programada para apresentar diretamente o resultado em θ^* em %, mas é possível resgatar os valores da ε .

A calibração embutida no aparelho, segundo informações do fabricante, para solos minerais compreendidos na faixa de $1,4\text{g cm}^{-3} < \rho < 1,8\text{g cm}^{-3}$, é a seguinte : se $\varepsilon \leq 36 \Rightarrow \theta^* = 10,64 \sqrt{\varepsilon} - 15,82$ e para $\varepsilon > 36 \Rightarrow \theta^* = 17,54 \sqrt{\varepsilon} - 57,21$.

O fabricante sugere que seja utilizada a equação de Malicki et al.,1996, quando os valores de ρ apresentarem um desvio de $\pm 0,2\text{g cm}^{-3}$ em relação a faixa de ρ apresentada para solos minerais.

$$\theta^*(\varepsilon, \rho) = (\sqrt{\varepsilon} - 0,819 - 0,168\rho - 0,159\rho^2) / (7,17 + 1,18\rho).$$

Foi verificada também, a validade da equação apresentada por Topp et al.,(1980), $\theta^* = -0,0053 + 0,00292\varepsilon - 0,000055\varepsilon^2 + 0,0000043\varepsilon^3$.

Após análise dos desvios ($\theta - \theta^*$), optou-se por realizar calibrações através de análise de regressão, testando-se os seguintes modelos : $\theta^* = \beta_0 + \beta_1\varepsilon$; $\theta^* = \beta_1\varepsilon$; $\theta^* = \beta_0 + \beta_1\varepsilon + \beta_2\varepsilon$; $\theta^* = \beta_1\varepsilon + \beta_2\varepsilon$; $\theta^* = \beta_1\varepsilon + \beta_2\varepsilon + \beta_3\varepsilon$; $\theta^* = \beta_0 + \beta_1\varepsilon + \beta_2\varepsilon + \beta_3\varepsilon$.

Esses modelos foram ajustados entre os valores de θ e com os valores da ε . Para os dados da θ^* obtidos com a equação proposta por Malicki et al.(1996), pela equação proposta por TOPP et al.(1980) e após a correção automática programada pelo fabricante do EASY TEST[®], foram testados ajustes lineares. Foram determinados: os coeficientes da regressão, sua significância, os coeficientes de determinação (R^2), de determinação ajustada e o erro padrão da média (Tabela 2).

Foi realizado também um ajuste por regressão múltipla, para ρ e ε , selecionando-se as variáveis que contribuíam significativamente para o modelo por procedimento de seleção stepwise. Onde $\theta^* = 0,156204 + 0,00087\varepsilon^{2***} - 0,000017\varepsilon^{3***} + 0,0208\rho^{2***}$ ($R^2 = 0,9212$, R^2 ajustado = 0,9202 e um erro padrão da média de 0,0022).

A equação quadrática para o ajuste da ε , apresenta melhores coeficientes que o modelo cúbico, encontrado por Topp et al. (1980) para esta calibração. Resultados semelhantes de melhores ajustes para função quadrática, já foi encontrado para outras classes de solos brasileiros, em experimento de laboratório (Tommaselli & Bacchi, 1996).

Uma análise da distribuição gráfica dos resíduos evidenciou, um melhor ajuste dos dados para valores de $\theta > 35\%$ e para valores de $\rho > 1,1\text{g cm}^{-3}$, estes efeitos estão indiretamente relacionados ao uso do solo (espécie presente) que influenciam estes

parâmetros, especialmente a ρ . Estão sendo realizados novos estudos para se ajustar modelos mais precisos para os dados agrupados por faixas de valores de ε e ρ .

Bibliografia citada

- DIRKSEN C. & DASBERG, S. Improved calibration of time domain reflectometry soil water content measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 57:660-667, 1993.
- HERKELRATH, W. N., HAMBURG, S. P. & MURPHY, F. Automatic, real-time monitoring of soil moisture in a remote field area with time domain reflectometry. *Wat. Resour. Res.*, Washington, 27:857-864, 1991.
- MALICKI, M. A., PLAGGE, R. & ROTH, C. H. Improving the calibration of dielectric TDR soil moisture determination taking into account the solid soil. *Euro. J. Soil Sci.*, London, 47:357-366, 1996.
- TOPP, G. C., DAVIS, J. L. & ANNAN, A. P. Electromagnetic determination fo soil water content: measurement in coaxial transmission lines. *Wat.er Resour. Res.*, Washington, 16: 574-582, 1980.
- TOMMASELLI, J.T.G. & BACCHI, O.O.S. Calibração de um TDR utilizando modelos empíricos para cinco solos paulistas. In: CONGRESSO PAN AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindoia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.
- ZEGELIN, S. J., WHITE, I. & RUSSEL, G. F. A critique of the time domain reflectometry technique for determining field soil-water content. In: TOPP, G. C., REYNOLDS, W. D. & GREEN R. E. eds. *Advance in mesurement of soil physical properties: bringing theory into practice*. Madison, Soil Science Society of America, 1992. p.187-208 (Special publication, 30).

Tabela 1- Valores da umidade volumétrica e densidade do solo avaliados próximo a diferentes espécies de plantas e em 3 profundidades num latossolo amarelo textura muito argilosa.

Tratamento	θ (%) – umidade volumétrica					ρ - densidade do solo (g cm ⁻³)			
	n	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Floresta primária									
Matá-matá (<i>Eschweilera spp</i>)	19	34,10	6,49	25,40	47,70	0,78	0,11	0,62	0,98
Bacaba (<i>Oenocarpus bacaba</i>)	18	41,44	5,81	30,20	48,70	0,81	0,10	0,63	1,00
Áreas cultivadas									
Pupunha(<i>Bactris gasipaes</i>) -Fruto	20	26,71	3,15	22,20	33,00	0,94	0,13	0,73	1,22
Pupunha -Palmito	38	34,68	7,26	20,27	47,75	0,91	0,10	0,71	1,16
Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	33	41,81	2,61	34,67	46,68	1,10	0,21	0,91	1,54
Pueraria (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	20	3,62	2,90	30,80	42,50	1,05	0,93	1,18	0,06
Avaliação do perfil em três profundidades									
30cm	26	43,62	3,07	34,50	47,40	1,23	0,06	1,06	1,33
90cm	27	48,27	3,05	40,80	53,40	1,21	0,06	1,05	1,30
150cm	25	48,28	3,05	44,50	53,20	1,22	0,06	1,14	1,29

Tabela 2 - Coeficientes das equações de regressão para os modelos ajustados.

β_0	β_1	β_2	β_3	R^2	R^2 ajustado	Erro padrão ($m^3 m^{-3}$)
$\theta (\epsilon)$						
0,108794**	0,013690**	-	-	0,9079	0,9075	0,0239
0,046367**	0,020444**	-0,000169**	-	0,9123	0,9115	0,0233
0,142527*	0,0042070	0,0000684	-0,000014	0,9133	0,9127	0,0233
$\theta (\theta^*(\epsilon, \rho))^+ - \text{Equação de Malicki}$						
-0,03289*	1,0795**	-	-	0,7875	0,7866	0,0362
-	0,9994**	-	-	0,9920	0,9919	0,0365
$\theta (\theta^*)^{++} - \text{Equação de Topp}$						
0,2082*	1,0766**	-	-	0,9082	0,9078	0,0238
-	0,9965**	-	-	0,9965	0,9965	0,0241
$\theta (\theta^*)^{+++} - \text{Easy Test}^{\text{®}}$						
0,03065**	1,1259**	-	-	0,9113	0,9109	0,0234
-	1,2159**	-	-	0,9964	0,9965	0,0241

** e *: significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.; +: equação proposta por Malicki et al., 1996; ++: equação proposta por Topp et al., 1980; equação embutida no aparelho EASY TEST[®].

obs.: Nomes comerciais e industriais aqui incluídos são em benefício do leitor e não implica em preferência ou recomendação dos produtos pelos autores ou instituições.