

AVALIAÇÃO DE MODELO NÃO LINEAR NA ESTIMAÇÃO DE POTASSIO NO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO SOB FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

T. M. de Andrade Neto¹; E. F. Coelho; D. L. Barros.

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar e validar modelo de estimação do teor de potássio como função da condutividade elétrica aparente (CEa), da umidade do solo (θ) e da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEex). O modelo foi testado no experimento com três fontes potássicas (nitrato de potássio, cloreto de potássio e sulfato de potássio). Foram monitorados: a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, teor de K^+ na solução do extrato de saturação do solo ao longo do tempo. Os diferentes tratamentos apresentaram efeito direto no ajuste do modelo aos dados de CEex e potássio. A estimação do teor de potássio pelo modelo não foram consideradas similares aos valores medidos, pelo teste de Mayer et al. (1994). Os parâmetros da equação (3) foram diferentes para as diferentes fontes aplicadas. Pode-se inferir que o modelo não prevê com equivalência os valores estimados de potássio em relação aos valores observados ($\alpha=0,05$). A RMSE referente às fontes potássicas variaram de 5,33 a 9,59 mg L⁻¹, nas estimações de potássio.

Palavras-Chave: Condutividade elétrica do extrato de saturação; modelagem, fertirrigação

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate and validate the estimation model potassium content as a function of apparent electrical conductivity (ECw), soil moisture (θ) and electrical conductivity of soil saturation extract (ECex). The model was tested in the experiment with three potassic sources (potassium nitrate, potassium chloride and potassium sulfate were monitored: Electric conductivity of the saturation extract of the soil content of K^+ in the solution of the saturation extract of the soil along the time. Different treatments had direct effect in model fit the data ECex and potassium. Estimating the potassium content of the model were not considered similar to the values measured by the test of Mayer et al. (1994). Parameters of the equation (3) were different for the different sources applied. it can be inferred that the model does not provide equivalence with the estimated values of potassium in relation to

¹Eng. Agrônomo, Doutor em Ciências Agrárias UFRB/Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - BA, Fone: (075) 3312-8021, andradeneto@hotmail.com; ²Pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura, Departamento de Irrigação, Cruz das Almas-BA ³ Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo Baiano, UFRB, Cruz das Almas, BA.

the observed values ($\alpha = 0.05$). Relating to potassic the RMSE ranged from 5 sources, 33 to 9.59 mg L⁻¹, the estimations of potassium.

Keywords: Electrical conductivity of the saturation extract; modeling, fertigation

INTRODUÇÃO

A utilização do extrato de saturação pode servir como ferramenta de análise da condição iônica no solo. O extrato de **saturação** é obtido por meio de uma pasta de **solo** saturado (UNITED STATES 1954). Trata-se de um método laboratorial considerado de referência para determinação da condutividade elétrica do solo, contudo, é subjetivo, demanda tempo e exige infraestrutura laboratorial, limitando o número de determinações (QUEIROZ et al. 2005). O uso sustentável dos recursos naturais solo e água em áreas submetidas à fertirrigação, em primeiro lugar, carece do conhecimento da dinâmica dos íons no solo ao se fazer uma adubação via água de irrigação.

Com o auxílio da TDR esse monitoramento pode ser feito com maior sucesso, pois o equipamento pode, ao mesmo tempo, determinar, numa dada posição do solo, o teor de água e a condutividade elétrica aparente (CEa), o que abre a possibilidade de realização de estimativas sobre a condutividade elétrica da solução do solo (CEw), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEex) e a concentração de um dado nutriente aplicado (Ci). A literatura tem apresentado trabalhos com uso de modelos matemáticos, entre eles: Andrade Neto et al. (2012).

Objetivou-se com este trabalho foi avaliar e validar modelos de estimativa dos teores de potássio como função da condutividade elétrica aparente (CEa), da umidade do solo (θ) e da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEex).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado numa área experimental do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura. O solo é um Latossolo Amarelo Distrófico de textura média. A cultivar de bananeira utilizada para o estudo foi a 'Grande Naine', no espaçamento de 2,5 x

2,5m. Irrigado por gotejamento com dois gotejadores por planta. Os tratamentos consistiram na utilização de três fontes de fertilizantes potássicas (nitrato de potássio, cloreto de potássio e sulfato de potássio).

Os dados de CEa e umidade como média dos dados coletados entre cada sucção e retirada de solução, os dados de CEex e do teor de potássio da solução do extrato de saturação do solo foram relacionados por meio de modelo matemático. Utilizou-se do modelo de Vogeler et al. (1996) para estimativa de CEex como função de CEa e umidade, conforme a equação (1):

$$CE_{ex} = \frac{CE_a - (a\theta + b)}{c\theta - d} \quad (1)$$

onde:

CEex – Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m⁻¹);

CEa – Condutividade elétrica aparente do solo (dS m⁻¹);

θ – Umidade do solo (cm³ cm⁻³);

a, b, c e d são os parâmetros da equação de Vogeler et al. (1996).

Os dados dos íons e CEex foram relacionados por uma função afim e por uma função potencial de forma a explicitar CEex como função do íon. Os modelos foram comparados para escolha do melhor desempenho, como exemplo segue-se o modelo potencial na forma:

A combinação da equação (1) com o modelo potencial resultou na equação (3):

$$Ci = \left\{ \frac{1 [CE_a - (a\theta - b)]}{\alpha (c\theta - d)} \right\}^{\frac{1}{\mu}} \quad (2)$$

CEa – Condutividade elétrica aparente do solo (dS m⁻¹);

Ci = Teor do íon (mg L⁻¹);

θ – Umidade do solo (cm³ cm⁻³);

a, b, c, d, α e μ - Parâmetros da equação.

Os indicadores estatísticos MEA (média dos erros), RMSE (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros) e o R² (coeficiente de determinação) foram utilizados na avaliação dos modelos abordados. O RMSE indica a diferença relativa, em % e/ou na unidade em estudo, entre os valores estimados e medidos. Os valores medidos e estimados de potássio foram comparados com base no ajustamento pelo método de MAYER et al. 1994.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de Vogeler et al. (1996) foi ajustado aos dados de CE_{ex} como função de CE_a e umidade (θ), explicando 55%, 61% e 69% das variações em CE_{ex} devidas as variações de CE_a e θ , para as fontes de nitrato de potássio, sulfato de potássio e cloreto de potássio, respectivamente (Tabela 1). Os resultados encontrados diferem dos obtidos por Santana et al. (2007). O modelo de Vogeler et al. (1996) obteve ajustes de 71% e 70% da condutividade elétrica do extrato de saturação em função da umidade e condutividade elétrica aparente do solo, respectivamente para ureia e nitrato de cálcio. Em termos gerais as fontes potássicas: nitrato de potássio, sulfato de potássio e cloreto de potássio, não resultaram em efeitos significativos pelo teste de Mayer et al. (1994), os quais foram respectivamente (P=0,0967; 0,1164 e 0,0536) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros resultantes dos ajustes do modelo de Vogeler et al. (1996) aos dados de CE_a como função de CE_{ex}, θ para as diferentes fontes fertilizantes.

Fontes	Parâmetros				Coeficientes	
	a	B	c	d	R ²	(P)*
Potássicas						
Nitrato de K ⁺	1796,37	-1,15.10 ³	12179,10	5187,18	0,69	0,0967 ^{ns}
Sulfato de K ⁺	4,55.10 ⁶	2,96.10 ⁶	5,3.10 ⁷	9,90.10 ⁶	0,61	0,1164 ^{ns}
Cloreto de K ⁺	1860,55	-1,37.10 ²	161,41	1823,68	0,55	0,0536 ^{ns}

* R² = Refere-se ao coeficiente de determinação encontrado da relação CE_w medido x CE_w estimado. P= Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Mayer et al. (1994).

Na tabela 2 podem ser observados os parâmetros do modelo de estimativa de potássio. A equação (3) na estimativa de potássio em função de CE_a e θ , obteve-se ajustes de 70%, 70% e 74%, respectivamente para as fontes sulfato de potássio, cloreto de potássio e nitrato de potássio. Esses coeficientes foram inferiores aos obtidos por Santana et al. (2007) com R² de 0,81 para um solo de textura franco-arenosa e Andrade Neto et al., (2012) com R² de 0,80 em um Latossolo Amarelo, ambos autores em pesquisa com dados de solução do solo. A média dos erros normalizados (MEN) variou de 26,89% a 35,46% para as fontes potássicas. Houve significância do teste de Mayer et al. (1994). Pode-se inferir que o modelo não prevê com equivalência os valores.

Tabela 2. Parâmetros resultantes dos ajustes da equação (2) para K^+ e NO_3^- como função de CEex ou CEa e θ , coeficientes estatísticos, para as diferentes fontes potássicas e nitrogenadas.

FONTE	Parâmetros						Coeficientes			
	a	B	c	d	α	μ	R ²	RMSE (mg L ⁻¹)	ME N (%)	P*
Potássio										
Sulfato de K ⁺	-1,8.10 ⁷	-1,11.10 ⁵	0,00765	0,00253	2011,2	3,58	0,70	3,56	28,42	0,0140 ^s
Cloreto de K ⁺	13985,0	4,79.10 ³	2730,65	2666,60	0,091	1,28	0,70	5,90	35,46	0,0037 ^s
Nitrato de K ⁺	10712,3	-5,18.10 ³	-1974,26	16864,4	0,360	0,08	0,74	8,60	26,89	0,0188 ^s

* R²= Refere-se ao coeficiente de correlação encontrado da relação Íon medido x Íon estimado pela equação (3). P*= Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Mayer et al. (1994).

A figura 1 ilustra os teores de potássio medidos na solução do solo e os estimados pela equação (3), para as fontes potássicas sulfato de potássio, cloreto de potássio e nitrato de potássio (Figuras A, B e C), durante os dez primeiros meses de 2011. O modelo apresentou um coeficiente de determinação em termos gerais de 0,70 para as estimativas de potássio ao longo do ciclo da cultura da bananeira. Esses resultados ficaram abaixo dos obtidos por Andrade Neto et al. (2012).

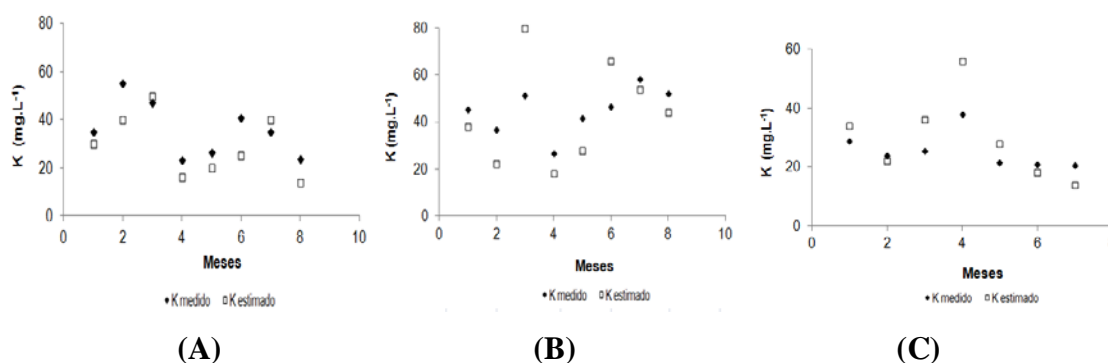


Figura 1. Relação entre os valores de K⁺ medidos no extrato de saturação do solo e estimados pela equação (3) nos tratamentos com sulfato de potássio, cloreto de potássio e nitrato de potássio, respectivamente (A, B e C).

CONCLUSÕES

1. A utilização da equação (2), para estimativa de potássio no extrato de saturação do solo, resultou em ajustes inadequados de potássio, para as diferentes fontes aplicadas, ao longo do ciclo da bananeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, T. M.; COELHO, E. F.; ALVES, M da S.; SANTANA JUNIOR, E. B.; Santana, J. A do. Estimating potassium in the soil solution as a function of electrical conductivity and soil water content. **Ver. Bras. Eng Agrí e Amb** (Online), v. 16, p. 618-623, 2012.

MAYER, D. G.; STUART, M. A.; SWAIN, A. J. Regression of real word data on model output: An appropriate overall test of validity. *Agriculture System*. V.45, p.93-104, 1994.

QUEIROZ, S. O. P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. Avaliação de equipamentos para determinação da condutividade elétrica do solo. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 279-287, 2005.

SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. M.; RAMOS, M. M. Relação entre potássio na solução do solo, umidade e condutividade elétrica aparente do solo. **Rev. Bras de Eng Agríc e Amb**. v.11, n.2, p.142-151, 2007. Campina Grande, PB.

UNITED STATES. Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Riverside, United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Handbook, 60).

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**, Madison, v.60, n.1, p.5-12, 1996.