



## CALIBRAÇÃO DE SENSOR ELETRÔNICO DE UMIDADE EM DIFERENTES TEXTURAS DE SOLO

R. Gava\*, E. E. da Silva, F. H. R. Baio

UFMS - Univ Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Chapadão do Sul, MS, Brasil

Article history: Received 02 May 2016; Received in revised form 31 May 2016; Accepted 04 June 2016; Available online 30 July 2016.

### RESUMO

A acurácia das leituras de sensores de umidade depende da qualidade do aparelho, mas também de sua calibração. Esses sensores eletrônicos já vêm de fábrica com calibração, porém, sabe-se que esta varia com o tipo de solo. O objetivo desse trabalho foi calibrar o sensor da Falker, modelo Hidrofarm, em solo de textura arenosa e argilosa. Foram utilizadas colunas de PVC de 0,1 m de diâmetro por 0,3 m de altura, que inseridas no solo após saturação, permitiram coletar amostras indeformadas, sem a desagregação das mesmas. No laboratório, cada coluna recebeu uma sonda do equipamento. Após as amostras serem saturadas, iniciou-se o processo de secagem natural, mantidas em laboratório com temperatura constante, e realizadas frequentes medidas de umidade. Sempre que se fazia leituras com o aparelho, as colunas eram também pesadas, para determinação da umidade com base massa. Assim, com a densidade do solo obtida pela relação entre a massa e o volume da coluna, foi possível encontrar a umidade volumétrica e correlacionar com as leituras do aparelho. Foram ajustadas curvas de correlação entre as leituras obtidas pelos sensores e as respectivas medidas de umidade. O desvio de leitura do sensor para a medida real de umidade apresentou-se ser sistemático, sendo de -8% para o solo de textura argilosa e de -4% para o solo de textura arenosa.

**Palavras-Chave:** Sensor de umidade; Umidade do Solo; Calibração de Sensores.

### ELECTRONIC MOISTURE SENSOR CALIBRATION IN DIFFERENT SOIL TEXTURES

### ABSTRACT

The accuracy of the humidity sensor readings depends on the device's quality, but also its calibration. These electronic sensors have been factory calibrated, however, it is known that this varies with the type of soil. The objective of this study was to calibrate the sensor Falker, Hidrofarm model in soil sandy and clay texture. PVC columns were used to 0.1m diameter and 0.3m height, which inserted in the soil after saturated, allowed collecting soil samples without disaggregation thereof. In the laboratory, each column received a probe of the equipment. After the samples are saturated, began the natural drying process, kept in the laboratory with constant temperature and humidity made frequent measures. Where did readings with the device, the columns were too heavy for determination of moisture in mass. So with the soil density obtained by relating between the mass and volume of the column, were found soil moisture and correlate with the instrument readings. Correlation curves were fitted between the readings obtained by the sensors and the respective humidity measures. The

---

\* [ricardo.gava@ufms.br](mailto:ricardo.gava@ufms.br)

sensor reading deviation to the real measure moisture presented to be systematic, being -8% for the clayey soil and -4% for the sandy soil.

**Keywords:** humidity sensor; Soil moisture; Sensor calibration.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento do manejo de água no solo tem ganhado cada vez mais importância visto os problemas hídricos atuais. A agricultura irrigada utiliza grandes volumes de água e depende do conhecimento aprofundado nesse assunto para ter maior eficiência de aplicação de água.

Os métodos mais utilizados para o correto manejo de irrigação são aplicados através dos dados atmosféricos ou do acompanhamento da umidade do solo.

Para auxiliar nesses estudos, algumas formas de determinação de umidade do solo foram propostas por Hillel (1970), como as definições de umidade com base em massa e umidade com base em volume que são consideradas as mais precisas para a obtenção dos valores de umidade do solo.

Dentre os modelos de estimativas de consumo hídrico que utilizam modelos matemáticos para cálculo de demanda atmosférica e evapotranspiração das culturas, pode-se citar o método de Hargreaves & Samani (1985) pela simplicidade de aplicação, pois necessitam apenas dos dados de temperatura e, o método consagrado de Penman Monteith FAO (ALLEN et al., 1998) por sua maior abrangência de aplicação e precisão.

Apesar de haver vários métodos para determinação do consumo hídrico consagrados na literatura, ainda são estimativas e estão sujeitos a erros mesmo quando calibrados em condição local, enquanto que medidas de umidade do solo são medidas reais do consumo de água das plantas.

Dentre os métodos mais utilizados para a determinação de umidade no solo pode-se citar o método gravimétrico e a tensiometria. No método gravimétrico, basicamente o solo coletado é pesado em condições de campo (umidade atual) por amostra deformada ou indeformada.

Depois é levado para estufa à 105 °C por 24 horas para secar completamente. Com a diferença de massa entre o solo úmido e seco têm-se a umidade. Existe ainda a tensiometria, que necessita de equipamentos tensiômetros e o estudo prévio do solo para a utilização conjunta com a curva de retenção de água no solo com alto coeficiente de determinação, como apresentados por Almeida et al. (2010).

O método que utiliza as amostras deformadas é muito preciso e econômico pois somente necessita de uma balança de precisão, um recipiente metálico para acondicionar o solo úmido e de uma estufa. A estufa pode ainda ser substituída por um forno caseiro, possibilitando ao agricultor realizar as medidas com facilidade. A desvantagem deste método é que a determinação da umidade será dada apenas após um acondicionamento mínimo de 24 horas em estufa.

Na tensiometria, os tensiômetros após instalados em campo, permitem realizar medidas momentâneas, porém, para correlacionar a leitura do equipamento com o verdadeiro valor da umidade do solo, é preciso conhecer a curva de retenção de água daquele solo, obtida através de metodologia laboratorial. Apesar de ser um processo trabalhoso, após confeccionada a curva, esta poderá ser usada sempre para o mesmo solo.

Assim, o uso de sensores no processo de obtenção de umidade do solo se tornou bastante útil, na medida em que esses aparelhos permitem realizar medidas instantâneas. Em sua maioria são compostos por sondas eletrônicas, que inseridas no solo, transferem dados (impulsos elétricos) para a interpretação pelos controladores eletrônicos, os quais apresentam os resultados de umidade com

base em massa ou umidade volumétrica, de acordo com sua calibração de fábrica.

Os sensores eletrônicos podem ser muito precisos, porém, o seu erro está ligado à qualidade do equipamento e/ou sua condição de calibração inicial. Uma vez calibrado na condição de campo e de forma correta, um sensor de umidade passa a fazer leituras reais dos teores de água no solo (SILVA et al., 2012; GOMES et al., 2013).

Dentre os vários tipos de sensores eletrônicos de umidade pode-se destacar: O TDR (Reflectometria de Domínio do Tempo) que utiliza a condutividade elétrica através de sondas para a determinação da umidade do solo. Este sensor é de custo elevado e mais indicado para fins de pesquisa acadêmica, necessitando de calibração. Já para aplicação em campo existem sensores de valores mais acessíveis, como o Hidrofarm, que utiliza um princípio de Impedância do Solo em Alta Frequência (ISAF) como medida eletromagnética para a determinação da umidade volumétrica do solo, e ainda descarta calibração, pois já possui uma calibração de fábrica, resultante em leituras de umidade com base em volume (FALKER, 2015).

Porém, esses sensores com calibração de fábrica podem resultar em

erro de leitura em função da variação da estrutura física dos solos.

Souza et al. (2013), ao calibrar sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo, concluíram que os valores de umidade do solo medidos com o FDR subestimaram os valores e as com o TDR superestimaram quando comparados com o método padrão. No entanto, as diferenças nos valores absolutos em relação à condição padrão foram menores para o TDR.

Outros autores ainda relatam os mesmos problemas em outros tipos de sensores como é o caso da sonda de capacitância, que quando testada em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro, mostrou que as calibrações mineral e orgânica recomendadas pelo fabricante não se foram adequadas (SILVA et al., 2012).

As informações constantes na literatura deixam claras as necessidades de calibração para cada tipo de sensor de umidade existente, bem como para a aplicação destes em diferentes tipos de solo.

Assim, o objetivo desse trabalho foi calibrar o sensor da Falker, modelo Hidrofarm, em solo em condições de cerrado de textura arenosa e textura argilosa através da metodologia gravimétrica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido no laboratório de solos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Campus de Chapadão do Sul, no município de Chapadão do Sul, com latitude 18°46' S e longitude 52°37' O e altitude média de 810 m.

Foram confeccionadas colunas de tubos de PVC, de 100 mm de diâmetro e 300 mm de altura, para a retirada de amostras indeformadas do solo em suas condições naturais em campo. O solo foi saturado para evitar desagregação e possibilitar a completa inserção das colunas no mesmo. Este método foi adaptado do método padrão (gravimétrico)

(Hillel, 1970), onde, devido ao tamanho das sondas são utilizados vasos, que em geral, utilizam-se amostras deformadas como demonstrado no trabalho de Soncela et al. 2013.

Nesse trabalho desenvolveu-se uma metodologia que permite a retirada de amostras indeformadas, representando a condição mais próxima da condição real do solo no campo. Isso é importante pois, conforme observado por Almeida et al. (2012) que os parâmetros de ajustes das curvas de calibração apresentam-se diferentes de acordo com os valores das densidades do solo.

A saturação do solo foi realizada no local da retirada da amostra para permitir a inserção completa da coluna de PVC e sua retirada sem desagregar o solo. Posteriormente, as colunas foram levadas ao laboratório, e saturadas novamente, colocando-as em recipiente com água até a metade da altura da coluna por 24 h, adaptando-se do método padrão de amostras indeformadas (gravimétrico).

Após esse procedimento, foi inserida, e mantida por todo o tempo, uma sonda eletrônica em cada coluna. As leituras de umidade foram realizadas com frequência diária, sempre no mesmo horário, em dois momentos do dia. Ainda para tornar o processo de secagem mais

homogêneo, essas colunas foram perfuradas, com orifícios que permitiam apenas a perda de água, mas nunca a perda de solo.

As colunas com solo argiloso foram coletadas no município de Chapadão do Sul-MS, em um talhão com predominância de Latossolo Vermelho Amarelo (latitude 18°46'21" S e longitude 52°37'35" O), e as colunas de solo arenoso coletadas a cerca de 50 km, em um talhão com predominância de Neossolo (latitude 18°58'60" S e longitude 52°15'40" O). No local da retirada das colunas foram também coletadas amostras para a classificação textural do solo em laboratório (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise textural dos dois tipos de solo utilizados. Chapadão do Sul, MS, 2016

<b>Classe Textural dos Solos</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
		<b>%</b>	
Argiloso (Latosolo)	37	8	55
Arenoso (Neossolo)	87	3	10

O aparelho utilizado nesse trabalho foi o Hidrofarm, modelo (HMF2010), da empresa detentora da patente Falker, com sondas do modelo HidroFarm ISAF 0,20 m.

As amostras foram mantidas em laboratório, com temperatura constante de

24°C, para não haver influência da variação de temperatura sobre as leituras do sensor. Ao se realizarem as leituras de umidade volumétricas no aparelho, as colunas eram também pesadas para se obter a medida real da umidade com base massa (Figura 1).



**Figura 1.** Amostra indeformada, retirada com o solo em condições naturais de campo através de uma coluna de PVC de volume conhecido, sendo pesada para obtenção da umidade com base em massa

As colunas foram pesadas, para fazer a comparação com a umidade com base em massa de acordo com a equação abaixo (Equação 1).

$$\mu = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

$\mu$  – Umidade com base em massa, %;  
 $M_u$  – Massa de água, gramas;  
 $M_s$  – Massa do solo seco, gramas;  
100 – Fator de conversão para porcentagem, adm.

Como o volume da amostra era conhecido (coluna de PVC), foi possível determinar o volume de solo. Assim, através da equação abaixo, do método gravimétrico, e com a umidade com base massa medida, foi possível encontrar a umidade com base volume, conforme mostra a equação 2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que permitiram a calibração do equipamento para os diferentes tipos de solo são apresentados

$$\theta = \mu * ds \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

$\theta$  – Umidade com base em volume, %;  
 $\mu$  – Umidade com base em massa, %;  
 $ds$  – Densidade do solo,  $\text{g cm}^{-3}$ .

A densidade do solo ( $ds$ ) foi obtida ao final das avaliações, após a secagem das amostras em estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 72 h e assim, feita a divisão da massa de solo seco pelo volume total do solo ocupado na coluna.

Foram ajustadas as curvas de correlação entre as leituras feitas pelo sensor e as respectivas umidades volumétricas reais determinadas pelas relações, área-massa-volume. A análise estatística da correlação foi realizada com o auxílio do programa SigmaPlot, versão 11 (WASS, 2009).

abaixo, iniciando pelas características físico-hídricas das colunas de calibração para o solo argiloso, presente na Tabela 2.

**Tabela 2.** Característica físico-hídrica da coluna de calibração para o solo de textura argilosa

Altura	27,0	cm
Diâmetro	9,6	cm
Volume	1954,3	cm <sup>2</sup>
Ms	3202,8	g
Ds	1,64	g cm <sup>-2</sup>

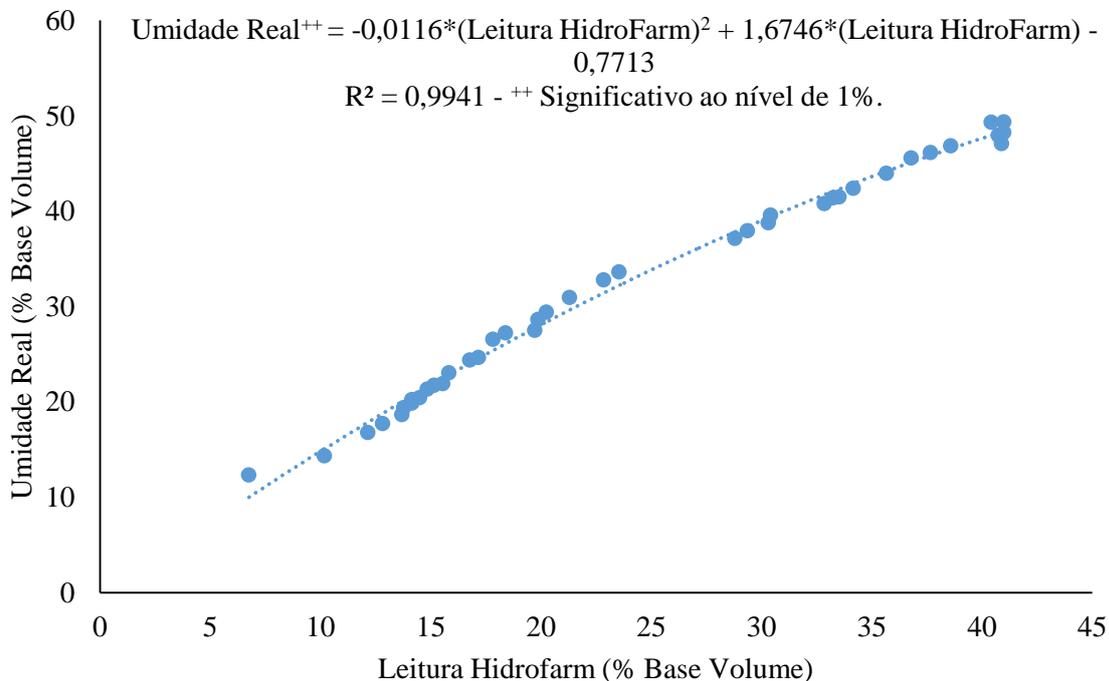
Como se pode ver, a coluna de solo argiloso tinha 27 cm de altura e 9,6 de diâmetro, o que totalizou um volume de 1954,3 cm<sup>2</sup>. Após a secagem em estufa determinou-se sua massa de 3202,8 g, que dividida pelo volume resulta na Densidade do Solo naquela condição.

Constatou-se que em condições de saturação, o sensor não apresenta precisão nas leituras, podendo ser observado que estas só estabilizaram a partir do ponto onde cessa a drenagem do excesso de água (umidade em capacidade de campo). Assim que a umidade do solo deixou a faixa de saturação, o sensor passou a apresentar um desvio estável em relação as medidas reais, sempre subestimando a

umidade em cerca de 8%. Essa diferença foi reduzida nas leituras com umidades menores.

Assim, não se recomenda o uso do sensor para condições de umidade próxima a capacidade de campo. Nesses casos é preferível utilizar a metodologia padrão de campo, descrita no trabalho de Souza et al. (2013).

Com isso foi possível ajustar uma curva de calibração, que permite corrigir os valores de umidade volumétrica lidos pelo sensor, para os dados de leitura volumétrica medidos na coluna de solo de textura argilosa (Figura 2). Assim, uma equação de calibração foi definida (Equação 3).



**Figura 2.** Curva de calibração para o sensor Hidrofarm em solo de textura argilosa.

$$\theta = -0,0116 * (HFclay)^2 + 1,6746 * (HFclay) - 0,7713 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

$\theta$  – Umidade com base em volume, %;

$HFclay$  – Leitura do Hidrofarm em solos de textura argilosa.

Cada sensor se comporta de maneira diferente em eles e entre diferentes tipos de solo, podendo registrar leituras acima ou abaixo das medidas reais. Segundo Souza et al. (2013), os valores de umidade do solo medidos com o FDR subestimaram os valores e as com o TDR superestimaram quando comparados com o método padrão. No entanto, as diferenças nos valores absolutos em relação à condição padrão

foram menores para o TDR. Os autores afirmaram que os métodos indiretos podem substituir o método padrão quando a acurácia não for essencial, mostrando-se aceitáveis para monitoramento da água no solo.

Para o solo arenoso foi utilizada uma outra coluna, com as características físico-hídricas apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Característica físico-hídrica da coluna de calibração para o solo de textura arenosa

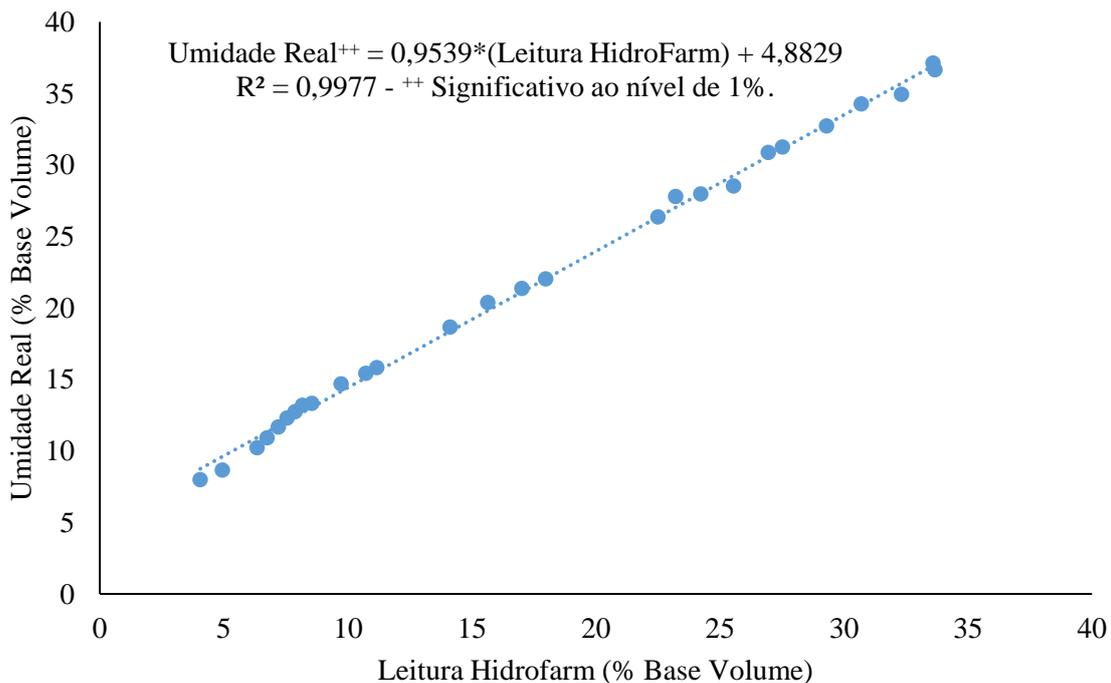
Altura	25,7	Cm
Diâmetro	9,6	Cm
Volume	1860,2	cm <sup>2</sup>
Ms	3564,2	G
Ds	1,92	g cm <sup>-2</sup>

A coluna de solo arenoso utilizada tinha 25,7 cm de altura e 9,6 de diâmetro, totalizando um volume de 1860,2 cm<sup>2</sup>. Após a secagem em estufa determinou-se sua massa de 3564,2 g, que dividida pelo volume resultou na Densidade do Solo de 1,92 g cm<sup>-2</sup>.

Como o solo de textura arenosa possui uma drenagem mais rápida, o sensor não apresentou problemas na leitura inicial partindo do ponto de saturação. Para

esse solo o desvio da leitura do sensor em relação a medida real de umidade foi de cerca de 4%.

Esses dados possibilitaram ajustar uma curva de calibração, que permite corrigir os valores de umidade volumétrica lidos pelo sensor, para os dados de leitura volumétrica medidos na coluna de solo de textura arenosa (Figura 3). Assim, uma equação de calibração foi definida (Equação 3).



**Figura 3.** Curva de calibração para o sensor Hidrofarm em solo de textura argilosa

$$\theta = 0,9539 * (HF_{sand}) + 4,8829 \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

$\theta$  – Umidade com base em volume, %;

$HF_{sand}$  – Leitura do Hidrofarm em solos de textura arenosa.

Resultados semelhantes foram observados por Gomes et al. (2013), quando estudaram a calibração deste mesmo sensor para um Latossolo Vermelho distroférico. Eles encontraram uma correlação de 72% entre a umidade gravimétrica e a umidade medida pelo

## CONCLUSÃO

O sensor Hidrofarm apresenta um desvio sistemático nas leituras para diferentes solos, permitindo assim ser calibrado. O desvio de leitura do sensor para a medida real foi de -8% para o solo

Hidrofarm, sendo ainda, contrária à informação do fabricante, pois o aparelho Hidrofarm apresentou, para as condições do experimento, valores mais próximos de umidade gravimétrica do que de umidade volumétrica.

de textura argilosa e de -4% para o solo de textura arenosa.

## AGRADECIMENTOS

À Fundect pelo aporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 301 p. (FAO. Irrigation Paper, 56).

ALMEIDA, A.S. ARAÚJO, F.S.; SOUZA, G.S. Determinação da curva parcial de retenção de água de um Latossolo Vermelho por tensiometria. **Scientia Plena**, Aracajú, v. 6, n. 9, p. 1-5, 2010.

ALMEIDA, C. A. B. de.; ANTONINO, A. C. D.; PIMENTEL, R. M. M.; LIRA, C. A. B. O.; LIMA, J. R. S. Influência da Densidade na Estimativa da Umidade Volumétrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.5, n.5, p. 1056-1068, 2012.

FALKER. **Hidrofarm – Medidor eletrônico de umidade do solo**. Disponível em <<http://www.falker.com.br/produto-hidrofarm-medidor-umidade.php>>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.

GOMES, E. P.; OLIVEIRA, G. Q.; SCHWERZ, F.; SILVA, P. A.; BISCARO,

G. A.; SANTOS, R. C. Avaliação do medidor eletrônico de umidade do solo “HIDROFARM” em Latossolo Vermelho Distroférico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.1, p. 85 - 90, 2013.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

HILLEL, D. **Solo e água, fenômenos e princípios físicos**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

SILVA, B. M.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; JÚNIOR, J. J. S.; COLOMBO, A.; LIMA, J. M. Acurácia e calibração de sonda de capacitância em Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.2, p.277-286, 2012.

SONCELA, R.; SAMPAIO, S. C.; VILAS BOAS, M. A.; TAVARES, M. H. F.;

SMANHOTTO, A. Construction and calibration of TDR probes for volumetric water content estimation in a distroferic red latosol. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.919-928, 2013.

SOUZA, C. F.; PIRES, R. C. M.; MIRANDA, D. B. de.; VARALLO, A. C. T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. **Irriga**, Botucatu, v.18, n.4, p.597-606, 2013.

SOUZA, E. J. de.; CUNHA, F. F. da.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R. da.; BORGES, M. C. R. Z.; ROQUE, C. G. Métodos para a estimativa da umidade do solo na capacidade de campo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.11, n.1, p.43-50, 2013.

WASS, J. A. SigmaPlot 11: now with total sigmastat integration-imagine my joy as i discovered a complete graphics software package with analytic and presentation tools. **Sci. Comput.** 26, 21, 2009.