

# APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA DE WILLMOTT PARA SELEÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO DE SONDA DE NÊUTRONS MAIS ADEQUADA AO LONGO DO PERFIL DO SOLO.

Sérgio Oliveira MORAES<sup>1</sup>; Paulo Leonel LIBARDI<sup>2</sup>; Cláudio Roberto MARCIANO<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente trabalho analisou resultados de teores de água no solo ao longo do tempo, obtidos à partir de curvas de calibração específicas (CE) para camadas e geral (CG) para o perfil. Utilizou-se com êxito o índice de Willmott para quantificar as semelhanças entre CG e CE, evidenciando-se que nem sempre a CG pode substituir a CE, dependendo tanto da camada quanto do teor de água no solo.

## INTRODUÇÃO

Desde a década de 50, quando a técnica da moderação de nêutrons para medida do teor de água no solo foi introduzida em experimentos de campo, a questão da calibração do equipamento continua sem uma resposta definitiva. Entre as dificuldades para a calibração, Turatti et al. (1990), por exemplo, ressaltam a variabilidade espacial do solo como responsável pela impossibilidade de se obter valores precisos e absolutos de umidade, embora a técnica possa ser utilizada com segurança em medidas de variações temporais do teor de água no solo e mesmo de armazenagem de água no perfil.

Com o objetivo de estudar algumas das situações acima foi conduzido um experimento visando tanto a calibração da sonda de nêutrons quanto a variabilidade de suas leituras ao longo do tempo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma Terra Roxa Estruturada Latossólica, no mesmo local de Turatti et al. (1990). Para os objetivos seguiram-se dois procedimentos: 1) obtenção de curvas de calibração em várias camadas (correspondentes às profundidades: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 e 1,0 m) em 12 parcelas; 2) condução de um experimento com três tratamentos com planta (milho submetido a três níveis de nitrogênio) e um sem planta, com três repetições. Todos os tratamentos, com e sem planta, receberam a mesma aplicação de água. Obtiveram-se curvas de calibração específicas (CE) para as profundidades mencionadas e uma curva geral (CG) para todas as profundidades, conforme Turatti et al. (1990).

A análise dos resultados foi efetuada pela observação dos gráficos de umidade volumétrica, obtida pelas curvas geral e específica de cada camada, em função do tempo, para todos os tratamentos. A análise quantitativa foi realizada pela comparação dos índices de concordância (Willmott, 1984), dado por:

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N [ |P_i| + |O_i| ]^2} \right]$$

onde:

$$P'_i = P_i - \bar{O}, \quad O'_i = O_i - \bar{O} \quad \text{e} \quad \bar{O} = \sum_{i=1}^N O_i / N$$

<sup>1</sup> Dr., Professor, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: somoraes@mandi.esalq.usp.br.

<sup>2</sup> Dr., Professor Titular, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. E-mail: pllibard@mandi.esalq.usp.br; bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Aluno de doutorado do CPG em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP.; E-mail: crmarcia@carpa.ciagri.usp.br; bolsista do CNPq.

Sendo  $P_i$  o  $i$ -ésimo valor da umidade volumétrica, previsto pela curva geral (CG), e  $O_i$  o correspondente valor observado à partir da curva específica (CE) de cada camada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 exemplifica os valores médios de umidade a base de volume e respectivos desvios, obtidos pela CG e CE para as profundidades 0,40 e 0,80 m num dos tratamentos considerados. Observe-se que na camada superior há concordância entre as previsões das médias para CG ( $P_i$ ) e CE ( $O_i$ ), o que não ocorre na profundidade de 0,80 m, onde há uma superestimativa dos teores de água pela CG. Também, as variabilidades expressas pelos desvios padrão são maiores à menor profundidade, indicando que para obter-se desvios da ordem dos encontrados à 0,80 m, provavelmente seria necessário um maior número de repetições, caso contrário, mesmo para medidas de armazenagem, conforme citam Turatti et al. (1990), não haveria uma contribuição constante da variabilidade ao longo do perfil e nem ao longo do tempo.

A Figura 1 mostra ainda que a substituição da CE pela CG não melhora os desvios a 0,40 m e na de 0,80 m, como já mencionado, sequer coincidem. Embora com as devidas ressalvas (Willmott, 1984) a Figura 2 representa a CE e a CG para as duas profundidades e respectivos intervalos de confiança. Observe-se que a concordância para a maior profundidade ocorreria apenas a baixos valores de teor de água no solo, o que torna difícil a utilização da CG, com maior número de pares de pontos, para representar a camada correspondente à profundidade 0,80 m. Tal fato é confirmado pelos índices de concordância ( $d$ ) entre os valores de umidade obtidos pela CG e CE para as camadas de 0,40 e 0,80 m do tratamento selecionado na Figura 1, dados por  $d = 0,9775$  e  $d = 0,5538$ , respectivamente.

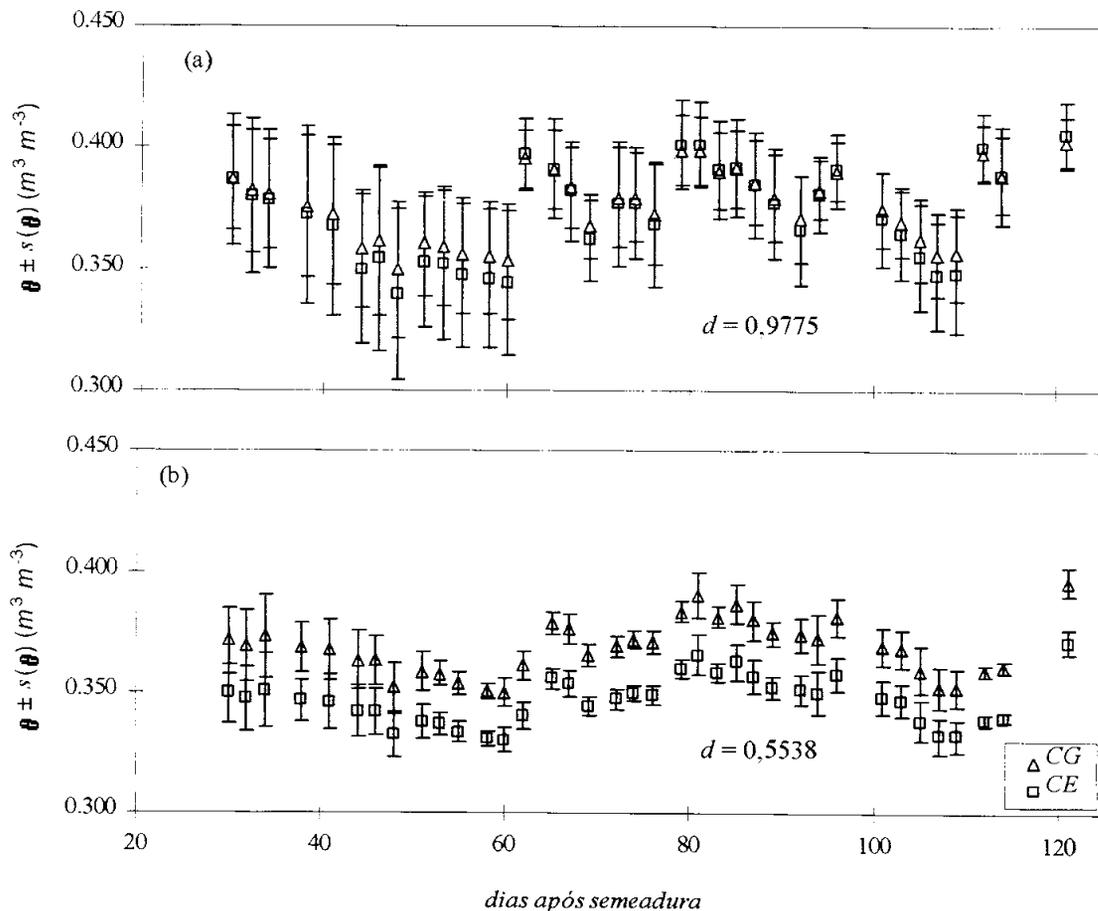


Figura 1. Valores médios de umidade ( $\theta$ ;  $m^3 m^{-3}$ ) e seu desvio padrão ( $s(\theta)$ ; barras verticais), obtidos pelas curvas geral e específicas para as profundidades: (a) 0,4 m, e (b) 0,8 m.

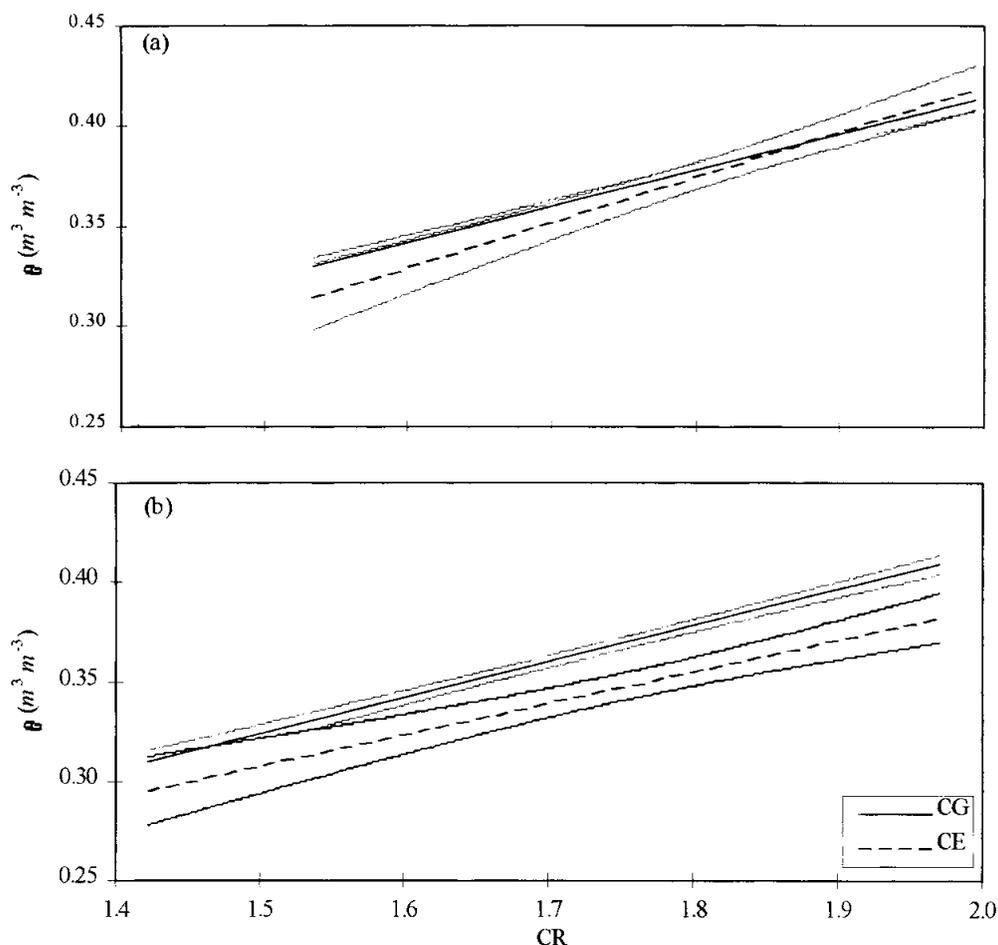


Figura 2. Curvas de calibração da sonda de nêutrons específicas (CE, linhas tracejadas) para as profundidades: (a) 0,4 m, e (b) 0,8 m, e curva geral para o perfil (CG, linhas contínuas), relacionando umidade ( $\theta$ ;  $m^3 m^{-3}$ ) e contagem relativa (CR). As áreas hachuradas ao longo das retas representam os limites de confiança a 5 % de probabilidade pelo teste  $t$ .

### CONCLUSÕES

- 1) O índice de concordância mostrou-se adequado para a verificação de semelhanças entre curvas de calibração;
- 2) Nem sempre é possível a utilização da curva geral de calibração para substituição da curva específica da camada no caso analisado sequer mostraram-se paralelas, indicando a preferência por curvas completas por camada.
- 3) A variabilidade dos dados sendo função da camada analisada pode exigir diferentes repetições para manter-se a mesma sensibilidade de medida em todas as profundidades.

### BIBLIOGRAFIA

- 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 neutrons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14: 259-62, 1990.
- WILLMOTT, C.J. On the evaluation of model in physical geography. In: GAILE, G.L., WILLMOTT, C.J. (Ed.) *Spatial statistics and Model*. Dordrecht: D. Reidel, 1984. p.443-59.