

ESTIMATIVA DOS ERROS ENVOLVIDOS NA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO PELA SONDA DE NÊUTRONS

ELTON J. S. FERREIRA¹, LUIS S. VANZELA², JOÃO L ZOCOLER³
⁴, FERNANDO B. T. HERNANDEZ

Escrito para apresentação no
XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2003
Goiânia - GO, 28 de julho a 01 de agosto de 2003

RESUMO: A técnica de determinação da umidade do solo com a sonda de nêutrons ainda apresenta controvérsias. Por ser uma técnica complexa, que necessita de uma calibração e que abrange um volume esférico de solo, que por sua vez apresenta uma grande variabilidade espacial, ocorrem vários erros que podem prejudicar a confiabilidade dos dados. Para a determinação da umidade volumétrica, estes erros podem ser instrumental, na calibração e no local. O experimento foi conduzido na área da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP Ilha Solteira – SP. A área de calibração, foi constituída por três tubos de PVC de 75 cm de comprimento, instalados a uma profundidade de 55 cm no solo e espaçados 1,5 metros um do outro, onde se realizavam leituras a 20 e a 40 cm de profundidade. Após a calibração, foi instalado próximo á área de calibração, uma área experimental com 3 linhas (3 repetições) de 11 tubos de PVC de 85 cm de comprimento, instalados a 55 cm de profundidade e espaçados de 1,5 metros. Depois de obtido os dados, aplicou-se uma análise estatística para avaliar a regressão e determinar os erros. Os maiores erros estimados na determinação da umidade volumétrica do solo pela sonda de nêutrons, neste caso, foram os envolvidos na calibração do instrumento.

PALAVRAS-CHAVE: sonda de nêutrons, estimativa de erros, umidade do solo

ERROR ESTIMATE INVOLVED IN SOIL MOISTURE MEASUREMENT WITH A NEUTRON PROBE

ABSTRACT. The technique of soil moisture measurement with a neutron probe is still controversial. Due to the fact it is a complex technique which requires calibration and that encompasses a sphere of influence of the soil (who presents a high spacial variability), several errors might occur that could affect the reliability of the data. When volumetric moisture is measured, errors might originate from the instrument, the calibration and the site. The research was conducted at the Teaching and Research Farm of the College of Engineering of Ilha Solteira (UNESP), São Paulo state, Brazil. The calibration site was composed of three 75 cm-long PVC pipes, placed 55 cm deep in the soil and 1.5 m apart from each other. Readings were taken at 20 and 40 cm of depth. After calibration, three rows (3 replications) of 11 85 cm-long PVC pipes were deployed close to the calibration site, buried at 55 cm in the soil and 1.5 m apart. After data gathering, we performed a statistical analysis to estimate the errors. Most errors originated while determining the sphere of influence of the soil by the neutron probe resulted instrument calibration.

KEYWORDS: neutron probe, error estimate, soil moisture

¹ Graduando em Agronomia pela UNESP Ilha Solteira: elton@agr.feis.unesp.br

² Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Sistemas de Produção na UNESP Ilha Solteira.: lsv@agr.feis.unesp.br

³ Engenheiro Agrônomo, Prof. Assistente Doutor na UNESP Ilha Solteira. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos: zocoler@agr.feis.unesp.br

⁴ Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. e Pesquisador na UNESP Ilha Solteira. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos.: fbthtans@agr.feis.unesp.br

INTRODUÇÃO: A técnica de determinação da umidade do solo com a sonda de nêutrons ainda apresenta controvérsias, segundo TURATTI (1990) apesar da sonda já ser utilizada por mais de três décadas, não foi possível estabelecer critérios adequados para a sua calibração. Por ser uma técnica complexa, que necessita de uma calibração e que abrange um volume esférico de solo, que por sua vez apresenta uma grande variabilidade espacial, podem ocorrer vários erros que podem prejudicar a confiabilidade dos dados. Para a determinação da umidade volumétrica, estes erros podem ser instrumental, na calibração e no local (BACCHI e REICARDT, 1990). O erro instrumental se refere aos erros gerados nas diversas etapas do princípio funcionamento do equipamento (emissão, contagem, fotomultiplicação, etc), sendo estas etapas muito importantes no desempenho da sonda. Os erros envolvidos na calibração dependem da variabilidade espacial do solo, da metodologia empregada na calibração (instalação dos tubos de acesso, número de amostragens, etc) e do tipo de fonte utilizado na sonda. Todos os erros envolvidos nestes fatores vão ser incorporados na regressão, que é o principal na calibração. Os erros locais estão relacionados a utilização da sonda em diferentes locais e tubos de acesso, devido a variabilidade espacial do solo e procedimentos de instalação de vários tubos. Sendo assim, este trabalho teve o objetivo de estimar os erros envolvidos na técnica de determinação da umidade volumétrica do solo com o auxílio da sonda de nêutrons.

MATERIAIS E MÉTODOS O experimento foi conduzido na área da Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP Ilha Solteira, no Município de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, com localização geográfica a 20° 22' S de latitude e a 51° 22' W de longitude, com altitude de 335 m. O solo da área foi classificado como Podzólico Vermelho Escuro, eutrófico, textura arenosa, segundo o IPT, citado por CARVALHO e MELLO (1989). A área de calibração, foi constituída por três tubos de PVC de 75 cm de comprimento, instalados a uma profundidade de 55 cm no solo e espaçados de 1,5 metros um do outro, onde se realizavam leituras a 20 e a 40 cm de profundidade. Para a calibração da sonda de nêutrons (figura 1), foram realizadas ao todo 19 amostragens para a profundidade de 20 cm e 15 amostragens para a profundidade de 40 cm, entre os dias 07/12/2000 e 22/05/2001. As amostras para a calibração foram coletadas a 30 cm de distância ao redor do respectivo tubo, na mesma profundidade das leituras.



Figura 1: Sonda de nêutrons dentro do tubo e realizando a contagem

Com os resultados de umidade obtidos em laboratório e as respectivas leituras da sonda, realizou-se uma regressão linear para calibração da sonda. As equações da reta e os seus respectivos coeficientes de ajuste (R^2), para as profundidades de 20 e 40 cm, estão apresentados na figura 2.

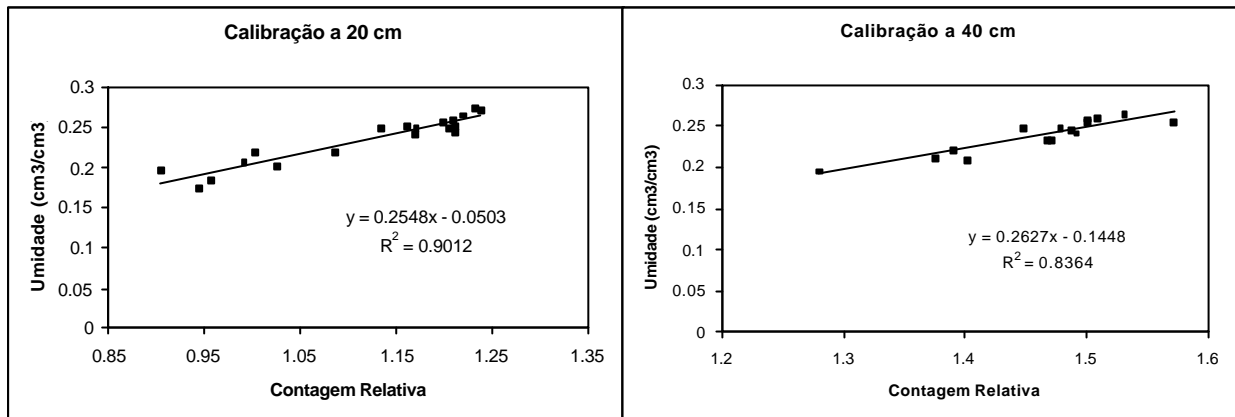


Figura 2. Equações da regressão para as profundidades de 20 e 40 cm.

Após a calibração, foram instalados próximo da área de calibração, uma área experimental com 3 linhas (3 repetições) de 11 tubos de PVC de 85 cm de comprimento, instalados a 55 cm de profundidade e espaçados de 1,5 metros. Após realizada as leituras com a sonda, nas mesmas profundidades de calibração, calculou-se a média das três repetições, obtendo-se 11 leituras para cada profundidade. Depois de obtido os dados, aplicou-se a análise de variância da regressão e o teste de significância da correlação para avaliar a calibração, e com os dados da área experimental determinou-se a variância da umidade devido ao erro instrumental, a variância da umidade devido ao erro na calibração, a variância total da umidade e a variância devido aos erros locais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os dados da análise de variância da regressão e do teste de significância da correlação para as duas profundidades estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Análise de variância da regressão e teste de significância da correlação para as equações de calibração nas profundidades de 20 e 40 cm.

Profundidades	Regressão	Análise de Variância da Regressão	Teste de Significância da Correlação
20 cm	$\theta = 0,2548.CR - 0,0503$ $R^2 = 0,9012$	$F^1 = 155,02$	$t^2 = 12,45$
40 cm	$\theta = 0,2677.CR - 0,1448$ $R^2 = 0,8364$	$F^1 = 66,47$	$t^2 = 8,15$

¹Significativo ao nível de 1% pelo teste "F".

²Significativo ao nível de 0,1% pelo teste "t".

Como pode ser verificado na tabela 1 tanto a análise de variância da regressão quanto o teste de significância da correlação foram altamente significativos, indicando uma boa regressão, o que também é confirmado pelos altos coeficientes de correlação. Na tabela 2 estão apresentados a variância da umidade devido ao erro instrumental, a variância da umidade devido ao erro na calibração, a variância total da umidade e a variância devido aos erros locais, e seus respectivos desvios e coeficientes de variação, para a determinação da umidade do solo com a sonda de nêutrons.

Tabela 2. Variância da umidade devido ao erro instrumental (VEI), a variância da umidade devido ao erro na calibração (VUC), a variância total da umidade (VTU) e a variância devido aos erros locais (VEL), para a determinação da umidade nas duas profundidades.

Profundidade das Leituras	VEI	VUC	VTU	VEL
20 cm	$s^2_i(\theta) = 0,0003966$ $s_i(\theta) = 0,0199160$ CV (%) = 12,15	$s^2_c(\theta) = 0,0025234$ $s_c(\theta) = 0,0502339$ CV (%) = 30,65	$s^2(\theta) = 0,0029201$ $s(\theta) = 0,0540378$ CV (%) = 32,97	$s^2_L(\theta) = 0,000910$ $s_L(\theta) = 0,030162$ CV (%) = 18,40
40 cm	$s^2_i(\theta) = 0,0001147$ $s_i(\theta) = 0,0107105$ CV (%) = 4,56	$s^2_c(\theta) = 0,0088476$ $s_c(\theta) = 0,0940615$ CV (%) = 40,05	$s^2(\theta) = 0,0089623$ $s(\theta) = 0,0946693$ CV (%) = 40,31	$s^2_L(\theta) = 0,000076$ $s_L(\theta) = 0,008734$ CV (%) = 3,72

De acordo com a tabela 2, na determinação da umidade do solo pela sonda de nêutrons, tanto a 20 como a 40 cm, os maiores erros estimados, foram os envolvidos na calibração do instrumento (CV (%) = 30,65 e 40,05 respectivamente). Os erros instrumental e locais foram baixos, pois seus coeficientes de variação apresentaram valores variando de médio a baixo. Já o erro total da umidade apresentou altos valores de coeficiente de variação, porque a variância do erro total da umidade é soma das variâncias devido ao erro instrumental e na calibração, e por isso os altos erros estimados na calibração refletiram negativamente no erro total da umidade, culminando com altos valores de coeficientes de variação. Apesar da regressão ter sido bem significativa, os altos erros estimados na calibração, indicam que a metodologia utilizada, neste caso, deve ser revista, visando melhorar a conversão da contagem relativa em umidade volumétrica. Um fator que pode ter contribuído para os erros na calibração é a utilização de tubos de PVC, que não é o material mais recomendado, embora possa ser utilizado (BACCHI e REICARDT, 1990).

CONCLUSÕES: Os maiores erros estimados na determinação da umidade volumétrica do solo pela sonda de nêutrons, neste caso, foram os envolvidos na calibração do instrumento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- TURATTI, A. L.; VILLAGRA, M. M.; PONCE, J.E.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. **Variabilidade espacial de solo e sua implicação na calibração de sondas de nêutrons**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 14, p. 259-262, 1990.
- MORAES, S. O.; LIBARDI, P. L.; MARCIANO, C. R. **Aplicação do índice de concordância de Willmott para a seleção da curva de calibração de sonda de nêutrons mais adequada ao longo do perfil do solo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20, 1997, Piracicaba. Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba: 1997. p. 219-221.
- BACCHI, O. O. S., REICHARDT, K, **A sonda de nêutrons e seu uso na pesquisa agrônômica**. Boletim Didático - 022, Piracicaba, 1990. Universidade de São Paulo. Centro e Energia Nuclear na Agricultura. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz. ESALQ.
- BASSOI, L. H.; REICARDT, K. **Estabilidade temporal da umidade do solo medida com a sonda de nêutrons**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, 1994, Campinas. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campinas: 1994. 162p.
- VANZELA, L. S. **Avaliação da uniformidade de distribuição de água e uniformidade de armazenamento em um sistema de irrigação por aspersão convencional** Ilha Solteira, 2001. 40p. Trabalho de Graduação (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.