



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Pessoa, Luiz G. M.; Oliveira, Emanuel E. M.; Freire, Maria B. G. dos S.; Freire, Fernando J.; Miranda, Marcelo A.; Santos, Renato L. dos

Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 3, julio-septiembre, 2010, pp. 406-412

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119016971020>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.3, p.406-412, jul.-set., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5039/agraria.v5i3a573

Protocolo 573 – 30/04/2009 *Aprovado em 15/05/2010

Luiz G. M. Pessoa¹

Emanoel E. M. Oliveira¹

Maria B. G. dos S. Freire^{1,2}

Fernando J. Freire^{1,2}

Marcelo A. Miranda¹

Renato L. dos Santos¹

Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina

RESUMO

Objetivando avaliar a composição química e a salinidade do lixiviado de dois Neossolos Flúvicos, cultivados com cebola irrigada com água salina, realizou-se um experimento montado em blocos casualizados no arranjo fatorial 2x3x6 (dois tipos de textura de solo – franco argilo siltoso e franco arenoso –, três níveis de condutividade elétrica - 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e seis valores de relação de adsorção de sódio - 0, 5, 10, 15, 20 e 25 ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)^{1/2}) com quatro repetições. Aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio foi coletado o lixiviado dos vasos, para avaliações de sua composição. Os teores dos cátions, do cloro, da condutividade elétrica e da razão de adsorção de sódio dos lixiviados aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio elevaram-se com o aumento da salinidade das águas de irrigação. Apenas aos 90 dias os teores de cátions no lixiviado do solo de textura franco argilo siltoso superaram os do lixiviado do solo franco arenoso. Assim, águas de irrigação mais salinas promovem maiores perdas de elementos no solo pela remoção destes, sendo que nos solos de textura mais fina essa liberação tende a ocorrer de forma mais lenta.

Palavras-chave: Estresse salino, irrigação, sodificação

Chemical composition and salinity of leachate in two soils cultivated with onion irrigated with saline water

ABSTRACT

Aiming to evaluate leachate chemical composition and salinity from two Fluvic Entisols of Pernambuco-Brazil, cultivated with onions irrigated with saline water, an experiment was carried out in random blocks, in a factorial arrange 2 x 3 x 6 (two soil types – silty clay loam and sandy loam –, three levels of electrical conductivity - 200, 700 and 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ and six levels of sodium adsorption ratio - 0, 5, 10, 15, 20 and 25 ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)^{1/2}), with four repetitions. After 30, 60 and 90 days of the transplanting the leached from the pots was collected for composition evaluation. Levels of cation, chlorine, electrical conductivity and leachate sodium adsorption ratio, collected at 30, 60 and 90 days after transplanting, with increasing salinity of irrigation water, were observed. Only 90 days after transplanting, the leachate from the soil of silty clay loam texture surpassed the levels of cation and chloride compared to leachate from sandy loam soil. Thus, more saline irrigation water promotes greater loss of elements in the soil because of their removal, which occur more slowly in soils of thinner texture.

Key words: Salt stress, irrigation, sodification

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Agronomia, Rua Dom Manoel de
Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-
PE, Brasil. Fone: (81) 3320-6242. Fax: (81) 3320-
6220. E-mail: pessoa.lgm@gmail.com;
eranandes.medeiros@hotmail.com;
betania@depa.ufrpe.br; f.freire@depa.ufrpe.br;
mam.ba@hotmail.com;
renatolemos_17@hotmail.com

² Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos é uma atividade essencial para a existência humana que demanda efetivamente muita água. A precipitação é a sua principal fonte e, na falta desta, a irrigação supre a necessidade de forma parcial ou integral, dependendo das condições pluviiais locais (Viana et al., 2001).

Um dos aspectos mais relevantes, no tocante ao sucesso da irrigação como prática agrícola, diz respeito à qualidade da água de irrigação, principalmente em casos de regiões áridas e semi-áridas, onde pode haver um aumento na concentração de sais, degradando os solos e, consequentemente, inviabilizando a produção. Todavia, a salinização dos solos não está relacionada apenas à qualidade da água de irrigação, depende também das características físicas e químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo a ele aplicadas (Silva Filho et al., 2000).

Freire et al (2003), Freitas et al. (2007) e Silva et al (2007) observaram que a salinidade da água de percolação promoveu alteração nas propriedades químicas de diferentes solos, enquanto Silva et al. (2008) verificaram aumento nos teores de sais dos lixiviados de solos sob irrigação com águas salinas, o que pode comprometer o equilíbrio ambiental em sistemas irrigados sob clima semi-árido. Estes autores também observaram diferenças na composição do lixiviado coletado aos 10, 20 e 30 dias de irrigação com águas salinas em amostras de quatro solos do Rio Grande do Norte (Cambissolo, Argissolo, Latossolo e Neossolo Flúvico), verificando no lixiviado do Neossolo Flúvico, aos 30 dias, os valores de 29,2 mmol_c L⁻¹ de cálcio, 10,5 mmol_c L⁻¹ de magnésio, 53,3 mmol_c L⁻¹ de sódio, 3,9 mmol_c L⁻¹ de potássio e 45,32 mmol_c L⁻¹ de cloro.

Assim, faz-se necessário um monitoramento rigoroso não apenas no manejo do uso dessas águas, como também na composição destas, de forma a atentar ao aporte e à saída de sais no solo, visando não apenas à capacidade produtiva das culturas, mas também à avaliação do potencial dessas águas em salinizar o solo, evitando sua degradação.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química e a salinidade do lixiviado de dois solos do Sertão de Pernambuco cultivados com cebola e irrigados com águas salinas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação e montado no delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2x3x6 (dois solos, três níveis de condutividade elétrica (CE) e seis níveis de razão de adsorção de sódio (RAS)) com quatro repetições.

Foram utilizadas amostras da camada de 0 a 20 cm de solos coletados nos perfis naturais de dois Neossolos Flúvicos de texturas predominantes nos lotes do perímetro, sem problemas de salinidade e/ou sodicidade, sendo um de textura franco arenosa e o outro franco argilo siltoso (Tabelas 1 e 2) no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Município de Serra Talhada, Sertão de Pernambuco. Após coletadas, subamostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas, peneiradas em malha de 2 mm e encaminhadas ao laboratório para realização das análises de caracterização física e química.

As águas de irrigação com diferentes salinidades foram preparadas em laboratório a fim de representar a salinidade média da água encontrada nas fontes hídricas usadas no perímetro segundo Fernandes et al. (2009), com condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) de 200, 700 e 2.000 µS cm⁻¹ e RAS de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 (mmol_c L⁻¹)^{1/2}, totalizando 18 tipos de águas.

Os solos foram acondicionados em vasos de polietileno com capacidade de 7 dm³, espaçados 30 cm entre si, perfurados na base para instalação de um dreno e um recipiente para coleta do lixiviado. As amostras de solo foram homogeneizadas e acondicionadas nos vasos, com uma massa de 6,5 kg por vaso, correspondendo a um volume de 4,85 dm³ para o solo franco arenoso e 5,37 dm³ para solo franco argilo-siltoso. Posteriormente, os solos foram saturados com as respectivas águas salinas no momento do transplantio das mudas.

Foram utilizadas mudas de cebola da cultivar Vale Ouro IPA 11, sendo transplantadas para os vasos 30 dias após a semeadura. Foram colocadas cinco mudas de cebola por vaso, espessadas de 15 cm. Na ocasião do transplantio, foi realizada uma adubação em todos os tratamentos, para suprir as necessidades da cultura, de acordo com as análises químicas dos solos e as exigências nutricionais da cebola, conforme o Boletim de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Pernambuco (Cavalcanti, 1998).

A adubação fosfatada foi realizada em cova, a 10 cm de profundidade, utilizando como fonte o superfosfato triplo

Tabela 1. Atributos físicos das amostras dos dois Neossolos Flúvicos coletados na camada superficial, de classes texturais franco arenosa e franco argilo siltosa

Table 1. Physical attributes of the samples of two Fluvic Neossols collected in the surface layer of sandy loam and clayed silty loam textured soils

Textura do solo	Areia	Silte	Argila	ADA ¹	GF ²	GD ³	Ds ⁴	Dp ⁵	PT ⁶	K ₀ ⁷
	(g kg ⁻¹)				(%)		(g cm ⁻³)		(%)	(cm h ⁻¹)
Franco arenosa	546,8	220,0	233,2	169,6	27,27	72,73	1,34	2,50	46	3,89
Franco argilo siltosa	191,6	420,0	388,4	289,6	25,44	74,56	1,21	2,70	55	0,33

¹Argila dispersa em água; ²Grau de flocculação; ³Grau de dispersão; ⁴Densidade do solo; ⁵Densidade das partículas; ⁶Porosidade total; ⁷Condutividade hidráulica em meio saturado

Tabela 2. Atributos químicos das amostras dos dois Neossolos Flúvicos coletados na camada superficial, de classes texturais franco arenosa e franco argilo siltosa

Table 2. Chemical attributes of the samples of two Fluvic Neossols collected in surface layer of sandy loam and clayed silty loam textured soils

Atributo	Textura do solo	
	Franco Arenoso	Franco Argilo-Siltoso
Complexo sortivo		
pH _{água} (1:2,5)	7,3	7,1
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	7,43	8,54
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,17	3,23
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,07	0,30
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,57	0,49
CTC ¹ (cmol _c dm ⁻³)	11,63	15,86
PST ² (%)	0,60	1,89
P _{Bray - 1} (mg dm ⁻³)	43,75	23,66
Extrato de saturação		
pH	8,3	7,4
CE _{es} ³ (dS m ⁻¹)	0,86	0,85
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	3,73	5,12
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,89	3,70
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,97	2,46
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,42	0,61
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	3,00	3,00
HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	2,16	1,76
CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	1,20	0,00
RAS ⁴ (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	1,08	1,17

¹ Capacidade de troca de cátions

² Porcentagem de sódio trocável

³ Condutividade elétrica do extrato de saturação

⁴ Relação de adsorção de sódio

(45 kg ha⁻¹ de P), o potássio na forma de sulfato de potássio (45 kg ha⁻¹ de K), e o nitrogênio na forma de uréia (45 kg ha⁻¹ de N), com os valores transformados para os volumes de solo dos vasos.

Os micronutrientes foram fornecidos pelo fertilizante foliar “Base Fertilizantes”, através de pulverização foliar recomendada para a cultura da cebola, numa relação de 200 mL do produto para 100 L de água.

As mudas passaram a ser irrigadas com as águas salinas após serem transplantadas para os vasos. Durante os 30 dias iniciais (da semeadura ao transplantio) todas as mudas foram irrigadas com uma água classificada como C1S1, segundo o USSS Staff (1954).

A irrigação foi feita manualmente em dias alternados, aplicando-se um volume de água suficiente para proporcionar a drenagem em todos os vasos. Como havia a necessidade de se coletar a solução lixiviada, foi aplicado um volume de água salina correspondente a 1,2 vezes o volume de poros de cada solo (2677,2 mL para o solo franco arenoso e 3544,2 mL para o solo franco argilo-siltoso), sendo o lixiviado coletado para as análises.

A solução lixiviada foi coletada dos recipientes plásticos acoplados aos vasos a cada 30 dias (aos 30, 60 e 90 dias após o transplantio). Para isso, realizaram-se 15 coletas de lixiviado a cada 30 dias, com um volume de lixiviado coletado de aproximadamente 200 mL por coleta. Estas 15 coletas foram homogêneas e do volume total coletado nos 30 dias foi retirada uma subamostra de 100 mL, que foi armazenada sob refrigeração até a realização das análises químicas, sendo descartado o lixiviado excedente e posteriormente, o mesmo procedimento foi repetido, obtendo-se mais 15 coletas de lixiviado aos 60 dias e mais 15 coletas aos 90 dias após o transplantio das mudas.

A cada solução lixiviada coletada foram medidos os valores de pH e CE, e determinados os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ e Cl⁻ (USSS Staff, 1954), calculando-se a RAS.

As variáveis estudadas foram submetidas à análise da variância e teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos de CE e de Solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis avaliadas diferiram estatisticamente apenas em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e dos solos estudados. A RAS das águas de irrigação não exerceu efeito significativo sobre as variáveis estudadas. Verificaram-se aumentos nos teores dos cátions dos lixiviados coletados aos 30, 60 e 90 dias após o transplantio, com o aumento da CE das águas de irrigação (Tabela 3).

O potássio foi o cátion que esteve presente em menores teores nas três coletas realizadas, provavelmente pelo fato deste elemento não participar da composição das águas de irrigação. Porém, observaram-se aumentos nos teores deste elemento com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada, considerados fatores negativos, pois estas águas com maiores valores de CE podem promover a diminuição do potássio nos solos pela substituição deste elemento no complexo de troca, com posterior lixiviação. O mesmo foi observado para o magnésio, que também não foi fornecido pelas águas de irrigação e teve seus teores aumentados nos lixiviados dos tratamentos de maiores valores de CE das águas de irrigação.

Aos 30 dias do transplantio, o cálcio foi o cátion predominante na composição do lixiviado dos solos irrigados com as águas de CE de 200 e 700 mS cm⁻¹, seguido pelo magnésio, sódio e potássio; enquanto no lixiviado dos solos irrigados com as águas de irrigação de 2.000 mS cm⁻¹ os teores de sódio superaram os de magnésio (Tabela 3). Isto indica que apenas com 30 dias de irrigação com as águas salinas, o sódio já se destacou no lixiviado dos solos submetidos à irrigação com a água de maior valor de CE. Este resultado era previsível, pois as águas de irrigação foram preparadas a partir de cloreto de sódio e de cálcio, sendo natural a presença de altos teores de cálcio, sódio e cloro nos lixiviados. Provavelmente, os maiores teores de sódio nas águas de irrigação de maior CE pode ter proporcionado os elevados teores desse elemento em relação ao cálcio, em seu lixiviado.

Tabela 3. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro das soluções lixiviadas em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) aos 30, 60 e 90 dias

Table 3. Calcium, magnesium, sodium, potassium and chloride mean levels of leachate solutions in function of electrical conductivity of irrigation water (ECia) at 30, 60 and 90 days

CEai($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
	(mmol _c L ⁻¹)				
30 dias					
200	21,97 B	12,66 B	4,75 C	1,42 B	7,68 C
700	26,39 A	14,65 A	12,33 B	1,34 B	22,01 B
2.000	27,58 A	15,31 A	26,19 A	1,63 A	49,02 A
CV (%)	48,47	34,27	26,39	39,02	27,06
60 dias					
200	22,61 C	11,58 C	7,35 C	0,99 C	12,98 C
700	30,18 B	15,65 B	17,19 B	1,55 B	31,17 B
2.000	44,15 A	18,15 A	39,89 A	2,09 A	67,81 A
CV (%)	33,31	38,81	22,29	30,00	27,55
90 dias					
200	11,09 C	6,41 C	8,78 C	0,71 C	20,13 C
700	16,57 B	8,89 B	18,82 B	1,09 B	39,58 B
2.000	25,29 A	11,54 A	42,87 A	1,63 A	72,54 A
CV (%)	29,34	59,27	25,72	21,21	25,30

* Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade

O mesmo pode ter ocorrido com o cloro, presente nos dois sais constituintes das águas. Então, para mesmos valores de RAS, o aumento da CE das águas de irrigação pode induzir a maiores problemas de sodificação.

No entanto, este resultado pode ser um indicativo de possíveis problemas de deficiência de potássio e magnésio em solos irrigados com águas cloradas sódicas, como as predominantes no Perímetro Irrigado Cachoeira II (Fernandes et al., 2009), local de origem dos solos, e em outras áreas do semi-árido brasileiro, já que o uso de águas com os valores de maior CE promove uma lixiviação mais intensa destes elementos no solo, o que pode implicar em maiores doses de adubos para satisfazer a necessidade nutricional da planta, implicando também em maiores prejuízos ao produtor.

Após 60 dias do transplantio das mudas, o cálcio continuou sendo o cátion predominante na composição do lixiviado dos solos, independentemente da CE das águas de irrigação; contudo, nos lixiviados dos solos irrigados com a água de CE de 700 mS cm⁻¹ os teores do sódio já superaram os de magnésio, como ocorrido nas águas de irrigação de 2.000 mS cm⁻¹ (Tabela 3). E nos lixiviados coletados aos 90 dias do transplantio, o cálcio predominou apenas quando as águas de irrigação foram as de mais baixa CE (200 mS cm⁻¹), sendo o sódio o cátion predominante nos demais tratamentos. Silva et al. (2008) também verificaram elevados teores de sódio nos lixiviados de quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas, superando

os de magnésio e até os de cálcio aos 30 dias de passagem das águas, especialmente nos solos mais jovens (Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico). Os teores de cloro também aumentaram significativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação, provavelmente devido à composição destas águas a partir de sais de cloro, concordando com os resultados observados por Silva et al. (2008).

Para a caracterização da salinidade, foram avaliados os valores de pH, condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS) dos lixiviados (Tabela 4). Houve diferença significativa nos valores de pH apenas no lixiviado coletado aos 60 dias após transplantio, e observou-se redução nos valores de pH da primeira para a última coleta. Silva et al. (2008), que também encontraram reduções nos valores de pH no lixiviado de solos cultivados com melão no Rio Grande do Norte dos dez aos 30 dias de cultivo, afirmam que tal fato pode ter ocorrido pela retirada de íons alcalinos pela lixiviação promovida com as soluções de cloretos.

Houve incremento nos valores de CE com o aumento da salinidade da água de irrigação, independentemente do período de coleta, ou seja, o uso de águas de irrigação mais salinas promoveram elevação na salinidade dos lixiviados, detectados pelos maiores valores de condutividade elétrica (Tabela 4). Também houve aumento nos valores da CE do lixiviado ao longo do tempo de coleta pelo uso contínuo das águas salinas de irrigação. Semelhante tendência foi observada por Pereira et al. (1986) e Ben-Hur et al. (2001), quando estudaram a ação da lixiviação dos sais adicionados em solos de textura leve pela água de irrigação. Ferreira et al. (2006) também obtiveram aumento da salinidade do lixiviado em função do tempo de irrigação com águas salinas.

Os valores da RAS nos lixiviados também aumentaram com o aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação e em função do tempo de coleta, sendo encontrados os maiores valores de RAS nos lixiviados ao final do ciclo da cultura (Tabela 4). Este é um fator preocupante, pois, estas águas lixiviadas tendem a se tornar mais salinas (maior CE) e a apresentar maiores teores de sódio em sua composição com o passar do tempo, devido ao uso contínuo destas águas de irrigação.

Em condições de campo estas águas, sendo transportadas ao longo do perfil do solo, poderiam vir a promover a salinização e sodificação do solo, tornando-o impróprio para a agricultura, além de contribuir para a salinidade das águas do lençol freático. Segundo Ribeiro et al. (2003) o aumento da proporção de sódio na solução do solo pode substituir o cálcio e o magnésio do complexo sortivo, pois, quando a concentração de sais de sódio atinge valores muito altos, o Na solúvel começa a ser adsorvido pelo complexo de troca, iniciando-se a primeira etapa do processo de sodificação, que leva à formação dos solos sódicos. Desta forma, apesar da menor seletividade, o Na⁺ consegue deslocar os outros cátions por ação de massa.

Os solos, apesar de pertencerem a uma mesma classe (Neossolo Flúvico), diferenciando-se quanto à textura, tiveram variação na composição dos lixiviados aos 30, 60 e 90 dias de irrigação com águas salinas (Tabela 5). Aos 30 dias após o transplantio, os teores de cátions foram maiores no

Tabela 4. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) aos 30, 60 e 90 dias

Table 4. Mean values of pH, electrical conductivity (CE) and sodium adsorption ratio (RAS) in leachate solutions in function of electrical conductivity of irrigation water (CEai) at 0, 60 and 90 days

CEai($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	CE(dS m^{-1})	RAS($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$) ^{0,5}
30 dias			
200	8,30 A	1,99 C	1,29 C
700	8,43 A	2,85 B	3,03 B
2.000	8,46 A	4,51 A	6,36 A
CV (%)	6,50	17,27	31,09
60 dias			
200	7,90 A	2,08 C	1,92 C
700	7,68 B	3,18 B	3,81 B
2.000	7,53 B	5,53 A	7,25 A
CV (%)	5,97	21,34	21,87
90 dias			
200	7,76 A	2,77 C	3,22 C
700	7,61 A	4,72 B	5,77 B
2.000	7,79 A	7,85 A	11,47 A
CV (%)	8,06	22,64	15,12

* Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade

lixiviado do solo de textura franco arenosa, sendo o cátion predominante o cálcio, seguido do sódio, magnésio e potássio, em ambos os solos (Tabela 5). Os teores de cloro também se apresentaram maiores no lixiviado do solo franco arenoso, aos 30 e 60 dias após o transplantio.

No lixiviado coletado 60 dias após o transplantio, a sequência de predomínio dos cátions foi a mesma dos lixiviados coletados aos 30 dias após o transplantio, porém, com teores mais elevados (Tabela 5). Houve aumento nos teores de cloro em relação ao lixiviado coletado aos 30 dias do transplantio, pela continuidade de fornecimento dos sais nas águas.

No lixiviado coletado aos 90 dias após o transplantio, houve predomínio do sódio, superando os demais cátions, o que não ocorreu nos lixiviados das coletas anteriores (Tabela 5). Também houve aumentos nos teores de cloro em relação às demais épocas de coleta. Ao final do ciclo da cebola, verificou-se que os íons predominantes na composição dos lixiviados dos dois solos foram Ca, Na e Cl, provavelmente pelo fato destes comporem as águas de irrigação. Estes resultados corroboram com os obtidos por Jury et al. (1979), Sampaio & Ruiz (1996) e Silva et al. (2008), os quais afirmaram que a maior parte dos cloretos são lixiviados do solo com aplicação de água correspondente a um volume de poros.

No geral, os lixiviados do solo de textura franco arenosa carregaram maiores teores de sais aos 30 e 60 dias de passagem das águas; contudo, aos 90 dias houve uma inversão para

cálcio, magnésio e cloro, que foram superiores no solo franco argilo arenoso. Provavelmente, este solo tenha retido mais sais no início do ensaio, pelo maior teor de argila em relação ao franco arenoso, liberando-os com o tempo de passagem das águas, com maiores aportes de sais com o tempo de irrigação com águas salinas.

Os resultados mostraram que o potássio foi o único elemento que esteve em maiores teores no lixiviado do solo franco arenoso, nas três coletas realizadas. Bernardi et al. (2007) trabalhando com fertirrigação em Neossolos Quartzarênicos, na cultura do meloeiro, também verificaram altos índices de lixiviação deste elemento nestes solos com predomínio da fração areia. Estes autores afirmam que deve haver uma atenção especial para o manejo da adubação potássica nestes solos de menor CTC, com relação à lixiviação e perda deste nutriente, recomendando o parcelamento das doses, evitando o fornecimento de quantidades elevadas de uma só vez.

Comparando-se os dois solos diferentes quanto à textura, os valores de pH do lixiviados diferiram apenas aos 30 dias após o transplantio, sendo superiores no de textura franco argilo siltosa (Tabela 6). Já os valores de CE foram maiores no lixiviado do solo franco arenoso aos 30 e 60 dias, invertendo-se aos 90 dias. Os valores de RAS não diferiram significativamente em função do solo, durante as três coletas realizadas, porém, notou-se um aumento destes valores nos lixiviados de ambos os solos em função do tempo, com a continuidade do processo de irrigação com as águas salinas (Tabela 6). Esta elevação na RAS dos lixiviados indica o aumento da proporção de sódio na fase solúvel do solo, com a diminuição dos demais cátions, o que pode promover desequilíbrios nutricionais, pela dificuldade de absorção de cálcio, magnésio e potássio, elementos essenciais às plantas.

No solo franco argilo siltoso houve uma maior retenção dos sais, confirmada pelo maior valor de CE das soluções lixiviadas (Tabela 6); além disso, nestes solos a lixiviação é mais lenta, dificultando a liberação dos sais nos lixiviados, enquanto no solo de textura mais grossa os sais foram liberados mais intensamente do início até aproximadamente os 60 dias de cultivo, revertendo-se a CE a partir daí. Em solos mais arenosos a fração de lixiviação permite que o equilíbrio dinâmico de sais na região radicular seja alcançado mais rapidamente, pois os sais são prontamente liberados na solução do solo devido a baixa CTC. É provável que o desenvolvimento das plantas nesse solo tenha sido mais afetado pela salinidade. O solo mais argiloso tem relativa capacidade de “armazenar” sais (ou cátions) na CTC, por isso retardou o aparecimento de sais no lixiviado. De acordo com Sengik et al. (1988), as respostas dos lixiviados dependem diretamente das características dos solos.

O uso de águas semelhantes a estas águas salinas de irrigação deve se dar por meio de um monitoramento criterioso, pois, ao serem lixiviadas, podem vir a afetar gravemente o solo, como mencionado anteriormente, degradando-o em profundidade, comprometendo não apenas suas características químicas, como também as físicas e, assim, impedindo ou criando condições desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Tabela 5. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro das soluções lixiviadas em função da textura do solo aos 30, 60 e 90 dias*Table 5.* Calcium, magnesium, sodium, potassium and chloride mean levels from leaching solutions in function of soil texture at 30, 60 and 90 days

Textura do solo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻
	(mmol _c L ⁻¹)				
30 dias					
Franco arenosa	32,95 A	16,69 A	16,73 A	2,10 A	30,81 A
Franco argilo siltosa	17,69 B	11,73 B	12,11 B	0,83 B	21,66 B
CV (%)	48,47	34,27	26,39	39,02	27,06
60 dias					
Franco arenosa	34,71 A	16,57 B	22,24 A	2,21 A	40,23 A
Franco argilo siltosa	29,92 B	23,69 A	20,72 A	0,87 B	34,41 B
CV (%)	33,31	38,81	22,29	30,00	27,55
90 dias					
Franco arenosa	15,34 B	6,91 B	22,61 A	1,50 A	39,35 B
Franco argilo siltosa	19,96 A	10,99 A	24,37 A	0,78 B	48,81 A
CV (%)	29,34	59,27	25,72	21,23	25,30

* Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade

Tabela 6. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE) e relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da textura do solo aos 30, 60 e 90 dias*Table 6.* Mean values of pH, electrical conductivity (EC) and sodium adsorption ratio (SAR) of the leachate solutions in function of soil texture at 30, 60 and 90 days

Textura do solo	pH	CE (dS m ⁻¹)	RAS (mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}
30 dias			
Franco arenosa	8,27 B	3,50 A	3,63 A
Franco argilo siltosa	8,53 A	2,74 B	3,50 A
CV (%)	6,50	17,27	31,09
60 dias			
Franco arenosa	7,77 A	3,93 A	4,38 A
Franco argilo siltosa	7,64 A	3,26 B	4,28 A
CV (%)	5,97	21,34	21,87
90 dias			
Franco arenosa	7,78 A	4,57 B	7,22 A
Franco argilo siltosa	7,66 A	5,66 A	6,42 A
CV (%)	8,06	22,64	15,12

* Médias seguidas de mesma letra na coluna dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação eleva as perdas de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ e Cl⁻ por lixiviação aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio, no cultivo da cebola.

A salinidade do lixiviado eleva-se com o aumento da salinidade das águas de irrigação.

O lixiviado do solo franco arenoso é mais salino e apresenta maiores teores de cátions até os 60 dias após o transplântio.

Com o uso sucessivo dessas águas, o solo franco argilo siltoso tende a lixiviar maiores quantidades de sais.

LITERATURA CITADA

- Ben-Hur, M.; Li, F. H.; Keren, R.; Ravina, I.; Shalit, G. Water and salt distribution in a field irrigated with marginal water under high water table conditions. *Soil Science Society of America Journal*, v.65, n.1, p.65-191, 2001.
- Bernardi, A. C. C.; Tavares, S. R. L.; Crisóstomo, L. A. Alteração da fertilidade de um Neossolo Quartzarênico em função da lixiviação de nutrientes. *Irriga, Botucatu*, v. 12, n. 4, p. 429-438, 2007.
- Cavalcanti, F. J. de A. (Coord.). Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco, 2ª aproximação. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 1998. 198p.
- Fernandes, J. G.; Freire, M. B. G. S.; Cunha, J. C.; Galvêncio, J. D.; Correia, M. M.; Santos, P. R. Qualidade físico-química das águas utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 1, p. 27-34, 2009.
- Ferreira, P. A.; Moura, R. F.; Santos, D. B.; Fontes, P. C. R.; Melo, R. F. efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.570-578, 2006.
- Freire, M. B. G. dos S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Alvarez V., V. H.; Freire, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p.227-232, 2003.
- Freitas, E. V. S.; Fernandes, J. G.; Campos, M. C. C.; Freire, M. B. G. dos. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.7, n.1, p.21-28, 2007.
- Jury, W. A.; Jarrell, W. M.; Devitt, D. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. *Soil Science Society of America Journal*, v. 43, n.6, p. 1100-1106. 1979.
- Pereira, O. J.; Matias Filho, J.; Andrade, E. M. Variação do teor de sais no solo irrigado aspersão e ação da chuva na sua lixiviação. *Ciência Agrônoma*, v.17, n.1, p.61-65, 1986.
- Ribeiro, M. R.; Freire, F. J.; Montenegro, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L.R.G.G.; Lima, J.M. de; Lopes, A.S.; Alvarez V., V.H. (Eds). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p.165-208.
- Sampaio, R. A.; Ruiz, H. A. Características das soluções drenadas na recuperação de solos salino sódicos com lixiviação parcelada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 20, n.1, p.13-20, 1996.
- Sengik, E.; Ribeiro, A. C.; Conde, A. R. Efeito da vinhaça em algumas propriedades de amostras de dois solos de Viçosa

- (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.12, n.1, p.11-15, 1988.
- Silva Filho, S. B.; Cavalcante, L.F.; Oliveira, F. A.; Lima, E. M.; Costa, J. R. M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. Irriga, Botucatu, v.5, n. 2, p.112-115, 2000.
- Silva, M. O.; Freire, M. B. G. S.; Mendes, A. M. S.; Freire, F. J.; Duda, G. P.; Sousa, C. E. S. Risco de salinização em quatro solos do Rio Grande do Norte sob irrigação com águas salinas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 2, n. 1, p. 8-14, 2007.
- Silva, M. O.; Freire, M. B. G. S.; Mendes, A. M. S.; Fernandes, M. B.; Oliveira, D. A. Composição do lixiviado de quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas. Revista Caatinga, v. 21, n. 1, p. 189-203, 2008.
- United States Salinity Laboratory – USSSL Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. (Handbook 60).
- Viana, S. B. A.; Rodrigues, L. N.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p.60-66, 2001.