

## CALIBRAÇÃO DE SENSORES ELETRÔNICOS E PARÂMETROS DE TRANSPORTE DO ÍON POTÁSSIO

JOÃO V. M. NICOLETTI<sup>1</sup>, EMILY A. LEITE<sup>2</sup>, LUCAS A. CRUDO<sup>3</sup>, THAIS G. P. AVANCINI<sup>4</sup>, GUSTAVO DE C. CARVALHO<sup>5</sup>, JARBAS H. DE MIRANDA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, Fone: (15) 99664 - 9136, [jvnicoletti@usp.br](mailto:jvnicoletti@usp.br)

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, Fone: +44 7562- 017581, [emily.leitee@usp.br](mailto:emily.leitee@usp.br)

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Agrônômica, Centro Universitário FACENS, Sorocaba - SP, [lucascrudo@uol.com.br](mailto:lucascrudo@uol.com.br)

<sup>4</sup> Professora Centro Universitário FACENS, Sorocaba - SP, Fone: (19) 98183-1618, [thais.avancini@facens.br](mailto:thais.avancini@facens.br)

<sup>5</sup> Professor Centro Universitário FACENS, Sorocaba - SP, [gustavo.carvalho@facens.br](mailto:gustavo.carvalho@facens.br)

<sup>6</sup> Professor Associado, ESALQ/USP, Piracicaba - SP, Fone: (19) 99155-1518, [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

**RESUMO:** A disponibilidade e gestão sustentável da água está dentre os objetivos do desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) e segundo dados do Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) a agricultura é responsável pelo consumo de 70% da água no planeta. Atualmente, o sistema de monitoramento da umidade do solo é realizado de maneira morosa e de elevado custo financeiro. O objetivo da pesquisa foi realizar um estudo para calibrar alguns sensores da plataforma multi-sensor “*Smart Agriculture Xtreme Sensor Node*” para obtenção de valores de umidade do solo, bem como, realizar para o mesmo solo, um estudo sobre a dinâmica do íon potássio. Para a calibração foram utilizados três solos distintos e para o estudo da dinâmica de potássio, utilizou-se um solo representativo da área da Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS). Foi possível observar que a plataforma multi-sensor obteve desempenho satisfatório frente às metodologias convencionais, estando apta à modelagem e predição de variáveis, devido a uma maior frequência de aquisição de dados maior e o íon potássio teve o seu efeito adsorptivo pelo solo apresentado pelos seus parâmetros de transporte.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura digital, umidade do solo, dinâmica de nutrientes

## CALIBRATION OF ELECTRONIC SENSORS AND POTASSIUM TRANSPORT PARAMETERS

**ABSTRACT:** The availability and sustainable management of water is among the goals of sustainable development of the United Nations (UN) and according to data from the United Nations Food and Agriculture Fund (FAO) the agriculture is responsible for consuming 70% of the water on the planet. Currently, the soil moisture monitoring system is carried out in a time-consuming and costly manner. The objective of this research was to perform a study to calibrate some sensors of the multi-sensor platform "Smart Agriculture Xtreme Sensor Node" to obtain soil moisture values, as well as evaluate the dynamics of the potassium ion for the same soil. For the calibration three different soils were used and for the study of potassium dynamics, a soil representative of the area of the Faculty of Engineering of Sorocaba (FACENS) was selected. It was possible to observe that the multi-sensor platform obtained satisfactory performance compared to conventional methodologies, with some advantage of the modeling and prediction of variables, due to a higher frequency of data acquisition and the potassium ion had his adsorptive effect by the soil presented by the transport parameters.

**KEYWORDS:** digital agriculture, soil moisture, nutrient dynamics

**INTRODUÇÃO:** A agricultura mobiliza cerca de 70% dos recursos hídricos em escala global (PARRIS, 2010) e seu destino está, em sua maioria, atrelado ao aumento da utilização de técnicas de irrigação, além da possibilidade da ocorrência de poluição/contaminação de recursos hídricos (KARANDISH e ŠIMŮNEK, 2016). A mensuração do conteúdo de água no solo é essencial levando em conta a latente busca pela sustentabilidade, crescente demanda por alimentos e diminuta oferta de recursos hídricos (SEPASKHAH E AHMADI, 2012). Outro aspecto é o correto entendimento das interações de solo-nutrientes. Em relação ao aspecto de fertilidade, a água é o veículo de absorção dos nutrientes que são liberados da fase sólida e funciona como reservatório de nutrientes para às plantas. Os cátions, íons eletricamente carregados de cargas positivas como potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e nitrogênio da amônia ( $NH_4^+$ ) são atraídos e retidos na superfície de colóides do solo de modo semelhante à um ímã (MALAVOLTA, 1989). Com o avanço da tecnologia aplicada ao agronegócio, bem como a grande efervescência da agricultura digital, surge como alternativa a utilização de sensores proximais para mensuração de parâmetros do solo dentre eles, a umidade do solo. A empresa Libelium desenvolveu uma plataforma multi-sensores denominada “*Smart Agriculture Xtreme Sensor Node*”. Nesse contexto o objetivo dessa pesquisa foi calibrar sensores da marca Libelium para obtenção de valores da umidade do solo e verificar a dinâmica do íon potássio, mediante a elaboração de Breakthrough Curves, visando a obtenção de parâmetros de transporte para o solo representativo da FACENS (denominado Solo 2).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado junto ao Laboratório de Física de Solo do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) situada na cidade de Piracicaba/SP (22° 43’ 33” de latitude sul e 47° 38’ 00” de longitude oeste, com 511 m de altitude) em parceria com a Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS). A coleta de solo foi realizada em três localidades diferentes visando prover ao experimento maior diversidade de tipos de solo (Solo 1, 2 e 3). Os solos foram peneirados em malha de 0,005 x 0,005, e feita a análise granulométrica (Tabela 1) e química (Tabela 2). Para a primeira mensuração da plataforma de sensores foi necessária uma calibração prévia, então foi realizado (pelo método gravimétrico) a medição do peso, registro e secagem da amostra úmida (capacidade de campo).

TABELA 1. Análise granulométrica dos solos utilizados no experimento

Solo	Argila	Silte	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina
	<0,002mm	0,053-0,002mm		2,00-0,210mm	0,210-0,053mm
-----g/kg-----					
Solo 1	203	27	770	380	390
Solo 2	133	110	757	219	538
Solo 3	381	209	410	170	240

TABELA 2. Análise química dos solos utilizados no experimento

Solo	-----Elementos-----													
	pH	M.O (g/dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	resina	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S. B.	CTC	V%	Al%	S-SO <sub>4</sub>
	Ca	Cl <sub>2</sub>	-----mmolc/dm <sup>3</sup> -----											
Solo 1	5,8	8	8	4,9	18	8	13	0	31	44	70	0	116	
Solo 2	5,1	46	55	4,4	85	14	38	0	103,4	141,4	73	0	-	
Solo 3	6,0	10	7	1,6	36	8	16	0	46	62	74	0	120	

Visando a obtenção dos parâmetros de transporte do íon potássio, foram elaboradas, para o solo da Facens, em laboratório, as Breakthrough Curves (BTC's). Com os dados de coleta dos efluentes, aplicou-se o software STANMOD (versão 2.2.) (ŠIMŮNEK, 1999), através do código CFITIM foram determinados os parâmetros de transporte, retardamento, número de Peclet, dispersão e dispersividade das amostras. De posse de tais dados foi possível modelar/elaborar as Breakthrough Curves.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os sensores da Libelium foram calibrados para a obtenção dos valores de umidade do solo, com base em massa ( $U$ ,  $g_{\text{água}} g_{\text{solo}}^{-1}$ ), em relação aos três tipos de solo. Foram realizados registros automáticos pela balança eletrônica, obtendo valores a respeito da quantidade de massa de água evaporada a partir da amostra de solo, ao longo do tempo e elaboradas as curvas de calibração (Figura 1).

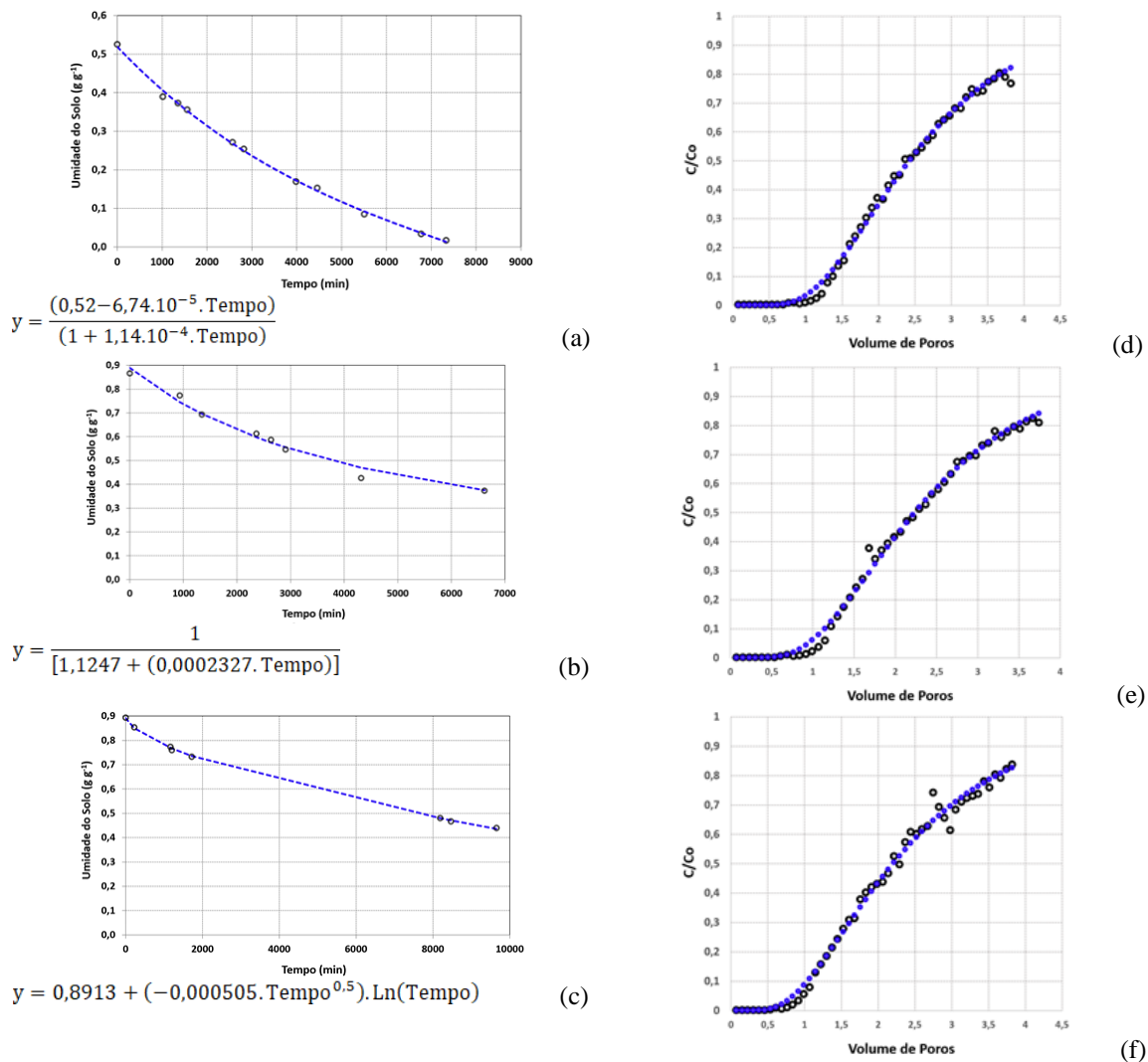


FIGURA 1. Curvas de calibração dos solos 1, 2 e 3 (a, b e c) e Breakthrough Curves (BTC's) (d, e, f) para o solo da área da Facens em relação ao íon potássio (solução de 1000 ppm).

Ainda visando analisar o deslocamento de íons (potássio), para o solo Facens foi realizado o ajuste numérico através de *Breakthrough Curves* (BTC's) utilizando-se o modelo STANMOD (STudio of ANalytical MODels) (Figura 1).

Pelos valores dos parâmetros obtidos (Tabela 3), pode-se verificar que o íon potássio apresentou uma certa retenção, principalmente na camada superficial do solo. Segundo

Wierenga (1989), se não há nenhuma interação entre o soluto e o solo, o fator de retardamento apresenta valor 1,0. Em alguns casos, o valor de “R” pode se tornar menor que 1,0, indicando que somente uma fração da fase líquida participou do processo de transporte (Wierenga & van Genuchten, 1989). Esse pode ser o caso quando o elemento químico está sujeito à exclusão aniônica ou quando relativamente água imóvel está presente e que não participam do processo de transporte.

TABELA 3. Parâmetros de transporte do íon potássio para o solo de área da Facens, ajustados numericamente pelo modelo STANMOD

Solo Facens	Parâmetros de Transporte de Solutos (Potássio)			
	v (cm min <sup>-1</sup> )	D	R	P (Peclet Number)
Repetição 1	0,6419	1,6021	2,3950	7,2519
Repetição 2	0,6420	1,8601	2,2810	6,9023
Repetição 3	0,6419	2,6572	2,1483	4,8317

\* v = velocidade da água no poro, D = coeficiente de dispersão, R = fator de retardamento, P = Peclet number.

**CONCLUSÕES:** Diante resultados obtidos e em concordância com os pontos supracitados é notória a aptidão da plataforma multi-sensores “Smart Agriculture Xtreme Sensor Node” em mensurar parâmetros físico-hidrológicos do solo (em particular umidade e temperatura), evidenciada pela pequena diferença frente a metodologia convencional. O íon potássio apresentou o efeito adsorativo, com valores de fator de retardamento que representaram esse efeito.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS) pelo apoio técnico e financeiro à pesquisa e à ESALQ/USP pelo suporte de laboratórios e técnicos para a realização dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS:

KARANDISH, Fatemeh; ŠIMŮNEK, Jiří. A comparison of numerical and machine-learning modeling of soil water content with limited input data. *Journal of Hydrology*, v. 543, p. 892-909, 2016.

MALAVOLTA, E. Função dos nutrientes na planta e qualidade dos produtos agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1, Ilha Solteira, 1989. Anais, Ilha Solteira, FEIS/UNESP/ANDA/POTAFOS, 1989. 42p.

PARRIS, Kevin. Sustainable management of water resources in agriculture. OECD Publishing, 2010.

SEPASKHAH, A. R.; AHMADI, S. H. A review on partial root-zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*, v. 4, n. 4, p. 241-258, 2012.

ŠIMŮNEK, J.; van GENUCHTEN, M.T.; SEJNA, M.; TORIDE, N.; LEIJ, F.J. The STANMOD computer software for evaluating solute transport in porous media using analytical solutions of convection-dispersion equation. Riverside: USDA, U.S. Salinity Laboratory, 1999. 32 p.

WIERENGA, P. J. AND M. TH. van GENUCHTEN. 1989. Solute transport through small and large unsaturated soil columns. *Ground Water* 27( 1):35-42.