



## CALIBRAÇÃO DO SENSOR ECH<sub>2</sub>O, MODELO EC-5 PARA LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Yasmin Marques Pereira<sup>1</sup>, Raiane Ferreira Miranda<sup>1\*</sup>, José Alves Júnior<sup>1</sup>, Derblai Casaroli<sup>1</sup>, Adão Wagner Pêgo Evangelista<sup>1</sup>

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo ajustar uma equação de calibração para o sensor ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5 da Decagon para latossolo vermelho distrófico de textura argilosa. Foram coletadas amostras indeformadas de solo em cilindros ( $\phi = 0,07\text{m}$ ;  $h = 0,15\text{m}$ ) em dois perfis de Latossolo vermelho distrófico, com textura argilosa, nas profundidades de 0-0,50; 0,50-1,00; 1,00-1,50; 1,50-2,00 m. As amostras foram secas em estufa para determinação da densidade, e submetidas a adição gradual de água até saturação. Cada coluna recebeu uma sonda do equipamento para registro do conteúdo de água, e foi pesada para determinação da umidade gravimétrica (padrão). Foi ajustado uma equação de regressão entre a leitura fornecida pelo sensor e o conteúdo de água obtido pelo método gravimétrico (equação específica). Essa equação foi generalizada para estimar o conteúdo de água fornecido pelo sensor no segundo perfil. A validação da equação foi realizada através da análise de regressão e correlação ( $r$ ), como índice de exatidão da estimativa utilizou-se o índice de concordância "d". A utilização da equação generalizada apresentou erro absoluto na estimativa de umidade do solo entre 10,46 – 63,03%, enquanto a calibração específica indicou erro absoluto de 0,03-13,50% entre as profundidades avaliadas.

**Palavras-chave:** Déficit hídrico, manejo da irrigação, umidade gravimétrica

### EC-5 SENSOR CALIBRATION FOR A CLAY RED DYSTROPHIC OXISOL

**ABSTRACT:** The use of moisture sensors has increased by providing the current value of soil water content and allowing the continuous recording of this variation, important information for irrigation management. By determining the water content of the soil indirectly, it is essential to calibrate these sensors. The objective of this study was to adjust a calibration equation for the ECG<sub>2</sub>O sensor, EC-5 model from Decagon to dystrophic red clayey latosol. Undisturbed samples of soil in cylinders ( $\phi = 0.07\text{m}$ ;  $h = 0.15\text{m}$ ) were collected in two profiles of dystrophic red latosol, with clay texture, at depths of 0-0.50; 0.50-1.00; 1.00-1.50; 1.50-2.00 m. The samples were oven dried for density determination and submitted to the gradual addition of water until saturation. Each column received a probe from the equipment for recording the water content, and was weighed for gravimetric (standard) moisture determination. A regression equation was fitted between the reading provided by the sensor and the water content obtained by the gravimetric method (specific equation). This equation was generalized to estimate the water content provided by the sensor in the second profile. The validation of the equation was performed through the regression and correlation ( $r$ ) analysis, as an index of accuracy of the estimation, the concordance index "d" was used. The use of the generalized equation showed an absolute error in the soil moisture estimate between 10.46 - 63.03%, while the specific calibration indicated an absolute error of 0.03-13.50% between the evaluated depths.

**Keywords:** Water deficit, Irrigation management, Gravimetric humidity

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás – UFG - Campus Samambaia, Goiânia, GO. \*E-mail: araianemiranda@gmail.com. Autor para correspondência.

## INTRODUÇÃO

O excesso de água aplicado via irrigação favorece a incidência de pragas e doenças, além de promover perdas de nutrientes do solo por lixiviação (MAGGI et al., 2011; CAMPAGNOL et al., 2014; MENDES et al., 2015). A maior quantidade de chuvas e dias nublados podem afetar a fotossíntese, o arejamento do solo, com consequências na formação das raízes e fixação de nitrogênio (MENDES, 2015).

Por outro lado, o déficit hídrico pode prejudicar severamente o desenvolvimento da planta, que para sua proteção fecha estômatos, reduz a transpiração e taxa fotossintética, além de abortar flores e frutos. Assim, apresenta-se a importância do manejo correto da água na irrigação durante a produção agrícola.

Uma das muitas atuações da pesquisa está na busca para o entendimento mais completo das respostas das plantas ao déficit hídrico. Para isto, necessita-se de um programa amplo e multidisciplinar, buscando um direcionamento para este problema (SANTOS et al., 1998). Neste contexto, o uso de sensores de umidade vem ganhando mercado por fornecer o valor atual de água no solo e permitir o registro contínuo desta variação, utilizado um equipamento de

aquisição de dados, facilitando o manejo da irrigação.

A fabricante Decagon Devices, lançou uma linha de sensores de umidade (ECH<sub>2</sub>O) que informam o teor volumétrico de água no solo, a partir da medição da constante dielétrica do mesmo, funcionando como um capacitor com pratos positivos e negativos, que geram um campo magnético ao redor das sondas. Como as propriedades elétricas variam em função de características de densidade, mineralogia, textura e salinidade do solo, o fabricante fornece equações básicas de calibração para solos minerais, com precisão de  $\pm 3\%$  (DECAGON, 2017<sup>4</sup>). Contudo, quando a calibração é realizada especificamente para o solo onde os sensores serão instalados, a precisão chega a  $\pm 1-2\%$ , sendo indispensável para manejo correto da água na irrigação (DECAGON, 2017).

Dentro deste contexto, buscou-se ajustar uma equação de calibração do sensor ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5 da Decagon para Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, fornecendo subsídio para manejo da irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

---

<sup>4</sup>Disponível em: <<http://www.decagon.com.br/solos/sensores-umidade/ec-5/>>. Acesso em: Jun. 02, 2017.

em:<

O experimento foi conduzido na 16° 47.44' O e 16° 35'45.42" S; 49° 16' 36.99'O) classificadas como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, nas profundidades de 0-0,50; 0,50-1,00; 1,00-1,50 e 1,50-2,00 m. Os atributos químicos dos perfis amostrados são apresentados na Tabela 1.

duas áreas (coordenadas 16° 36'5.03" S; 49°

**Tabela 1.** Atributos do Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa referente aos perfis 1 e 2, localizados na Escola de Agronomia/ Universidade Federal de Goiás.

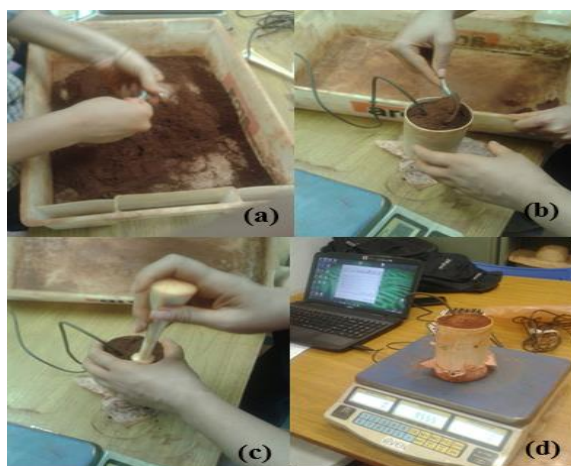
Parâmetros		Perfil 1	Perfil 2
pH	CaCl <sub>2</sub>	5,28	6,16
P	(mg dm <sup>-3</sup> )	0,36	1,20
K	(mg dm <sup>-3</sup> )	12,00	7,40
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,88	0,54
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,23	0,22
H + Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,74	2,38
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00	0,00
CTC	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,88	3,24
M	%	0,00	0,00
V	%	26,32	25,02
M.O	%	0,72	0,70
Ca/Mg	--	3,92	2,84
Mg/K	--	10,22	2,30
Ca/K	--	6,70	6,24
Ca/CTC	--	19,26	16,06
Mg/CTC	--	6,28	6,20
K/CTC	--	0,76	2,74
Areia	%	31	28
Silte	%	23	23
Argila	%	46	49

As amostras foram devidamente identificadas e pesadas após a coleta, em seguida conduzidas a estufa para secagem a 105°C até a obtenção do peso constante (aproximadamente 24 horas). Posteriormente determinou-se a densidade do solo pela relação da massa de solo contida no recipiente, pelo volume do mesmo (Eq. 1):

$$d_s = \frac{M_s}{V_{Solo}} \quad (1)$$

em que:  $d_s$ : densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $M_s$ : massa de solo seco (g) e  $V_{solo}$ : volume de solo contido no cilindro amostrador ( $\text{cm}^3$ ).

Em seguida a amostra de solo foi desestruturada e adicionou-se gradativamente 1  $\text{cm}^3$  de água para cada 10  $\text{cm}^3$  de solo. À medida que se adicionava água a amostra era então homogeneizada manualmente, e em seguida o solo úmido era devolvido ao cilindro e uma nova leitura com o sensor EC-5 era realizada e comparada com o real valor de conteúdo de água no solo indicado pelo método gravimétrico (adotado como padrão) (Figura 1).



**Figura 1.** Procedimentos para calibração do sensor EC-5.

Esse procedimento foi repetido até que a amostra de solo encontrasse em condição de saturação, resultando de cinco a seis pontos de calibração. O mesmo foi repetido para as demais amostras coletadas, resultando uma curva de calibração para cada profundidade amostrada.

As equações ajustadas para o primeiro perfil (equação generalizada) foram aplicadas

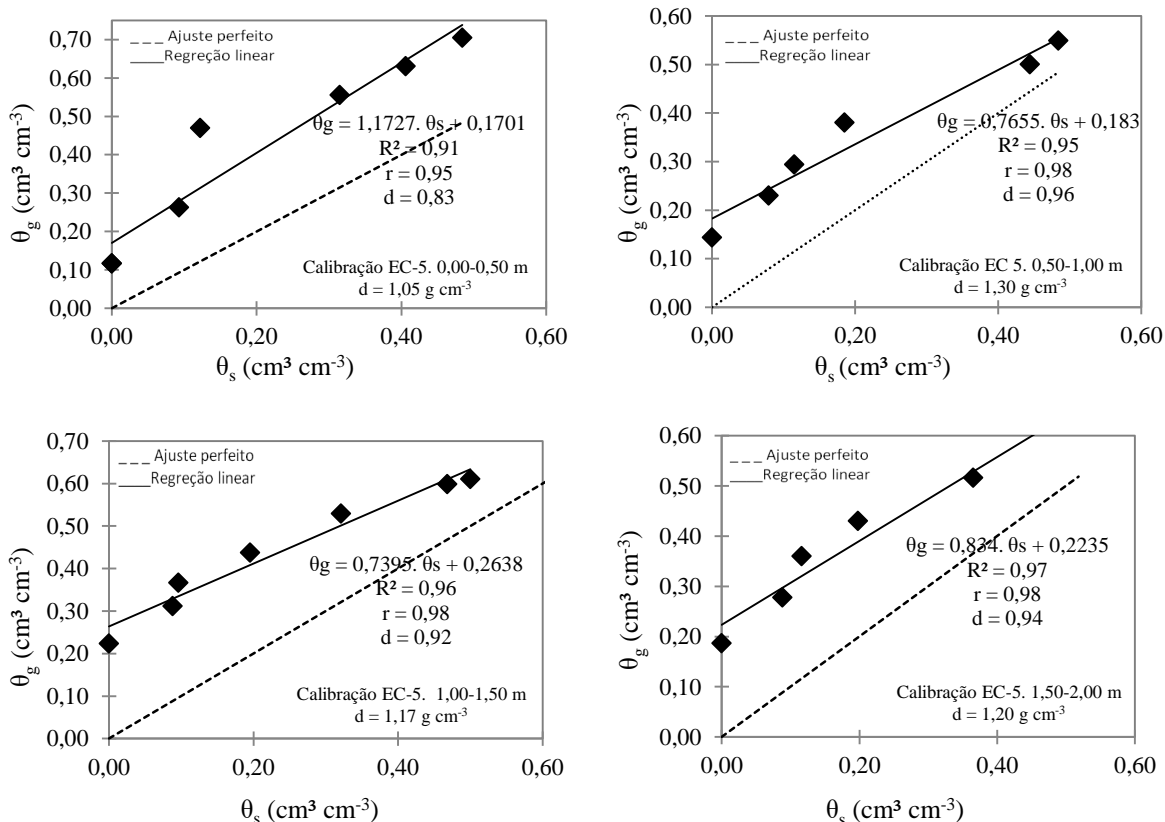
para determinar o conteúdo de água do solo no segundo perfil de Latossolo vermelho distrófico, corrigindo as leituras fornecidas pelo sensor EC-5. Ainda, sim, repetiram-se os mesmos procedimentos supracitados para calibrar o sensor EC-5 (Calibração específica) para o segundo perfil. As duas calibrações foram comparadas como forma de determinar a precisão da equação

generalizada para Latossolo vermelho distrófico.

A validação da calibração foi realizada através da análise de regressão e correlação ( $r$ ), entre os conteúdos de água fornecidos pelo sensor EC-5 e pelo método gravimétrico. Como índice de exatidão da estimativa utilizou-se o índice de concordância “ $d$ ” proposto por Willmott (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

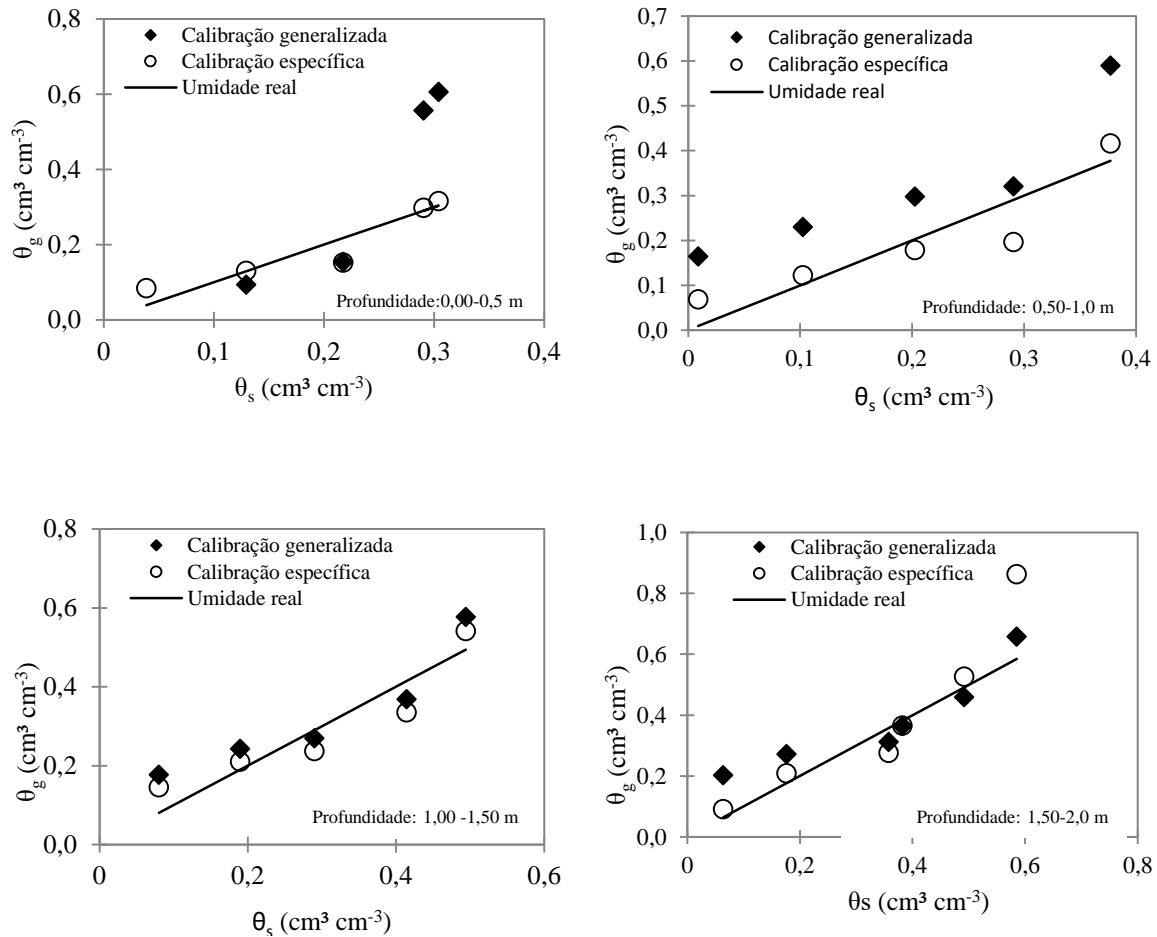
Na figura 2 são apresentados os ajustes das equações para calibração do sensor ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5, para Latossolo vermelho distrófico nas profundidades de 0-0,50; 0,50-1,00; 1,00-1,50 e 1,50-2,00 m para o perfil de solo um. O ajuste das equações apresentou-se satisfatório, apresentando precisão ( $r$ ) superior a 0,9 e acurácia ( $d$ ) superiores a 0,85 para todas as profundidades amostradas.



**Figura 2.** Regressão linear para calibração de sensores EC-5, instalados em Latossolo Vermelho distrófico, nas profundidades de 0,50, 1,00, 1,50, 2,00 m em Goiânia-Go, 2016. Sendo  $\theta_g$ , o conteúdo de água real no solo (método gravimétrico),  $\theta_s$  o conteúdo de água no solo indicado pelo sensor EC-5 e  $d_s$ : densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Perfil 1.

Teoricamente o ajuste acima representaria a equação de calibração para solos classificados como Latossolo vermelho distrófico (Equação generalizada). Assim, as equações foram aplicadas para corrigir a

leitura fornecida pelo sensor ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5 nas amostras de solo do segundo perfil também de Latossolo vermelho distrófico (Figura 3).

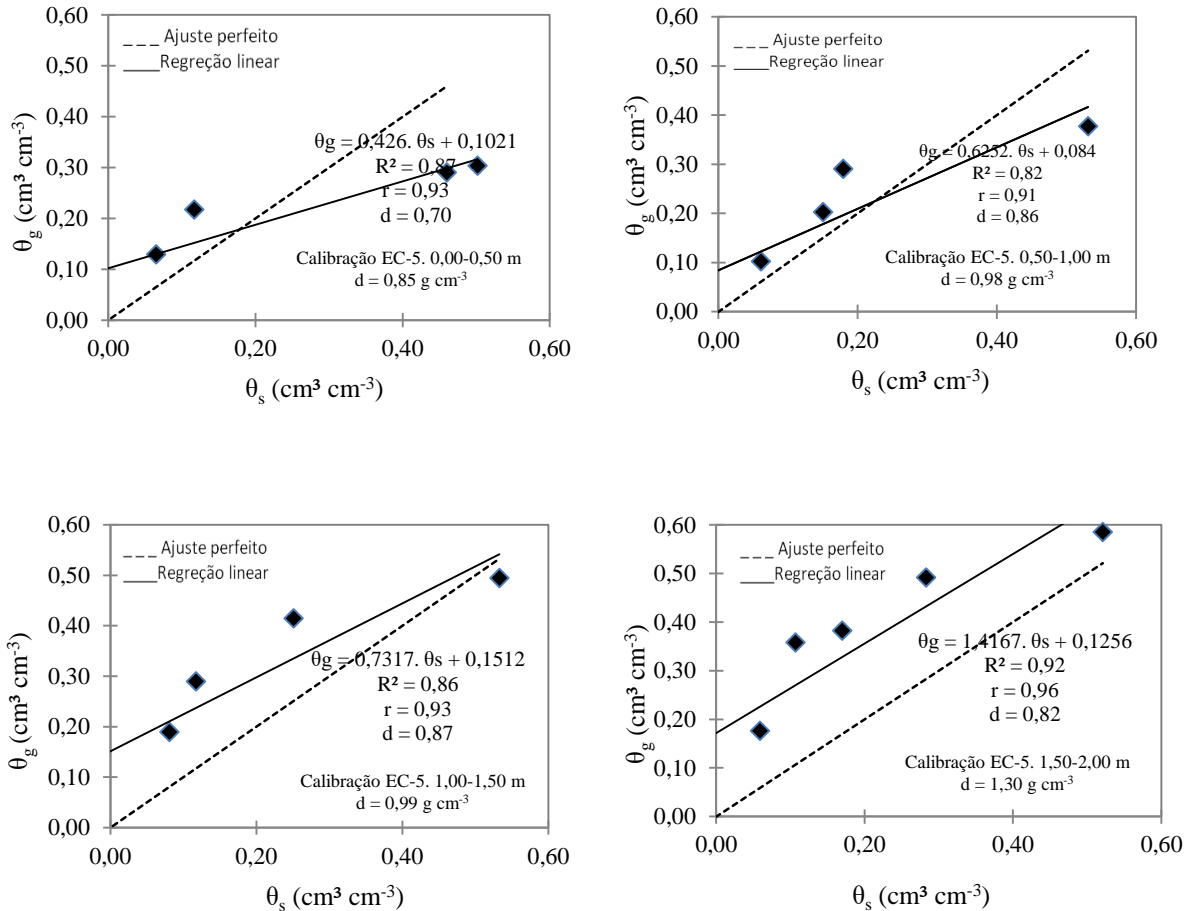


**Figura 3:** Conteúdo de água no solo obtido pela aplicação da equação generalizada para Latossolo vermelho distrófico e calibração específica, nas profundidades de 0,50, 1,00, 1,50, 2,00 m em Goiânia-Go, 2016. Sendo  $\theta_g$ , o conteúdo de água real no solo (método gravimétrico),  $\theta_s$  o conteúdo de água no solo indicado pelo sensor EC-5.

Observou-se que a utilização da equação generalizada proporciona erro absoluto na estimativa de umidade do solo, podendo apresentar valores de: 40,50; 63,03; 11,30 e 10,46 % para as profundidades de 0-0,50; 0,50-1,00; 1,00-1,50; 1,50-2,00 m,

respectivamente. Já a calibração específica (Figura 4), realizada nos mesmos procedimentos descritos para o perfil um apresenta erro absoluto de 0,04; 0,03; 0,05 e 13,50 % para as mesmas profundidades. Análogo ao perfil um, a calibração específica para o segundo perfil de Latossolo vermelho

distrófico, apresentou precisão ( $r$ ) superior a as profundidades amostradas. 0,9 e acurácia ( $d$ ) superiores a 0,7 para todas



**Figura 4.** Regressão linear para calibração de sensores EC-5, instalados em Latossolo Vermelho distrófico, nas profundidades de 0,50, 1,00, 1,50, 2,00 m em Goiânia-Go, 2016. Sendo  $\theta_g$ , o conteúdo de água real no solo (método gravimétrico),  $\theta_s$  o conteúdo de água no solo indicado pelo sensor EC-5 e  $d_s$ : densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Perfil 2.

Observou-se que para cada perfil e profundidade do solo obteve-se uma equação linear que descreve a calibração do sensor em diferentes teores de conteúdo de água para o tipo de solo em estudo (Figuras 3 e 4). Entretanto, mesmo tratando-se da mesma classe de solo o uso de uma equação

generalizada conduz a erros na estimativa do conteúdo de água real no solo.

Este fato pode estar relacionado com a alteração de estrutura do solo ao longo do perfil, presença de raízes, porosidade, condutividade hidráulica ou compactação (PRADO & CARVALHO, 2005). A

densidade do solo ao longo do perfil um variou de 1,05 a 1,30 g cm<sup>-3</sup>, enquanto que no segundo perfil essa variação foi de 0,85 a 1,30 g cm<sup>-3</sup>. Assim, a precisão e acurácia de uma equação geral para calibração do sensor EC-5 depende majoritariamente de características físicas do solo, que da classe do solo como suposto neste estudo, haja vista que estes solos são minerais, homogêneos e com pouca diferenciação entre os horizontes (LEPSCH, 2010), e os menores erros com o uso da equação generalizada foram observados nas profundidades 1,00-1,50 e 1,50-2,00 m, onde foram observadas as menores diferenças de densidade d solo.

Estes valores podem conduzir ao manejo inadequado, podendo indicar a não necessidade de irrigação da cultura, favorecendo ao estresse hídrico da mesma, sendo possível causar alterações na temperatura foliar e no potencial hídrico, quebra da produtividade, redução no crescimento e desenvolvimento da planta e menor produção de biomassa (NOGUEIRA & SANTOS, 2000; CASTRO et al., 2006).

Isto mostra que a calibração é muito específica para os solos em estudo, com isso pode-se inferir que a calibração deve ser realizada inclusive para os mesmos tipos de solos, preferencialmente avaliando várias amostras, visto que sua especificidade não fornece valores eficazes para manejar a

irrigação de solos com mesma classe e similaridade de atributos químicos.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a calibração do sensor ECH<sub>2</sub>O, modelo EC-5, mostrou-se eficiente para Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa, contudo, variações na densidade do solo, podem conduzir a erros com a utilização da equação para o mesmo tipo de solo. Assim, recomenda-se realizar a calibração específica para área e profundidade em que o sensor será instalado, independentemente da classe de solo, assegurando maior precisão e eficiência no manejo da irrigação.

## REFERÊNCIAS

- CAMPAGNOL, R.; OVIEDO, V. R. S. C.; ABRAHÃO, C.; MELLO, C. C.; MINAMI, K. Impactos do nível de irrigação e da cobertura do solo na Cultura do tomateiro. *Revista Irriga*, v. 19, n. 3, p. 345-357, 2014.
- CASTRO, C.; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F.; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n.2, p. 214-2220, 2006.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos** (2. ed.) São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 170-177, 2011.
- MENDES, W. C.; ALVES JÚNIOR, J.; CUNHA, P. C. R.; SILVA, A. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. Lixiviação de nitrato em função de lâminas

de irrigação em solos argiloso e arenoso. **Revista Irriga**, v. 1, n. 2, p. 47-56, 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

PEREIRA, D. R.; YANAGI, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, 2009.

PRADO, H., CARVALHO, J. P. (2005). **Pedologia fácil**. Disponível em: <<http://www.pedologiafacil.com.br/enquetes/enq22.php>> Acesso em: 08/07/2017.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.