

## LIXIVIAÇÃO DE POTÁSSIO EM UM CULTIVO DE PIMENTÃO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO<sup>1</sup>

FRANCIMAR DA SILVA ALBUQUERQUE<sup>2\*</sup>, ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA<sup>2</sup>, AMANDA EMANUELLA ROCHA DE SOUZA<sup>3</sup>, MÁRIO MONTEIRO ROLIM<sup>2</sup>

**RESUMO** - Objetivando-se determinar a concentração de potássio ( $K^+$ ) e a condutividade elétrica (CE) da água de drenagem em cultivo de pimentão (Maximos F1), e avaliar um possível risco de contaminação de lençol freático, foi conduzido um experimento em uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, cuja parcela experimental era composta por três plantas em cada lisímetro, localizada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, em delineamento estatístico inteiramente casualizado e esquema fatorial  $5 \times 2$ , com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ ), aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica, através de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes. Durante todo o ciclo procedeu-se à medição dos volumes gerados a partir de drenagem natural e dos balanços de água quinzenais nos lisímetros, e coleta de amostras para análises da concentração de  $K^+$  e CE. A concentração de  $K^+$  e a CE apresentaram ajustes lineares significativos em todas as fases do ciclo, cujos valores médios foram 9,79  $mg\ L^{-1}$  e 0,35  $dS\ m^{-1}$ , respectivamente. O volume drenado apresentou aumentos em determinados eventos de balanço hídrico em função das precipitações ocorridas no período, lixiviando mais íons potássio. Observou-se que com a aplicação da maior lâmina e da maior dose as perdas de  $K_2O$  foram maiores, em média de 60,10  $kg\ ha^{-1}$ .

**Palavras-chave:** Fertirrigação. Lisímetros de drenagem. Neossolo quartzarênico. Perda de nutrientes.

## LEACHING OF POTASSIUM IN SWEET PEPPER CROP UNDER IRRIGATION DEPTHS AND DOSES OF POTASSIUM

**ABSTRACT** - With the aim of determining the concentration of potassium ( $K^+$ ) and electrical conductivity (EC) in water drainage in the cultivation of sweet pepper (Maximos F1), and to evaluate the possible risk of contamination of groundwater was conducted a experiment on a battery of 40 drainage lysimeters, whose experimental plot consisted of three plants in each lysimeter, located at campus of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, in a completely randomized factorial scheme  $5 \times 2$ , with four replications, being five irrigation depth (80, 90, 100, 110 and 120% of ETc) and two levels of potassium (80 and 120  $kg\ ha^{-1}$  of  $K_2O$ ), applied parceled according to phenological phase, through a drip irrigation system, with self-compensable emitters. Throughout the cycle proceeded to the measurement of volumes generated from natural drainage and the fortnightly water balances in the lysimeters, and collection of samples for tests to determine the  $K^+$  and EC. The  $K^+$  content and the EC showed significant linear adjustments in all phases of the cycle, whose mean values were 9.79  $mg\ L^{-1}$  and 0.35  $dS\ m^{-1}$ , respectively. The drained volume showed increases in certain events of water balance due to the high rainfall during the period, leaching more potassium ions. It was observed that with the application of higher blade and the higher dose losses were higher  $K_2O$ , an average 60.10  $kg\ ha^{-1}$ .

**Keywords:** Fertirrigation. Drainage lysimeters. Quartzarenic neosol. Nutrient loss.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 18/10/2010; aceito em 14/03/2011.

Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada à UFRPE, pesquisa financiada pelo CNPq.

<sup>2</sup>Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE; franciufrepe@gmail.com; enio.silva@pq.cnpq.br; rolim@dtr.ufrpe.br

<sup>3</sup>Departamento de Agronomia, UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE; amandarocho228@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas, é uma cultura de clima tropical e está entre as dez hortaliças mais importantes do mercado brasileiro. É uma cultura de retorno rápido aos investimentos devido ao curto período para o início da produção, sendo assim largamente explorada por pequenos e médios horticultores (MARCUSSE; VILLAS BÔAS, 2003).

Silva et al. (2001) destacam a importância do potássio no metabolismo do pimentão, que melhora as características físicas e químicas dos frutos, em razão da otimização no processo de transpiração e formação de carboidratos.

A aplicação de fertilizantes junto à água de irrigação caracteriza a técnica denominada fertirrigação. O emprego dessa técnica tem possibilitado a otimização do uso de insumos em diferentes culturas irrigadas, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade dos produtos obtidos, sendo mais notável sua adoção em culturas irrigadas por sistemas de irrigação localizada (OLIVEIRA; VILLAS BÔAS, 2008), todavia, a uniformidade de distribuição dos nutrientes no solo está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade de irrigação (TRANI; CARRIJO, 2004).

Segundo Oliveira et al. (2008), nem todo nutriente fornecido é absorvido pelas plantas, sendo parte deste lixiviado para fora da zona de solo explorado pelo sistema radicular da cultura. Os sais, além de afetarem a disponibilidade de água, causam distúrbios nutricionais na planta, dependendo do sal e do genótipo vegetal, e, caso estejam em excesso na solução do solo, podem impedir a absorção de elementos essenciais ao crescimento da planta, levando ao desbalanceamento nutricional (TESTER; DAVENPORT, 2003). Malavolta (2006) afirma que a lixiviação mais a erosão respondem por 0 a 10% das perdas do total do potássio aplicado.

O conhecimento de práticas agrícolas, como a adubação e seu efeito na nutrição mineral e na produção do pimentão, é necessário para que os produtores utilizem os fertilizantes de forma racional e econômica. A reposição de água e nutrientes na quantidade ideal e no momento oportuno é essencial para o desenvolvimento adequado da planta e obtenção de produtividade satisfatória (NANETTI et al., 2000).

Paglia et al. (2007) observaram tendência de aumento na concentração de  $K^+$  na solução lixiviada para quatro lixiviações testadas, acompanhando os aumentos das dosagens de  $K_2O$  no solo ao estudar o efeito de doses crescentes de potássio na lixiviação do nitrato e de alguns cátions associados, em colunas de solo adubado com lodo de esgoto alcalinizado.

Rosolem e Nakagawa (2001) observaram que a lixiviação de K, no perfil de um solo de textura média, aumentou muito, quando foram aplicadas doses de  $K_2O$  acima de 80 kg ha<sup>-1</sup> por ano, independentemente do modo de aplicação do fertilizante.

Silva et al. (2008), em estudos de avaliação da composição da solução drenada em amostras de

quatro solos do Rio Grande do Norte, irrigados com águas de valores crescentes de condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS), verificaram que com o aumento da CE da solução drenada, em função da elevação das concentrações das águas de percolação, ocorreu uma maior lixiviação de sais.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de potássio, a condutividade elétrica na água de drenagem e a estimativa da perda de  $K_2O$  em um cultivo de pimentão fertirrigado e avaliar um possível risco de contaminação de lençol freático, na Região Metropolitana do Recife.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Lisiométrica do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), situada no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude de 6,486 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é As, megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C com precipitações de outono e inverno.

A área experimental possui dimensão que totaliza 464,40 m<sup>2</sup> de área plantada, possuindo uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, com 1,50 m<sup>2</sup> de área, preenchidos com solo de textura arenosa (Tabela 1). Cada lisímetro constituía-se de uma caixa de cimento reforçado com fio sintético – CRFS (linha Brasiflex – Brasilit), troncônicas, com capacidade de 1000 L, diâmetro externo na borda superior 138 cm e altura externa de 74,50 cm (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009).

Pela Tabela 1, observa-se que o material de solo das parcelas foi caracterizado com 91% de areia, classificado como Neossolo Quartzarênico (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009). A caracterização química do solo das unidades experimentais, no início e no final do experimento, está apresentada na Tabela 2.

O sistema de drenagem dos lisímetros era constituído de um segmento de tubo de polietileno de 25 mm de diâmetro, disposto ao longo da circunferência, junto ao fundo da caixa. Esses tubos têm perfurações de 5 mm de diâmetro a cada 5 cm; uma camada de brita número 0, de aproximadamente 5 cm de espessura; uma camada de areia lavada de aproximadamente 3 cm de espessura; e uma tubulação que interliga o sistema de drenagem à unidade de coleta e medição do efluente.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, sendo cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de potássio (80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ ), aplicadas de forma parcelada de acordo com a fase fenológica da cultura. A escolha da menor dose baseou-se na extração total de potássio por cultivo de pimentão em condições de campo, enquanto que a maior ten-

tou simular uma situação de excesso de fertilizante.

A aplicação das lâminas nos lisímetros foi feita por intermédio de sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes, online, modelo Katif, tipo botão de fabricação Plastro, espaçados de 0,40 m. A vazão do emissor especificada pelo fabricante é de 3,75 L h<sup>-1</sup>, sendo a medida em campo de 3,90 L h<sup>-1</sup>.

Foi determinada a uniformidade da distribuição da água e a uniformidade de aplicação das doses de potássio, que depende da distribuição uniforme da água e da concentração do elemento no volume de solução coletado, utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) propostos por Bernardo et al. (2008), cujos resultados encontram-se apresentados na Tabela 3.

**Tabela 1.** Características físicas do solo dos lisímetros.

Densidade		Pt	Granulometria			Ad	GF	Umidade na base de massa		AD	Ko
dg	dp		Ar	A	S			0,1 atm	15 atm		
g cm <sup>-3</sup>		(%)	(%)			(%)	(%)	(%)		(%)	cm h <sup>-1</sup>
1,65	2,57	35,79	91,07	3,60	5,33	3,60	0,0	6,39	2,01	4,38	13,17

dg = densidade global; dp = densidade das partículas; Pt = porosidade total; Ar = areia; A = argila; S = silte; Ad = argila dispersa em água; GF = grau de floculação; AD = água disponível; Ko = condutividade hidráulica saturada.

Fonte: Melo (2007).

**Tabela 2.** Características químicas do solo dos lisímetros, na camada 0-20 cm, no início e no final do experimento.

P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
Início do experimento				
250,25	0,09	0,13	8,69	0,72
Final do experimento				
183,94	0,06	0,13	9,17	1,44

**Tabela 3.** Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e de Uniformidade de Distribuição para as doses D<sub>1</sub> (80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) e D<sub>2</sub> (120 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O).

Variável	CUC (%) - 60 dias		CUD (%) - 60 dias		CUC (%) - 120 dias		CUD (%) - 120 dias	
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Água	97,39	97,39	95,64	95,64	94,75	94,75	92,19	92,19
CE	89,53	89,24	82,46	82,69	85,74	87,33	80,18	81,65
K <sup>+</sup>	87,09	84,45	79,32	73,20	85,65	85,65	83,03	81,92

CE, K<sup>+</sup> = Condutividade Elétrica e Concentração de potássio.

Foram realizadas duas coletas de volumes de água em recipientes plásticos e medidos com o auxílio de uma proveta de 100 mL, para medir a vazão nos emissores, aos 60 e 120 dias após a implantação da cultura. Nos volumes coletados, a condutividade elétrica (CE) foi medida utilizando-se um condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed), e a concentração de K<sup>+</sup> foi medida utilizando um medidor portátil de íons (Horiba – Spectrum Technologies).

A água de irrigação utilizada no experimento era procedente da rede de distribuição da UFRPE e abastecia duas caixas de 500 litros utilizadas na preparação das soluções nutritivas, conforme os trata-

mentos. A composição química da água encontra-se apresentada na Tabela 4.

Os lisímetros foram cultivados com pimentão híbrido Maximos F1 (EliSem, Clause Vegetable Seeds), cuja parcela experimental foi composta por três plantas em cada lisímetro, com espaçamento de 0,40 m entre plantas na linha e 1,30 m entre linhas. As mudas de pimentão foram adquiridas em produtor credenciado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A fim de minimizar o efeito de advecção sobre as plantas dos tratamentos, mudas de pimentão do mesmo híbrido foram plantadas na área entre os

**Tabela 4.** Análise química da água usada na irrigação das unidades experimentais.

Elementos	Resultados
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,22
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,06
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	nd
Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,00
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	ausente
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,00
pH	5,30
CE (dS m <sup>-1</sup> a 25 °C)	72,40 x 10 <sup>-3</sup>
RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1/2</sup> )	0,98
CSR (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,90

CE, CSR, RAS, nd = Condutividade Elétrica, Carbonato de Sódio Residual, Razão de Adsorção de Sódio e Não detectado.

lisímetros, utilizando o mesmo espaçamento.

A irrigação foi realizada diariamente, e as lâminas foram estimadas com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), equação 1:

$$ET_c = ETo \times Kc \times Kl_{méd.} \quad (1)$$

em que,

ET<sub>c</sub> - evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>),

ETo - evapotranspiração de referência por Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>),

Kc - coeficiente de cultivo (adimensional),

Kl<sub>méd.</sub> - coeficiente de localização médio (adimensional).

O Kl<sub>méd.</sub> foi estimado pela média de quatro valores de coeficiente de localização, segundo Pizarro (1996), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo (S). Para determinação do valor de S, utilizou-se recomendação apresentada pelo mesmo autor.

A ETo e a precipitação foram obtidas na estação meteorológica automatizada provida de sensores e armazenador de dados necessários para determinação da ETo de Penman-Monteith (Campbell Scientific modelo CR1000/CFM100/OS100), utilizadas no cálculo das lâminas de irrigação conforme os tratamentos.

Os valores de Kc utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica da cultura foram: 0,40 (da emergência até 10% do desenvolvimento – 30 dias); 0,70 (10% do desenvolvimento até 75% do desenvolvimento – 40 dias); 1,05 (floração até o início da maturação – 60 dias), e 0,85 (da maturação até

a última colheita – 20 dias), de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977).

Os adubos utilizados na fertirrigação foram: fosfato monoamônico purificado (MAP – NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) (11% de N e 60% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) (15,5% de N e 20% de Ca), sulfato de magnésio (Mg(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.7H<sub>2</sub>O) (9,5% de Mg e 12% de S) e cloreto de potássio (KCl) (60% K<sub>2</sub>O), fazendo-se o balanceamento necessário de nutrientes.

As doses diárias de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio que foram aplicadas na fertirrigação seguiram recomendações de Trani e Carrijo (2004), conforme Tabela 5, ressaltando que as dosagens de potássio foram ajustadas aos tratamentos do experimento.

Além dos macronutrientes, foram feitas duas aplicações na dosagem de 2,50 kg ha<sup>-1</sup> de Quelatec AZ, uma mistura sólida de micronutrientes essenciais quelatizados com EDTA (7,5% de Fe, 3,5% de Mn, 0,7% de Zn, 0,28% de Cu, 0,65% de B e 0,3% de Mo, em peso-peso e solúveis em água), recomendada para pimentão, aos 70 e aos 90 dias após transplante (DAT).

Durante o ciclo da cultura foram feitas adubações foliares a base de cálcio e micronutrientes, aplicando o produto CaB 10. Além de adubações foliares, foram aplicados Confidor 700 WG e Vertimec 18 EC, para controle de pulgões e ácaros, respectivamente.

Foram realizados balanços hídricos a cada 15 dias por meio da saturação do solo nos lisímetros, com aplicação de água que permitisse ampla drenagem, e a medição do volume total drenado no dia do fechamento do balanço, o que totalizou 7 balanços hídricos durante todo o experimento. Procedeu-se também à medição dos volumes gerados a partir de drenagem natural (precipitação e irrigação), além da coleta de amostras para análises da concentração de K<sup>+</sup> e CE. As coletas dos volumes drenados foram feitas na sala de coleta, em recipientes plásticos, os quais foram levados para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da UFRPE, onde se realizou as análises.

Os volumes drenados foram medidos com o auxílio de provetas de 100 e 1000 mL, e de um balde graduado de 20 L, graduado de litro em litro. A CE foi medida utilizando-se o condutivímetro de bancada DM 31, e a concentração de K<sup>+</sup> foi medida utilizando um medidor portátil de íons (Horiba).

As perdas de K<sup>+</sup> nos volumes drenados foram calculadas multiplicando-se o volume total drenado pela respectiva concentração do elemento na água, e em seguida estimadas na forma de K<sub>2</sub>O, em kg ha<sup>-1</sup>.

Os parâmetros de lixiviação avaliados foram concentração de potássio (K<sup>+</sup>), condutividade elétrica (CE) e quantidade de K<sub>2</sub>O perdida.

Os dados foram analisados no sistema computacional SISVAR Versão 5.3 (Sistema para Análises Estatísticas) (FERREIRA, 2008) e interpretados

por meio das significâncias das análises de variância e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de até 5% pelo teste F.

Para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão, adotan-

do o nível de probabilidade de 10%, e os coeficientes de determinação  $R^2$ . A apresentação das equações de regressão e suas interpretações foram de acordo com recomendação de Alvarez e Alvarez (2003).

**Tabela 5.** Recomendação de nutrientes para o pimentão, conforme a fase de desenvolvimento da cultura.

Início da aplicação (DAT)	Duração das fases (dias)	Quantidade dos nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K <sub>2</sub> O (D <sub>1</sub> )	K <sub>2</sub> O (D <sub>2</sub> )
1	5	0,05	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02
5	15	0,35	0,06	0,23	0,14	0,12	0,18
20	20	1,16	0,24	0,69	0,50	0,35	0,52
40	20	1,32	0,22	0,67	0,70	0,40	0,61
60	20	2,63	0,77	1,93	1,05	0,74	1,12
80	30	2,73	0,60	0,80	0,75	0,86	1,28
110	40	3,75	1,10	1,00	0,72	0,75	1,13
150	10	2,00	0,90	1,20	0,90	0,56	0,84
Totais aplicados		13,99	3,90	6,55	4,80	3,79	5,70

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 6, efeito significativo em níveis de significância de 5 e 0,1% de probabilidade da interação lâmina (L) x dose (D) e dos fatores isolados L e D para o K<sup>+</sup> nos balanços hídricos quinzenais do experimento.

Também é verificado efeito significativo da interação L x D com níveis de significância de 5 e 0,1% de probabilidade do K<sup>+</sup> na maior parte dos balanços, exceto no 2º, 4º e 7º balanços hídricos. Quanto ao efeito isolado dos fatores L e D, observa-se que houve influência em níveis de significância de 0,1%.

Para a CE, verifica-se efeito significativo em níveis significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade da interação L x D, exceto no 1º e no 3º balanços; para os fatores isolados L e D houve efeito significativo em níveis significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade nos balanços hídricos do experimento.

Ainda verifica-se o efeito significativo da interação L x D e do efeito isolado dos fatores L e D, com níveis de significância variando de 5 a 0,1% de probabilidade, no 2º, 4º, 5º, 6 e 7º balanços hídricos.

Os valores dos coeficientes de variação observados foram menores que 16% para a concentração de potássio, e inferiores a 11% para a condutividade elétrica, indicando boa precisão dos dados observados no experimento. Dessa forma, foi realizado o desdobramento da interação L x D para as duas variáveis em estudo.

Verifica-se que, a partir do quarto balanço

hídrico, não se observa efeito das doses de potássio sobre o potássio lixiviado, evidenciando que, nas condições em que foi desenvolvido o trabalho, a lixiviação do potássio, da fase intermediária até a fase final do ciclo da cultura, ocorreu mais em função dos níveis crescentes das lâminas de irrigação do que das doses do elemento, o que pode ser explicado pela maior exigência nutricional do pimentão neste período, que coincidiu com a fase reprodutiva.

Na Tabela 7 encontram-se as equações de regressão ajustadas aos dados médios e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

No primeiro balanço hídrico, a concentração de potássio apresentou um ajuste linear para ambas as doses de potássio; para a dose D<sub>1</sub>, houve incremento de 34,09% comparando-se as médias determinadas na solução drenada referente à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (9,27 mg L<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (12,43 mg L<sup>-1</sup>), e para a dose D<sub>2</sub>, foi observado um incremento de 115,53% ao comparar o encontrado na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (8,24 mg L<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (17,76 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica também apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação, com incremento de 27,27% comparando-se a encontrada na solução drenada referente à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,26 dS m<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,34 dS m<sup>-1</sup>).

No segundo balanço, a concentração de potássio apresentou ajuste linear, em função das lâminas de irrigação, com incremento de 86,55% comparando-se a concentração encontrada na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (5,50 mg L<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (10,26 mg L<sup>-1</sup>). Em função das doses, a con-

**Tabela 6.** Resumo da ANOVA para a concentração de potássio e condutividade elétrica nos balanços hídricos quinzenais.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios							
		1º BH		2º BH		3º BH		4º BH	
		K <sup>+</sup>	CE	K <sup>+</sup>	CE	K <sup>+</sup>	CE	K <sup>+</sup>	CE
L (%Etc)	4	62,12***	0,0076***	31,83***	0,0247***	18,49***	0,0050*	18,26***	0,0163***
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	46,59***	0,0017 <sup>NS</sup>	21,76***	0,0295***	38,20***	0,00006 <sup>NS</sup>	5,45 <sup>NS</sup>	0,0011 <sup>NS</sup>
L x D	4	32,63***	0,0008 <sup>NS</sup>	2,10 <sup>NS</sup>	0,0191***	25,90***	0,0015 <sup>NS</sup>	2,07 <sup>NS</sup>	0,0054***
Resíduo	30	2,40	0,0010	1,38	0,0016	2,66	0,0019	1,72	0,0004
CV%		13,02	10,88	14,90	11,43	13,49	9,88	11,95	5,04
Fonte de Variação	GL	5º BH		6º BH		7º BH			
		K <sup>+</sup>	CE	K <sup>+</sup>	CE	K <sup>+</sup>	CE		
L (%Etc)	4	22,64***	0,0466***	25,39***	0,0186***	11,86***	0,0102***		
D (kg ha <sup>-1</sup> )	1	1,91 <sup>NS</sup>	0,0083**	4,73 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>NS</sup>	0,0163 <sup>NS</sup>	0,0010 <sup>NS</sup>		
L x D	4	5,02*	0,0144***	10,28***	0,0033**	0,8983 <sup>NS</sup>	0,0051***		
Resíduo	30	1,48	0,0008	1,32	0,0008	0,5384	0,0002		
CV%		11,38	7,16	15,56	9,97	9,64	5,18		

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

BH, GL, D, L = balanço hídrico, grau de liberdade, dose e lâmina de irrigação.

**Tabela 7.** Equações de regressão ajustadas aos dados médios da concentração de potássio e condutividade elétrica nos balanços hídricos quinzenais em função das lâminas de irrigação (L) estimadas nos níveis das doses de potássio 80 kg ha<sup>-1</sup> (D<sub>1</sub>) e 120 kg ha<sup>-1</sup> (D<sub>2</sub>), com os respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Balanço hídrico	Variáveis	Equações de regressão ajustadas	R <sup>2</sup>
1º	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 2,95 + 0,079**X$	0,3435
	K <sup>+</sup> (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 10,80 + 0,238***X$	0,7380
	CE (L)	$\hat{Y} = 0,12 + 0,0018***X$	0,8223
2º	K <sup>+</sup> (L)	$\hat{Y} = - 4,02 + 0,119***X$	0,8894
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 0,21 + 0,0011^{\circ}X$	0,2848
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,026 + 0,004***X$	0,4148
3º	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,72 + 0,118***X$	0,3429
	CE (L)	$\hat{Y} = 0,29 + 0,0014***X$	0,8131
4º	K <sup>+</sup> (L)	$\hat{Y} = 6,14 + 0,0484**X$	0,2562
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 0,22 + 0,0018***X$	0,7338
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 0,043 + 0,0037***X$	0,7699
5º	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 0,58 + 0,099***X$	0,7105
	K <sup>+</sup> (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 1,92 + 0,09***X$	0,5850
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0194 + 0,004***X$	0,7105
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,143 + 0,0055***X$	0,7777
6º	K <sup>+</sup> (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 2,74 + 0,098***X$	0,6658
	K <sup>+</sup> (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,8313 + 0,0856***X$	0,3441
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0041 + 0,0029***X$	0,6227
	CE (D <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0073 + 0,0029***X$	0,9850
7º	K <sup>+</sup> (L)	$\hat{Y} = 0,3029 + 0,0731***X$	0,9008
	CE (D <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = - 0,0211 + 0,0032***X$	0,9364

<sup>°</sup>, \*\* e \*\*\* Significativos a 10, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste “t”.

centração média de potássio na água de drenagem foi de 7,14 mg L<sup>-1</sup> para a dose D<sub>1</sub>, e de 8,62 mg L<sup>-1</sup> para a dose D<sub>2</sub>. A condutividade elétrica ajustou-se a um modelo linear, para ambas as doses de potássio. Para a dose D<sub>1</sub>, foi encontrado incremento de 14,86% quando se comparou a condutividade da solução drenada referente à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,30 dS m<sup>-1</sup>) com a da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,34 dS m<sup>-1</sup>); para a dose D<sub>2</sub>, observou-se incremento de 54,42% comparando-se os dados obtidos na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,29 dS m<sup>-1</sup>) com os da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,45 dS m<sup>-1</sup>).

Quanto ao tipo de ajuste, estes resultados foram semelhantes aos resultados obtidos por Melo (2007), que também encontrou ajustes lineares significativos, porém, verificou decréscimos na condutividade elétrica e na concentração de potássio em função da variação crescente de doses de hidratassolo, em estudo para avaliar a lixiviação de nutrientes aplicados em solos cultivados com coentro, também em lisímetros de drenagem; vale salientar que o hidratassolo é um polímero hidroabsorvente que retém o potássio presente na solução do solo.

Em relação ao terceiro balanço hídrico, a concentração de potássio apresentou ajuste linear para a dose D<sub>1</sub>; houve incremento de 54,13% ao se comparar com as concentrações obtidos na solução drenada referente à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (8,72 mg L<sup>-1</sup>) e da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (13,44 mg L<sup>-1</sup>). A condutividade elétrica também apresentou ajuste linear, em função das lâminas de irrigação, com incremento de 14,14% comparando-se os valores obtidos na lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,40 dS m<sup>-1</sup>) e na lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,46 dS m<sup>-1</sup>).

No quarto balanço hídrico, a concentração de potássio apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação. O incremento foi de 19,34% quando comparado com as concentrações encontrados nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (10,01 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (11,95 mg L<sup>-1</sup>). Para a condutividade elétrica, que teve ajuste linear para ambas as doses de potássio, houve incremento de 19,67% quando se comparou a condutividade encontrada na solução drenada referente à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,37 dS m<sup>-1</sup>) com o da lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,44 dS m<sup>-1</sup>) para a dose D<sub>1</sub>; para a dose D<sub>2</sub>, observou-se incremento de 43,66% comparando-se a encontrada nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (0,34 dS m<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (0,49 dS m<sup>-1</sup>).

Analisando o quinto balanço hídrico, as duas variáveis apresentaram ajuste linear significativo. Na concentração de potássio, para a dose D<sub>1</sub>, foi encontrado incremento de 46,59% quando se comparou as concentrações nas soluções drenadas referente às lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (8,50 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (12,46 mg L<sup>-1</sup>); para a dose D<sub>2</sub> o incremento foi de 39,47%, comparando os mesmos extremos, lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (9,12 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (12,72 mg L<sup>-1</sup>). Com relação à condutividade elétrica, para a dose D<sub>1</sub>, foi observado incremento de 53,24% quando se comparou a condutividade nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (0,30 dS m<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (0,46 dS m<sup>-1</sup>); para a dose D<sub>2</sub>, o incremento foi de 74,07% comparando-se com as condutividades

encontradas na solução drenada referente às lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (0,30 dS m<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (0,52 dS m<sup>-1</sup>).

Em relação ao sexto balanço hídrico, a concentração de potássio e a condutividade elétrica apresentaram ajuste linear para ambas as doses de potássio aplicadas. Analisando a concentração de potássio, para a dose D<sub>1</sub>, foi possível observar incremento de 76,94% quando se comparou as concentrações nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (5,09 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (9,00 mg L<sup>-1</sup>); por outro lado, para a dose D<sub>2</sub> desta vez, o incremento encontrando foi de 56,91% ao se comparar as concentrações nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (6,02 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (9,44 mg L<sup>-1</sup>). Para a dose D<sub>1</sub>, na condutividade elétrica, foi possível observar incremento de 50,90% ao se comparar com as condutividades elétricas encontradas nos volumes drenados pelas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (0,23 dS m<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (0,34 dS m<sup>-1</sup>); para a dose D<sub>2</sub>, o incremento foi de 51,62%, comparando-se com as encontradas nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (0,22 dS m<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (0,34 dS m<sup>-1</sup>).

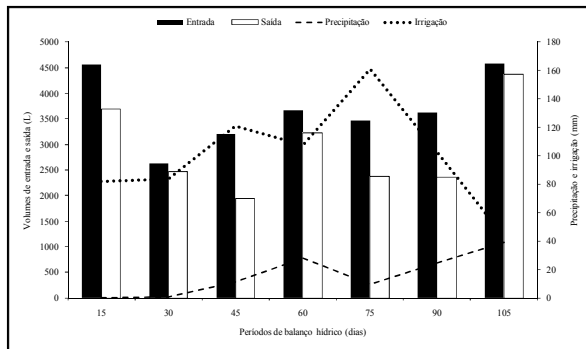
Pela análise estatística do sétimo balanço hídrico foi possível observar que a concentração de potássio apresentou ajuste linear em função das lâminas de irrigação, cujo incremento foi de 47,54% quando se comparou as concentrações nas lâminas de irrigação L<sub>1</sub> (6,15 mg L<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> (9,07 mg L<sup>-1</sup>). Em relação à condutividade elétrica, que também apresentou ajuste linear, para a dose D<sub>1</sub>, o incremento foi de 54,48% comparando-se às condutividades encontradas nas soluções drenadas referentes à lâmina de irrigação L<sub>1</sub> (0,23 dS m<sup>-1</sup>) e à lâmina de irrigação L<sub>5</sub> (0,36 dS m<sup>-1</sup>).

Os resultados das concentrações de potássio conforme medidor portátil de íons (Horiba) podem ser considerados de aceitável precisão, de acordo com Silva et al. (2003), que encontraram superestimativa de 27% das concentrações de potássio para os valores determinados por fotometria de chama e concluíram que o uso de testes rápidos na determinação da concentração de potássio e nitrato na solução do solo possibilita conhecer os seus valores com precisão aceitável, ao avaliarem a possibilidade de utilização de extratores de solução do solo de cápsulas porosas associados a testes rápidos na determinação da concentração de nitrato e potássio na solução do solo.

Na Figura 1 é possível observar a variação dos volumes de água que entraram e saíram nos lisímetros. As entradas foram em forma de precipitação, irrigação ou advindas dos volumes de água aplicados no momento das saturações do solo dos lisímetros.

Nota-se que nos balanços hídricos realizados aos 60 e 105 dias após o transplante, os volumes drenados foram maiores em virtude das elevadas precipitações que ocorreram nestes períodos, lixiviando, como consequência, mais íons potássio.

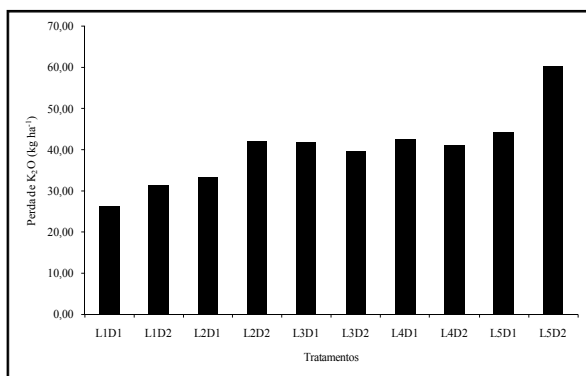
Observou-se que as concentrações de potássio na solução drenada do solo foram baixas, evidenciando uma das vantagens da fertirrigação de proporcionar menores perdas de nutrientes por lixiviação, porém, o que pode contribuir para um aumento da



**Figura 1.** Variação dos volumes de entrada e saída da água nos lisímetros.

da condutividade elétrica da água de drenagem dos solos agrícolas é a presença de outros íons, principalmente o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), confirmado por Fernandes et al. (2005), onde constataram que o íon potássio, proveniente do  $\text{KCl}$  é facilmente assimilado pelo sistema solo-planta, entretanto, o íon cloreto, que é conservativo, é carregado para o aquífero, tornando-se fonte de salinização das águas.

Na Figura 2 estão apresentadas as perdas de  $\text{K}_2\text{O}$ , em  $\text{kg ha}^{-1}$ , que foram extraídas por lixiviação na água de drenagem dos lisímetros, em cada tratamento.



**Figura 2.** Perdas de  $\text{K}_2\text{O}$  nas soluções drenadas em cada tratamento. L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> = 80, 90, 100, 110 e 120% da ETc; D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> = 80 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

É possível observar que nos tratamentos da maior dose (D<sub>2</sub>) a quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  perdida foi maior, com exceção dos tratamentos da lâmina L<sub>3</sub> (100% da ETc) e L<sub>4</sub> (110% da ETc). A aplicação da lâmina de 80% da ETc com a dose de 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ocasionou as menores perdas do potássio na forma de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média 26,22  $\text{kg ha}^{-1}$ , enquanto que a aplicação da lâmina de 120% da ETc e dose de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  provocou as maiores perdas de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média 60,10  $\text{kg ha}^{-1}$ , ambas na água de drenagem proveniente da irrigação, precipitação e dos balanços hídricos quinzenais.

Estes resultados confirmam a predisposição do potássio para perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos e de baixa CTC, o que reforça a necessidade de aplicações eficientes de adubos po-

tássicos, evitando perdas excessivas e danos aos sistemas agrícolas. As perdas de potássio encontradas neste estudo foram menores em relação às perdas de potássio encontradas por Santos et al. (2007), que observaram perdas de 500  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na água de enxurrada do tratamento com solo descoberto, ao avaliar as perdas de potássio no sedimento da erosão hídrica e verificar suas relações com as perdas de solo, em diferentes formas de manejo do solo, campo nativo e solo descoberto, no bioma caatinga, no semiárido.

Estes resultados corroboram com as observações feitas por Oliveira et al. (2008), onde citam que a fertirrigação, se utilizada corretamente, contribui para o aumento da produtividade das culturas, reduzindo as perdas de nutrientes por lixiviação e permite um maior controle da concentração de nutrientes do solo, aumentando assim a eficiência do uso dos fertilizantes, isso porque oferece à planta o nutriente prontamente disponível na solução do solo para ser absorvido, provocando necessidade crescente de obter parâmetros de avaliação do estado nutricional da planta a fim de corrigir possíveis deficiências ou toxidez.

Já Oliveira et al. (2002) constataram valores médios de lixiviação de cerca de 17 e 9  $\text{kg de K}^+$ , ao extrapolar os valores para 1 ha, quando avaliaram, em lisímetros, a lixiviação de  $^{15}\text{N}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em um solo arenoso cultivado com cana-de-açúcar.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2000) que observaram a influência direta da variação nos níveis de potássio sobre os valores de condutividade elétrica encontrados para frequência diária de aplicação de fertilizantes, o mesmo não sendo observado para frequência de três dias, que os autores atribuíam à possibilidade de a maior concentração de potássio na solução, dada a maior frequência de aplicação, ter ocasionado a substituição deste íon por outros adsorvidos no complexo de troca, em função do tamanho do raio iônico, evidenciando que no estudo da fertirrigação, o manejo racional da irrigação é tão importante quanto as quantidades de fertilizantes a serem adicionados.

## CONCLUSÕES

As médias da concentração de  $\text{K}^+$  e CE, e maiores perdas de  $\text{K}_2\text{O}$  na água de drenagem no cultivo de pimentão fertirrigado são 9,79  $\text{mg L}^{-1}$ , 0,35  $\text{dS m}^{-1}$  e 60,10  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente;

A aplicação da lâmina de 120% da evapotranspiração da cultura com a dose de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ocasiona maiores perdas do potássio na forma de  $\text{K}_2\text{O}$ , e estas perdas podem alcançar prejuízos econômicos quando são expressas na forma de adubos potássicos.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) pelo apoio e incentivo à pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade/CNPq pela concessão de bolsas e financiamento.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. et al. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 671-679, 2009.

ALVAREZ V., V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 28-32, 2003.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UVF, 2008. 625 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

FERNANDES, M. A. B. et al. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARCUSSI, F. F. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MELO, M. R. S. **Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de polímero hidroabsorvente**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

NANETTI, D. C.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Revista Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 18, p. 843-845, 2000.

OLIVEIRA, M. W. et al. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 861-868, 2002.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

OLIVEIRA, F. A. et al. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 5-11, 2008.

PAGLIA, E. C. et al. Doses de potássio na lixiviação do solo com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 94-100, 2007.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 59, n. 2, p. 143-149, 2001.

SANTOS, T. E. M. et al. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semi-árido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 2, p. 143-149, 2007.

SILVA, E. F. F. et al. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

SILVA, E. F. F. et al. Utilização de testes rápidos e extratores de solução do solo na determinação de nitrato e potássio. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 460-467, 2003.

SILVA, M. A. G. et al. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 561-566, 2001.

SILVA, M. et al. Composição do lixiviado em quatro

solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 189-203, 2008.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agronômico, 2004. 53 p. (Boletim Técnico, 196).