

VARIAÇÃO DA RESPOSTA DE UM MODELO PARA ESTIMATIVA DE POTÁSSIO NA SOLUÇÃO DO SOLO COM O TEMPO

MARCOS DE S. CAMPOS¹, EUGENIO F. COELHO², LAINA DE A. QUEIROZ³,
BENEDITO R. DE OLIVEIRA⁴

¹ Doutorando, Engenharia Agrícola, UFRB. Cruz da Almas – BA. Email: marcosscafersa@hotmail.com.

² Doutor, Pesquisador, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Cruz da Almas – BA. Email: eugenio.coelho@embrapa.br

³ Graduando em Agronomia/UFRB. Cruz da Almas – BA. Email: lainadandrad@hotmail.com.

⁴ Graduando em Agronomia/UFRB. Cruz da Almas – BA. Email: benedito.ta@hotmail.com.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A fertirrigação é uma técnica que está em expansão nas áreas irrigadas devido a economia de mãos de obra e o parcelamento das doses de nutrientes. A aplicação de fertilizantes por fertirrigação tem a sua dinâmica no solo diferenciada daquela referente a aplicação convencional, o que pode alterar de forma diferenciada os atributos químicos do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta de um modelo matemático para estimativa da concentração de potássio na solução do solo e a validade desse modelo com o tempo. O experimento foi realizado em campo em solo Franco Argilo-arenoso. A estimativa da concentração de potássio foi pelo modelo de Vogeler et al. 1996. O modelo ajustado a uma série de dados mostrou um bom desempenho para as estimativas em curtos intervalos de tempo com valor da raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE) de 1,50 e 9,80 mg L⁻¹. O modelo estima bem a concentração de potássio na solução do solo, no entanto, deve ser ajustado para todas as concentrações possíveis de ocorrerem na solução do solo durante o ciclo da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Umidade, condutividade elétrica, TDR

VARIATION OF RESPONSE OF A MODEL FOR POTASSIUM ESTIMATION IN SOIL SOLUTION WITH TIME

ABSTRACT: Fertigation is a technique that is expanding in irrigated areas due to labor savings and the splitting of nutrient doses. The application of fertilizers by fertigation has its soil dynamics differentiated from that one of conventional application. This might change chemical soil attributes. The objective of this work was to evaluate the response of a mathematical model to estimate the concentration of potassium in the soil solution and the validity of this model along time. The experiment was carried out in the field on a clay loam sandy soil. The estimation of the potassium concentration was done by the model of Vogeler et al. 1996. The model showed a good performance for short time estimates with square root mean square error (RMSE) of 1.50 and 9.80 mg L⁻¹. The model estimates well the concentration of potassium in the soil solution; however, it should be adjusted for all concentration possible to occur during in soil solution during crop cycle.

KEYWORDS: Moisture, electrical conductivity, TDR

INTRODUÇÃO: A técnica da fertirrigação encontra-se em expansão nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro, principalmente com a irrigação localizada, uma vez que aplica-se os fertilizantes juntamente com a água de irrigação aumentando assim a eficiência de aplicação, além dessa vantagem uma outra é a diminuição da mão de obra e a possibilidade parcelamento das doses de nutrientes de acordo com a necessidade da planta durante o ciclo (TEIXEIRA et al., 2011; COELHO et al., 2014). No entanto, ainda é necessário mais estudos sobre o manejo da fertirrigação devido os riscos de salinização do solo e contaminação do lençol freático pela lixiviação de nutrientes no perfil. Assim, a obtenção da concentração dos nutrientes no solo em um menor intervalo de tempo pode possibilitar melhorar o manejo de aplicação dos fertilizantes, pois os métodos tradicionais de análise de solo demandam tempo para obtenção dos resultados além de recursos o que pode comprometer a

busca por um manejo de aplicação de nutrientes mais adequados. O uso da Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) para estimar condutividade elétrica da solução do solo (CEw) a partir da umidade do solo (θ) e da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) vem sendo desenvolvida por vários autores (DALTON et al., 1984; NADLER et al., 1991; VOGELER et al., 1996; MUÑOZ-CARPENA et al., 2001; HEIMOVAARA et al., 2004). Os modelos adaptados como o de Vogeler et al. (1996) para estimativa da concentração de íons no solo a partir de θ e CEa tem sido usado (ANDRADE NETO et al., PONCIANO, 2012), mas há necessidade de viabilizar o uso prático desses modelos. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta de um modelo matemático para estimativa da concentração de potássio na solução do solo e a validade desse modelo com o tempo.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no Campo experimental da EPAMIG Minas Gerais na umidade Norte/ MG. O solo é classificado como Franco Argilo-arenoso com as seguintes características físicas: areia total 483 g kg⁻¹; silte 234,0 g kg⁻¹ e argila 283,0 g kg⁻¹ e a densidade de 1,71 kg dm³. Os atributos químicos do solo foram: pH de 6,34; 11,14 mg dm⁻³ de P; 0,92 cmol_c dm⁻³ de K; 2,54 cmol_c dm⁻³ de Ca; 0,90 cmol_c dm⁻³ de Mg; 3,44 cmol_c de Ca + Mg; 0,07 cmol_c dm⁻³ de Na; 2,13 cmol_c dm⁻³ de H + Al; 6,26 cmol_c dm⁻³ de CTC e 67% de V. A cultura foi a bananeira cultivar “Grande Naine”. As sondas foram instaladas a 0,30 m e 0,60 m de profundidade, os extratores de solução foram instalados ao lado das sondas a 0,05 m das sondas nas profundidades de 0,30 e 0,60 m respectivamente. A TDR100 foi conectada ao datalogger e por meio de um display as leituras de umidade no solo e CEa foram realizadas com intervalos de uma hora antes e após uma fertirrigação, foram realizadas três leituras até a coletada solução do solo com extratores três horas após a fertirrigação. Em seguida as amostras de solução foram levadas para o laboratório e irrigação da Embrapa onde foi realizada a medição da condutividade elétrica com condutivímetro de mesa e no laboratório de análise de solo e planta foi realizado a leitura de potássio num fotômetro de chama. Na parametrização do potássio foi utilizado o modelo de Vogeler et al. (1996) adaptado para estimativa da concentração de potássio como função de CEa e umidade do solo, conforme a equação (1). O modelo foi ajustado nas datas 29/04/2015 e 09/06/2015 e avaliado com dados observados de umidade, CEa de duas datas quanto na série de dados de cada data específica. A validação do modelo foi pelos coeficientes estatísticos MEN (média dos erros normalizados) RMSE (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros), “d” (índice de concordância de Willmot) e o R² (coeficiente de determinação) e eficiência do modelo (EF).

$$K = \left\{ \frac{1}{\alpha} \left[\frac{CE_a - (a\theta - b)}{c\theta - d} \right]^\mu \right\}^{\frac{1}{\mu}} \quad (1)$$

em que,

K - concentração de potássio (mgL⁻¹)

a, b, c, d, α e μ - são os parâmetros de ajuste do modelo adaptado

CEa - condutividade elétrica aparente do solo

θ - umidade do solo

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na (Tabela 1) são apresentados os parâmetros de ajuste da adaptação do modelo de Vogeler et al. (1996) para estimativa da concentração de potássio no solo a partir da umidade do solo e da CEa.

TABELA 1. Parâmetros de ajuste do modelo de Vogeler et al. (1996) adaptado para estimativa da concentração de potássio a partir CEa e umidade do solo.

Data	Variável	Parâmetros de ajuste ¹					
		a	B	c	d	μ	α
29/04/2015	K ⁺	1,02E+04	-6,49E+02	-8,55E+04	-1,18E+04	2,24	1,92E-03
09/06/2015	K ⁺	-1,04E+05	-5,33E+04	-1,03E+05	2,00E+04	1,14	9,67E-03

Observa-se na (Tabela 2) a partir dos coeficientes estatísticos que o ajuste do modelo para a estimativa de potássio foi satisfatório, isso pode ser devido carga positiva do íon, uma vez que as

variações da sua concentração no solo afete de forma mais significativa a condutividade elétrica do solução do solo. Os valores dos coeficientes estão de acordo com os encontrados por Santana et al. (2007) que observaram $D = 0,93$ e $0,93$, assim como $R^2 = 0,79$ e $0,79$ respectivamente, assim como são corroborados por Ponciano (2012) e Andrade Neto et al. (2012).

TABELA 2. Indicadores estatísticos de precisão e acurácia do ajuste do modelo de Vogeler et al. (1996) adaptado para estimativa da concentração de potássio.

Datas	Variável	Coeficientes ²				
		D	MEN	RMSE (mg L ⁻¹)	EF	R ^{2a}
29/04/2015	K ⁺	0,90	1,41	1,48	0,98	0,98
09/06/2015	K ⁺	0,88	1,53	1,94	0,99	0,99

A aprovação da estimativa do teor de K⁺ na solução do solo ao longo do ciclo da banana foi pelo modelo de Vogeler et al. (1996) adaptado para estimativa de íons como o potássio (Tabelas 3). O modelo foi ajustado nas datas 29/04/2015 e 09/06/2015 para as quais a concentração de potássio medido na solução do solo variou de 27 a 148 mg L⁻¹ e de 44 a 86 mg L⁻¹ respectivamente. Para o modelo de Vogeler et al. (1996) adaptado avaliado com dados das duas datas, observa-se pelo teste t que não houve diferença entre as médias observadas e as estimadas, exceto para a estimativa dos dados formados pela serie referente a data 29/04/2015 que houve diferença significativa entre as médias observadas e as estimadas (Tabela 3), a RMSE pode ser aceitável para as condições de campo somente para as estimativas em que o teste t não apresentou diferença significativa.

TABELA 3. Médias das concentrações de potássio (mg L⁻¹) observadas e estimadas em apenas uma série de dados das datas 29/04/2015 e 09/06/2015 em uma série de dados em cada data especifica 29/04/2015 e 09/06/2015 pela aplicação do modelo de Vogeler et al. (1996) ajustado em uma única data.

Modelo Vogeler et al. (1996) ajustado para as datas					
29/04/2015			09/06/2015		
Medida	Estimadas	RMSE (mg L ⁻¹)	Medidas	Estimadas	RMSE (mg L ⁻¹)
34,81 B ¹	42,28 B	13,28	34,81 B	30,02 B	9,80
30,38 B ²	44,48 A	18,14	30,38 B	30,37 B	1,50

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste T a 5% de probabilidade

¹Avaliação do modelo nas três datas formando uma única serie de dados.

²Avaliação do modelo nas datas 29/04/2015 e 09/06/2015 formando uma única serie de dados

CONCLUSÕES: O modelo estima com acurácia a concentração de potássio na solução do solo ao longo do tempo, deve ser ajustado para todas as concentrações possíveis de ocorrerem na solução do solo durante o ciclo da cultura. É preciso fazer mais de uma parametrização para acompanhar a disponibilidade de nutrientes no solo durante o ciclo.

AGRADECIMENTOS - A FAPESB pela concessão da bolsa, a Embrapa Mandioca e Fruticultura e a EPAMIG Unidade Norte em Minas Gerais pelo apoio financeiro e campus para execução do experimento.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, T. M. A.; COELHO, E. F.; SANTANA, J. A. V.; JÚNIOR, E. B. S.; ALVES, M. S. Potassium estimation in the soil solution based on electrical conductivity and soil water content. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p. 618-623, 2012.

COELHO, E. F.; COSTA, F. S.; SILVA, A. C. P.; CARVALHO, G. C. Concentração de nitrato no perfil do solo fertigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n.3, p.263–269, 2014.

DALTON, F. N., HERKELRATH, W. N.; RAWLINS, D. S.; RHOADES, J. D. Time domain reflectometry: Simultaneous in-situ measurement of soil water content and electrical conductivity with a single probe. **Science**, n. 224, p.989-990, 1984.

HEIMOVAARA, T. J.; HUISMAN, J. A.; VRUGT, J. A.; BOUTEN, W. Obtaining the spatial distribution of water content along a TDR probe using the SCEM-UA bayesian inverse modeling scheme. **Soil Science Society of America**, v. 3, p.1128 -1145, 2004.

MUÑOZ-CARPENA, R.; REGALADO, C. M.; ALVAREZ-BENEDÍ, J.; SOCORRO, A. R.; PÉREZ, N. Determinación simultánea mediante TDR del transporte de agua y um soluto salino em el suelo. In: López, J. J. e Quemada, M. ed. V, Temas de Investigación en Zona no Saturada. Universidade Pública de Navarra, Pamplona, p. 1-7. 2001.

NADLER, A.; DASBERG, S.; LAPID, I. Time domain reflectometry of water content and electrical conductivity of layered soil columns. **Soil Science Society of America Journal**, n.55, p. 938-943, 1991.

PONCIANO, I. M. Aplicação de reflectometria no domínio do tempo (TDR) na estimativa da condutividade elétrica da solução do solo e de concentração de nitrato, potássio e cloreto em coluna de solo não saturado. Dissertação de Mesterado, Piracicaba: ESALQ, 2012.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E.V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira Sob irrigação e fertirrigação. **Revista brasileira de Fruticultura**, Vol. 33, p. 272-278, 2011.

VOGELER, I.; CLOTHIER, B. E.; GREEN, S. R.; SCOTTER, D. R.; TILLMAN, R. W. Characterizing water and solute movement by TDR and disk permeametry. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 5-12, 1996.