

**LUIZ GUILHERME MEDEIROS PESSOA**

**DESENVOLVIMENTO DE CEBOLA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE  
DOIS NEOSSOLOS FLÚVICOS IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS**

**RECIFE - PE**

**FEVEREIRO - 2009**

**LUIZ GUILHERME MEDEIROS PESSOA**

**DESENVOLVIMENTO DE CEBOLA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE  
DOIS NEOSSOLOS FLÚVICOS IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.**

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO – 2009**

## Ficha catalográfica

P475d Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros

Desenvolvimento de cebola e atributos químicos de dois  
NEOSSOLOS FLÚVICOS irrigados com águas salinas / Luiz  
Guilherme Medeiros Pessoa. -- 2009.

86 f. : il.

Orientadora: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de  
Agronomia.

Inclui referências e apêndice

CDD 631.41

1. *Allium cepa* L.
2. Solos salinos
3. Irrigação
4. Química do solo
- I. Freire, Maria Betânia Galvão dos Santos
- II. Título

**LUIZ GUILHERME MEDEIROS PESSOA**

**DESENVOLVIMENTO DE CEBOLA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE  
DOIS NEOSSOLOS FLÚVICOS IRRIGADOS COM ÁGUAS SALINAS**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 02 de março de 2009.

**Orientadora:**

---

**Dr<sup>a</sup> Maria Betânia Galvão dos Santos Freire**

**Examinadores:**

---

**Dr. Dimas Menezes**

---

**Dr. Ênio Farias de França e Silva**

---

**Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro**

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**Luiz Guilherme Medeiros Pessoa** nasceu em 5 de maio de 1982, na cidade de Recife, Pernambuco. Iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco em agosto de 2001, tendo concluído em dezembro de 2006. Durante a graduação, realizou estágio em Fruticultura, Física do Solo e em Química do Solo. Foi monitor bolsista da disciplina Fertilidade do Solo por dois anos. Participou, como voluntário, do Programa de Iniciação Científica da UFRPE por um período de um ano e meio. Participou da comissão organizadora do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo e do I Simpósio Pernambucano de Ciência do Solo. Iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRPE em março de 2007, como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, concluindo em fevereiro de 2009.

“Tudo que sei é que nada sei”

(Sócrates)

À minha querida mãe, Maria José Medeiros Pessoa, por sempre acreditar e confiar em mim, mesmo nos momentos difíceis que passo em minha vida, quando nem eu mesmo acredito que posso alcançar tal objetivo, ela sempre me faz acreditar que sou capaz.

À minha grande amiga e orientadora, a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, por todo incentivo concedido durante minha vida acadêmica e por despertar em mim o interesse pela pesquisa. Foi esta pessoa maravilhosa que me estimulou e a grande responsável por criar em mim um interesse em fazer uma Pós-Graduação neste fascinante ramo da Agronomia – a Ciência do Solo.

***DEDICO E OFEREÇO.***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade de mais uma realização em minha vida.

Aos meus pais pela criação e educação concedida.

A minha mãe, por todo incentivo e motivação na minha formação como Engenheiro Agrônomo.

A minha família, por todo apoio prestado e por sempre acreditarem em meu trabalho e estudo.

A professora Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, por toda a orientação prestada, paciência, confiança, amizade, incentivo, pela motivação concedida para a realização deste trabalho, e principalmente pelo exemplo de profissional que é e que representa para mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRPE, pela formação e vivência acadêmica.

Aos professores do PPGCS – UFRPE, por todo conhecimento transmitido e pela excelente experiência adquirida.

Aos professores Fernando José Freire e Izabel Cristina de Luna Galindo pela orientação e apoio prestado.

Ao professor Dimas Menezes, por toda a colaboração prestada neste trabalho.

Aos funcionários da UFRPE Maria do Socorro, Sr. Noca, Anacleto, Sr. Camilo, Sr. Josué, por todo apoio prestado.

Ao CNPq, pelo financiamento da minha bolsa para a realização deste trabalho de pesquisa.

Aos funcionários da EECAC, em especial ao Sr. Benedito, por todo auxílio e toda a paciência.

Aos colegas de turma Laerte, Welka, Carolina, André, Luciana, Rosemberg, Rômulo, Marise, Maria, Carla, Terezinha e Patrick, pela amizade, convivência, e por todos os momentos vividos.

Aos estagiários Hernandez, Juliana, Geraldo, Renato, Patrícia, Monaliza, Marcos, Victor, Levy, pelo companheirismo e dedicação nas atividades realizadas durante este trabalho

Ao grupo do laboratório de Química do Solo pela contribuição e pela convivência harmoniosa, existente há tantos anos.

Aos grandes amigos Patrícia Ribeiro, Marcelo Alves, Dinara Alves, Jailson Cavalcante, Márcio Fléquisson, Leonardo Batista, Monaliza Mirela, Luciana Remígio e Rosemberg Vasconcelos, por todo companheirismo durante o período deste trabalho.

A minha turma de graduação, por todo incentivo concedido durante o período em que estudamos.

Aos meus grandes amigos de infância Anderson Carvalho e Julio César, que sempre acreditaram no meu esforço e sempre torcem por mim onde eu estiver.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*OBRIGADO.*

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. Importância da irrigação.....	18
2.2. Qualidade da água de irrigação.....	20
2.3. Salinização do solo pela água de irrigação.....	22
2.4. Efeitos dos sais em plantas.....	25
2.5. Perímetro Irrigado Cachoeira II.....	27
2.6. A cultura da cebola.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Crescimento e teores de elementos na planta.....	37
4.2. Avaliação dos atributos do solo.....	51
4.3. Composição química do lixiviado.....	64
5. CONCLUSÕES.....	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Matéria fresca da planta (A), matéria fresca das folhas (B), matéria fresca do bulbo (C), matéria fresca das raízes (D) e diâmetro do bulbo (E) de plantas de cebola em função da RAS, para as diferentes CEs das águas de irrigação aplicadas.....	43
2. Matéria seca da planta (A), matéria seca das folhas (B), matéria seca do bulbo (C), matéria seca das raízes (D), número de folhas (E) e altura de folhas (F) de plantas de cebola em função da RAS, para as diferentes CEs das águas de irrigação aplicadas.....	44
3. Valores de pH do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).....	57
4. Valores de pH do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).....	59
5. Valores de CE do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).....	60
6. Valores de RAS do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).....	62
7. Valores de PST do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (*, **, *** - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).....	63

## LISTA DE QUADROS

	Página
1. Atributos físicos das amostras dos dois NEOSSOLOS FLÚVICOS coletados na camada superficial, de classes texturais Franco arenosa e Franco argilo siltosa.....	31
2. Atributos químicos das amostras dos dois NEOSSOLOS FLÚVICOS coletados na camada superficial, de classes texturais Franco arenosa e Franco argilo siltosa.....	33
3. Águas de irrigação usadas no experimento, de acordo com a classificação de águas para irrigação proposta por USSL Staff (1954).....	34
4. Produção média de matéria fresca da planta (MFP), matéria fresca das folhas (MFF), matéria fresca das raízes (MFR), matéria seca da planta (MSP), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das raízes (MSR), número de folhas (NF), altura de folhas (ALTF), matéria fresca do bulbo (MFB), matéria seca do bulbo (MSB) e diâmetro do bulbo (DB) aos trinta, sessenta e noventa dias após o transplântio, em função da CE da água de irrigação.....	38
5. Produção média de matéria fresca da planta (MFP), matéria fresca das folhas (MFF), matéria fresca das raízes (MFR), matéria seca da planta (MSP), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das raízes (MSR), número de folhas (NF), altura de folhas (ALTF), matéria fresca do bulbo (MFB), matéria seca do bulbo (MSB) e diâmetro do bulbo (DB) aos trinta sessenta e noventa dias após o transplântio, em função da textura do solo.....	41
6. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro na matéria seca dos bulbos, folhas e raízes de plantas de cebola, em função da condutividade elétrica (CE) da água de irrigação.....	46
7. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro na matéria seca dos bulbos, folhas e raízes de plantas de cebola, em função da textura do solo.....	50
8. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) no extrato de saturação em função da CE da água de irrigação e da textura do solo, ao final do ciclo da cebola.....	52

9. Valores médios de pH do solo, teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis e valores de percentagem de saturação por sódio (PST) no solo em função da salinidade da água de irrigação e Da textura do solo, ao final do ciclo da cebola.....	54
10. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da salinidade da água de irrigação.....	65
11. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da textura do solo.....	69
10. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da salinidade da água de irrigação.....	65
11. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da textura do solo.....	69

PESSOA, LUIZ GUILHERME MEDEIROS. MSc. pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, fevereiro de 2009. Desenvolvimento de cebola e atributos químicos de dois NEOSSOLOS FLÚVICOS irrigados com soluções salinas. Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Conselheiros: Dr<sup>a</sup>. Izabel Cristina de Luna Galindo e Dr. Fernando José Freire.

## RESUMO

A crescente demanda por alimentos tornou o uso da irrigação imperativo em todo mundo, sobretudo em regiões semi-áridas, como as do Nordeste brasileiro, onde ocorre deficiência hídrica no solo durante a maior parte do ano. 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, conseqüentemente, inviabilizando a produção. Este trabalho teve como objetivo, avaliar o desenvolvimento da cebola (*Allium cepa* L.) e as alterações de dois solos de diferentes texturas do semi-árido de Pernambuco sob irrigação com soluções salinas. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, estudando-se solos irrigados com soluções preparadas para corresponderem a três valores de condutividade elétrica (CE) e seis de relação de adsorção de sódio (RAS), combinados como tratamentos de salinidade. Assim, o experimento constituiu-se de um arranjo fatorial 2 x 3 x 6 (dois solos, três CE e seis RAS), em quatro repetições, contabilizando 144 unidades experimentais. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com uma repetição por bloco. Foram utilizadas mudas de cebola da cultivar IPA 11, realizando-se coletas de solo, planta e lixiviado mensalmente, totalizando três coletas ao final do ciclo da cebola. Houve uma redução nas variáveis de crescimento em função do aumento da CE da solução de irrigação nas três fases de desenvolvimento da cultura estudadas, contudo, a RAS das águas de irrigação não afetou significativamente as variáveis de crescimento da cebola. Houve um aumento no acúmulo de elementos na matéria seca das plantas de cebola com o aumento da salinidade das soluções de irrigação, em todas as partes analisadas. A parte da planta onde houve um maior acúmulo de elementos foi a raiz, seguido das folhas e bulbo. O potássio foi o íon predominante na matéria seca da cebola, observando-se aumento no acúmulo do sódio com o aumento da salinidade da solução de irrigação. A salinidade do lixiviado, bem como os teores dos elementos analisados, aumentaram significativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação. O solo arenoso foi caracterizado por uma maior lixiviação dos íons em relação ao solo franco argilo arenoso até os sessenta dias. Aos noventa dias, houve um equilíbrio entre a composição do lixiviado dos dois solos, provavelmente em função de uma remoção mais lenta de sais no solo franco argilo arenoso. Houve um aumento significativo nos teores de sódio trocável, da PST, da RAS e da CE com o aumento da salinidade da água de irrigação. Entre os solos, o de textura franco argilo siltosa irrigado com águas menos salinas apresentou maior retenção de sais em relação ao solo de textura franco arenosa, com maiores valores de CE e de sódio trocável.

PESSOA, LUIZ GUILHERME MEDEIROS. MSc. at Universidade Federal Rural de Pernambuco, in february of 2009. Onion development and chemical attributes of two FLUVIC NEOSSOILS irrigated with saline solutions. Advisor: Dr<sup>a</sup>. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire. Advisers: Dr<sup>a</sup>. Izabel Cristina de Luna Galindo and Dr. Fernando José Freire.

## ABSTRACT

The increasing demand for food has made the use of irrigation imperative in the world, especially in semi-arid regions, such as the Northeast, where water deficit occurs in the soil during most of the year. One of the most relevant aspects, regarding the success of irrigation and agricultural practice concerns the quality of irrigation water, especially in cases of arid and semi-arid areas, where there may be an increase in the salt concentration, degrading the soil, and thus preventing the production. This study aimed to assess the development of onion (*Allium cepa* L.) and degradation of soils of different textures of semi-arid region of Pernambuco under irrigation with saline solutions. Two soils were studied irrigated with solutions to meet the three values of EC and six of SAR, and combined treatments of salinity. Thus the experiment consisted of a factorial arrangement 2 x 3 x 6 (two soils, three EC and six SAR), in four replicates, counting 144 experimental units. The experimental design was randomized blocks, with one repetition per block. Seedlings were used for onion cultivar IPA 11. The samples of soil, plant and leachate were performed monthly, totaling three collections at the end of the cycle of onion. There was a reduction in the variables of growth in terms of increasing the electrical conductivity of the solution irrigation in the three phases of development of the culture studied. The SAR of the irrigation water didn't significantly affect the variables of growth of onion. There was an increase in the accumulation of elements in dry matter of onion plants with increasing salinity of irrigation solutions in all parts examined. Part of the plant where there was a greater accumulation of evidence was the root, followed by leaves and bulb. The potassium ion was predominant in the dry onion, which we observed an increase in the accumulation of sodium with increasing salinity of the irrigation water. The salinity of the leachate, and the contents of the elements examined increased significantly with increasing salinity of the irrigation solution. The sandy soil promoted a greater leaching of ions from the ground up to free sandy clay sixty days. To ninety days, there was a balance between the leachate compositions from both soils, probably due to a slower removal of the sandy clay soil free. There was a significant increase in levels of exchangeable sodium, the ESP, the SAR and the EC, with the increased salinity of the irrigation water. Among the soil, the finest textured soil had greater retention of salts than the coarse textured soil, obtaining higher values of EC and exchangeable sodium.

## 1. INTRODUÇÃO.

Segundo Testezlaf et al. (2002), vários são os benefícios gerados quando os agricultores adotam a técnica da irrigação no sistema produtivo, como por exemplo, quando se utilizam as técnicas de irrigação para suprir as demandas ou necessidades hídricas das plantas, mesmo que falte chuva, o risco de quebra de safra é minimizado, com maior garantia de produção. A complementação da demanda hídrica da cultura pela irrigação, nos momentos corretos, proporciona o aproveitamento da água da chuva de modo a resultar em produção efetiva.

A Região Nordeste abrange uma área de 1.600.000 km<sup>2</sup> dos quais 1.500.000 km<sup>2</sup> apresentam insuficiência hídrica durante a maior parte do ano, caracterizando o “polígono das secas”. A irrigação assume destaque no desenvolvimento da agricultura dessa região, que, com base no Programa Nacional de Irrigação (PRONI), há quase 6.000.000 ha de solos potencialmente irrigáveis (ABID, 2001; Dantas et al., 2002). Porém, 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, conseqüentemente, inviabilizando a produção.

A qualidade de água da irrigação refere-se à salinidade, sodicidade e toxicidade específica de alguns íons. A salinidade causa redução na disponibilidade de água e nutrientes às plantas, prejudicando o crescimento e rendimento, devido aos sais solúveis presentes na solução do solo, prontamente disponíveis. A sodicidade refere-se à ação de íons carbonatos e bicarbonatos que elevam o pH do meio, além de promoverem a precipitação de cálcio e magnésio, elevando o teor de sódio solúvel e trocável do solo. A toxicidade de íons específicos diz respeito aos efeitos provocados pelo boro, cloreto, nitrato e sódio que interferem negativamente no crescimento, rendimento e qualidade da produção obtida (Daker, 1970; Nunes Filho et al., 2000).

Nas áreas intensamente cultivadas sob irrigação, como nos perímetros irrigados e nos pólos produtivos da região Nordeste, a maior parte dos sais são transportados ao solo através da água de irrigação, tanto pelo conteúdo salino da água, como também devido o manejo deficitário da irrigação e a baixa capacidade de drenagem dos solos para a lixiviação dos sais (Barroso et al., 2003). Para

Alencar et al. (2003), nessas regiões semi-áridas esse problema torna-se mais agravante pela necessidade do uso de água na irrigação, que oferece restrição às plantas.

Sob as condições climáticas presentes no semi-árido, o aumento do teor de sais solúveis no solo é um processo natural, pois o déficit de precipitação em relação à evapotranspiração aumenta a concentração de sais nas camadas superficiais do solo; neste processo, o uso da irrigação implica necessariamente na incorporação gradativa de sais no solo, sobretudo nas camadas de atividade radicular, com reflexos depressivos sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas (USSL Staf, 1954; Yeo, 1999).

No semi-árido pernambucano, com base nos dados fornecidos pelo DNOCS (1999) e por Fernandes (2008), pode-se verificar que o município de Serra Talhada apresenta sintomas de suscetibilidade aos processos de degradação pela salinização e/ou sodificação dos solos. Portanto, faz-se necessário um monitoramento de uso dessas águas, bem como a realização de estudos que direcionem as culturas que podem vir a serem implantadas, de forma a viabilizar o sistema de produção, tentando minimizar os prejuízos danosos aos agricultores da região. A cebola, muito cultivada na região, segundo Ayers & Westcot (1985), é considerada uma cultura sensível à salinidade, com uma queda de até 50% no seu rendimento quando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) atinge  $4,3 \text{ dS.m}^{-1}$ . A germinação da cultura da cebola também é seriamente afetada pela salinidade, onde a CEes numa faixa entre  $5,6$  a  $7,5 \text{ dS.m}^{-1}$  provoca uma redução de 50% na germinação. Sendo assim, o uso de águas salinas pode vir a afetar o processo produtivo da cultura, causando sérios prejuízos aos agricultores, além de promover a salinização/sodificação dos solos, degradando-os e originando problemas ambientais.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da cebola (*Allium cepa L.*) e a alteração nas propriedades de solos de diferentes texturas do semi-árido de Pernambuco sob irrigação com águas salinas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA.**

### ***2.1. Importância da Irrigação.***

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 pluviais locais. Vieira (1989) classifica a irrigação como obrigatória quando as condições climáticas a determinam, e como suplementar quando, embora as chuvas sejam suficientes para satisfazer as necessidades hídricas das plantas, sua distribuição irregular durante o ano afeta sensivelmente o seu metabolismo, causando queda da produtividade e da qualidade das safras.

A crescente demanda por alimentos tornou o uso da irrigação imperativo em todo mundo, sobretudo em regiões semi-áridas, como o Nordeste brasileiro, onde ocorre deficiência hídrica durante a maior parte do ano. Nestas áreas a viabilidade do sistema produtivo, em termos de rendimento com qualidade da produção, é dependente da agricultura irrigada (Viana et al., 2001a).

Segundo Testezlaf et al. (2002), vários são os benefícios gerados quando se adota a técnica da irrigação no sistema produtivo, como minimizar o risco de quebra de safra, com maior garantia de produção. A complementação da demanda hídrica da cultura pela irrigação, nos momentos corretos, proporciona o aproveitamento da água da chuva, resultando em produção efetiva.

O incremento de produtividade e a participação da irrigação na produção de alimentos ficam evidenciados quando se constata, através de dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2000), que apenas uma parcela de 1/6 da área mundial cultivada é irrigada, sendo responsável por 2/5 da produção de alimentos. Exemplos de produtividades de algumas culturas brasileiras sob condições de cultivo irrigado, comparadas com a produtividade média brasileira foram demonstradas pelo IBGE (2001), com incrementos de até 189% na produtividade quando adotada a prática da irrigação, ou seja, o uso da irrigação é responsável por uma grande parcela do crescimento na disponibilidade de alimentos para a população mundial.

Além de ser um fator de incremento nos volumes de produtos agrícolas em geral, deve-se lembrar que numerosas culturas de ciclo curto, como cebola, tomate,

alface e outras hortaliças, particularmente exigentes em água, são viabilizadas somente com o uso da irrigação, além da melhoria da qualidade do produto colhido, com maior uniformidade da produção.

A irrigação, como técnica que garante a produção agrícola, também é considerada oficialmente como elemento fomentador do desenvolvimento socioeconômico. Existem casos conhecidos no Brasil onde o desenvolvimento está diretamente relacionado com o uso da irrigação, como o município de Guaíra (SP), Petrolina (PE), Juazeiro (BA), Barreiras (BA), Chapada do Apodi (RN), Araguari (MG) e Janaúba (MG). Alguns estudos já foram desenvolvidos no país, comprovando o impacto positivo da irrigação na modernização agrícola e a sua contribuição efetiva no desenvolvimento regional. Os resultados evidenciaram que os projetos de irrigação promoveram substancial contribuição para melhoria na qualidade de vida da população, gerando novos empregos e melhoria da renda (Khan et al., 2001).

Além dos empregos diretos que o uso da técnica possibilita, a irrigação tem o potencial de criar empregos indiretos, seja na indústria de processamento agropecuário ou nos setores de insumos agrícolas. A capacidade de geração de emprego da agricultura irrigada pode ser avaliada por diferentes estudos, cujos valores apresentam variações em função da cultura, período e local analisado (França, 2001). Baseado nestes estudos, o autor estimou, para a região semi-árida do Nordeste do Brasil, que um hectare irrigado gera de 0,8 a 1,2 empregos diretos e 1,0 a 1,2 indiretos, de forma consistente e estável, contra 0,22 empregos diretos na agricultura de sequeiro. Christofidis (1997) estimou que a agricultura irrigada brasileira é responsável por 1,4 milhão de empregos diretos e 2,8 milhões de empregos indiretos, implicando que cada hectare irrigado gera aproximadamente 1,5 empregos. Assim, esta capacidade de gerar emprego por parte da agricultura irrigada contribui para a diminuição do êxodo rural desordenado do Nordeste.

Na América Latina, a superfície irrigada é de, aproximadamente, 16 milhões de hectares, distribuída principalmente no México, Argentina, Brasil, Chile e Peru, onde o Brasil ocupa lugar de pouca expressão entre os países que utilizam a irrigação intensivamente, sendo, em particular, a área irrigada correspondente a 18 % da área cultivada, mas contribui com 42 % da produção total (Christofidis, 2002).

A Região Nordeste abrange uma área de 1.600.000 km<sup>2</sup>, dos quais 1.500.000 km<sup>2</sup> apresentam insuficiência hídrica durante a maior parte do ano, caracterizando o “polígono das secas”. A irrigação assume destaque no desenvolvimento da

agricultura dessa região e, com base no Programa Nacional de Irrigação (PRONI), há quase 6.000.000 ha de solos potencialmente irrigáveis (ABID, 2001; Dantas et al., 2002).

## **2.2. Qualidade da água de Irrigação.**

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, conseqüentemente, inviabilizando a produção.

A qualidade da água de irrigação refere-se à salinidade, sodicidade e toxicidade específica de alguns íons. A salinidade causa redução na disponibilidade de água e nutrientes às plantas, prejudicando o crescimento e rendimento, devido aos sais solúveis presentes na solução do solo, prontamente disponíveis, que dificultam a absorção de água. A sodicidade refere-se à ação do elemento sódio, de efeito dispersivo sobre os colóides do solo e tóxico à maioria das plantas, principalmente em ambiente rico em íons carbonato e bicarbonato, que elevam o pH do meio, além de promoverem a precipitação de cálcio e magnésio, aumentando a proporção de sódio solúvel e trocável do solo. A toxicidade de íons específicos corresponde aos efeitos provocados pelo boro, cloreto, nitrato e sódio, que interferem negativamente no crescimento, rendimento e qualidade da produção obtida (Daker, 1970; Nunes Filho et al., 2000).

A classificação de águas para irrigação proposta por USSL Staff (1954), define quatro faixas de condutividade elétrica (CE): de 100 a 250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (C1), de 250 a 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (C2), de 750 a 2.250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (C3) e acima de 2.250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (C4); além de quatro faixas de relação de adsorção de sódio (RAS): de 2 a 10 (S1), de 10 a 18 (S2), de 18 a 26 (S3) e acima de 26 (S4). Indicando que o uso de águas de irrigação classificadas como C1, C2, C3 e C4 apresentam baixo, médio, alto e muito alto risco de salinização, respectivamente. E que as classificadas como S1, S2, S3 e S4 apresentam baixo, médio, alto e muito alto risco de sodificação, respectivamente.

Segundo Oliveira & Maia (1998), as determinações de pH e condutividade elétrica (CE) da água fornecem subsídios para avaliar a possibilidade de precipitação de sais e a indução da salinidade em função da prática da irrigação; a

relação de adsorção de sódio (RAS) assume papel preponderante, posto que a combinação CE e RAS servem para avaliar os perigos que a água oferece, respectivamente, em termos de salinização e sodificação de solos.

A variação na composição e qualidade das águas destinadas à irrigação depende da zona climática, fonte da água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação (Montenegro & Montenegro, 2004). Geralmente, as águas de zonas úmidas apresentam menores teores de sais que as de zonas áridas; enquanto as águas subterrâneas são mais salinas que as águas de rios e estas, próximas da foz, contêm mais sais que as próximas à nascente (Gheyi, 2000).

A qualidade da água de irrigação representa um dos principais fatores associados à salinização, por alterar a composição da solução do solo. Esta água pode conter de 100 a 4.000 kg de sal em cada 1.000 m<sup>3</sup>, o que é geralmente aplicada à razão de 10.000 a 15.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Se a drenagem for limitada, aproximadamente de 1,0 a 60,0 Mg ha<sup>-1</sup> de sais serão adicionados nessas áreas irrigadas (Macêdo & Menino, 1998). Sendo assim, é de grande importância o controle criterioso da água usada na irrigação, principalmente quando de baixa CE e RAS mais elevada, o que pode favorecer a dispersão dos colóides. A infiltração da água de chuva em solos salino-sódicos, por exemplo, poderá agravar os problemas próprios desses solos, ao lixiviar os sais solúveis e provocar a dispersão, promovendo redução na condutividade hidráulica (McNeal & Coleman, 1966; Minhas & Sharma, 1986; Freire et al., 2003a).

Outros problemas relacionados à qualidade da água de irrigação merecem destaque: crescimento vegetativo excessivo; retardamento na maturação das culturas e tendência ao acamamento, associados à elevada concentração de nitrogênio na água de irrigação; manchas nas folhas e frutos causadas pela aplicação, por aspersão, de água de irrigação contendo concentrações elevadas de bicarbonato, gesso e ferro; e corrosão e, ou, obstrução dos equipamentos de irrigação.

Mesmo em se tratando de água salina, estudos indicam que é possível obter benefícios conhecendo-se a função de resposta da cultura à salinidade (Dinar et al., 1986). Para tanto, ao se determinar a viabilidade do uso de águas para irrigação, deve-se levar em consideração a composição química da mesma, a tolerância das culturas, as práticas de manejo de solo, água e culturas, as condições

climatológicas, o método de irrigação e as condições de drenagem (Contreras & Elizondo, 1980).

### **2.3. Salinização do solo pela água de irrigação.**

O processo de salinização dos solos é função de vários fatores, dentre os quais destacam-se: o material de origem pela decomposição das rochas da crosta terrestre, solubilizando os minerais e fornecendo sais; e o clima, pela ação de elevadas temperaturas e baixas precipitações pluviais, provocando a redução no teor de umidade e, em consequência, aumentando a concentração de sais nos solos (Diniz, 1995). Do ponto de vista antrópico, há outros fatores, destacando-se os métodos de irrigação, o índice de salinidade dos fertilizantes, o transporte de sais aos solos através das irrigações (Freire, 1992; Freire, 1997).

Todavia, a salinização dos solos não está relacionada apenas à qualidade da água de irrigação, depende também das características físico-químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo a ele aplicadas. É comum o incremento da salinidade em áreas irrigadas, cujas técnicas de manejo não visam a aplicação suficiente de água e conservação da capacidade produtiva dos solos, bem como um eficiente sistema de drenagem e em locais onde há uso excessivo de fertilizantes (Silva Filho et al., 2000).

A irrigação, mesmo constituindo fator de desenvolvimento ao processo produtivo agrícola, tem provocado poluição e contaminação de parte das terras, em regiões áridas e semi-áridas, pela salinização e sodificação dos solos. Essa limitação se reflete na queda da produtividade das culturas e, às vezes, também na perda total da fertilidade das terras pelos elevados índices de sais solúveis e de sódio trocável (USSL Staff, 1954; Pereira, 2000). Apesar dos avanços tecnológicos, milhões de hectares continuam sendo salinizados a cada ano, contribuindo severamente para a redução da produção agrícola mundial (Khan & Abdullah, 2003).

Em áreas intensamente cultivadas sob irrigação, como nos perímetros irrigados e nos pólos produtivos da Região Nordeste, a maior parte dos sais é transportada ao solo pela água de irrigação, tanto pelo conteúdo salino da água, como pelo manejo inadequado da irrigação e baixa capacidade de drenagem dos solos para a lixiviação dos sais (Barroso et al., 2003). Para Alencar et al. (2003), nas

regiões semi-áridas este problema torna-se mais agravante pela necessidade do uso na irrigação de água que oferece restrição às plantas.

Sob as condições climáticas do semi-árido, o aumento do teor de sais solúveis no solo é um processo natural, pois o déficit de precipitação em relação à evapotranspiração aumenta a concentração de sais nas camadas superficiais do solo; neste processo, o uso da irrigação implica, necessariamente, na incorporação gradativa de sais ao solo, sobretudo nas camadas de atividade radicular, com reflexos depressivos sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas (USSL Staff, 1954; Yeo, 1999). Assim, a intensificação e, ou, expansão da agricultura irrigada, se mal manejada, pode acelerar alguns efeitos adversos sobre o solo, sendo a salinização um desses efeitos, em que o homem pode contribuir significativamente, principalmente pelo uso de água salina na irrigação, bem como a elevação do lençol freático pelo excesso de água aplicada, associado a uma drenagem insuficiente em solos de baixa condutividade hidráulica (Montenegro & Montenegro, 2004).

Quando as culturas são irrigadas com água com excesso de sais, esta, ao ser evapotranspirada, passa para a atmosfera em forma de moléculas de água pura, deixando os sais depositados no solo, além da absorção de água pelas plantas. Sendo assim, a solução do solo nas áreas irrigadas apresenta, de forma geral, um nível de salinidade superior ao da água de irrigação, devido aos sais solúveis existentes no solo, principalmente na camada superior. Portanto, não é a concentração de sais da água em si mesma que, geralmente, causa problemas osmóticos às plantas, mas, o aumento desta concentração de sais na solução do solo (Ben-Hur et al., 1998).

O conteúdo de sais adicionados ao solo via irrigação é proporcional à quantidade de água aplicada, ou seja, a concentração de sais no solo cresce em função da lâmina de irrigação aplicada. O excesso de fertilização, o uso de água salina e a ausência de drenagem adequada são fatores que resultam em situações desfavoráveis, que podem contribuir para a degradação dos solos (Silva, 2006).

Nos solos das regiões áridas e semi-áridas não afetadas por sais, os cátions cálcio e magnésio predominam no complexo de troca e na solução do solo. Entretanto, ao sofrerem os processos de salinização, pelo intemperismo ou pela irrigação, os carbonatos de cálcio e magnésio, bem como o sulfato de cálcio, são precipitados devido à baixa solubilidade. Este fenômeno resulta no aumento da proporção de sódio na solução do solo, que pode substituir o cálcio e o magnésio do

complexo sortivo, refletindo-se, com o passar do tempo, na perda da capacidade produtiva das terras (Paliwal & Gandhi, 1976; Jensen et al., 1990; Silveira, 1997; Santos, 2002; Silva, 2004). 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<sup>+</sup> consegue deslocar os outros cátions por ação de massa (Ribeiro et al., 2003).

A predominância de sódio em relação aos demais cátions no complexo de troca, pode promover a dispersão e migração dos colóides no perfil do solo, com obstrução de poros e redução da movimentação de ar e água, dificultando o crescimento dos vegetais (Freire et al., 2003a). A contribuição do sódio trocável na dispersão de solos vai depender do tipo de mineral de argila dominante. Caulinitas e illitas apresentam muito pouca expansão, enquanto que esmectitas e, em menor extensão, vermiculitas, são marcadamente expansíveis. Entretanto, todos os minerais de argila apresentam dispersão. A dispersão desses minerais verifica-se em resposta a forças repulsivas que são, geralmente, atribuídas às duplas camadas difusas extensas associadas com a presença de sódio adsorvido (Churchman et al., 1995; Freire et al., 2003b).

Além dos fatores de degradação já citados, o processo de salinização atinge extensas áreas em todo mundo, devido também ao desmatamento e uso intensivo para agricultura sob irrigação na África, sudoeste da Ásia, Austrália e no continente americano, envolvendo a América Central, do Norte e do Sul (Pizarro, 1985; Niazi et al., 1992; Silva Júnior et al., 2002; Sadiq et al., 2003).

Segundo a FAO (1998), na América Latina, mais de 3 milhões de quilômetros quadrados de terras agrícolas estão degradados e vastas superfícies de terras áridas correm riscos de desertificação. Na Argentina e no Chile, 35% das áreas irrigadas estão salinizadas e 30% das terras de regiões costeiras do Peru também apresentam este problema (Alfaro, 1990). No Brasil, principalmente no Nordeste, cerca de 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos de irrigação estão com problemas de salinização (Bernardo, 1997). Carneiro et al. (2002) afirmam que, em nível global, um quarto de toda área irrigada encontra-se seriamente comprometida por sais, onde no Brasil, são aproximadamente nove milhões de hectares em sete Estados do Nordeste, sendo que na Bahia localiza-se a maior área de solos degradados por sais, com cerca de 44% das terras salinizadas, seguido do Ceará, com 25,5%.

#### **2.4. Efeito dos sais em plantas.**

As plantas, quanto à salinidade, classificam-se em glicófitas (a maioria das plantas cultivadas, sendo as menos tolerantes à ação dos sais) e halófitas, as que adquirem condições fisiológicas e ajustam-se osmoticamente e sobrevivem sob estresse salino (USSL Staff, 1954; Santos & Tertuliano, 1998; Lira Júnior, 2002).

Espécies e cultivares têm tolerância variável à salinidade, o que faz com que a necessidade e o manejo da lixiviação de sais no solo sejam específicos para cada cultura. Em certos casos, as águas salinas promovem alterações nas condições físico-químicas do solo, em proporções que desfavorecem o crescimento e desenvolvimento da maioria das culturas, podendo uma mesma água ser recomendada para certo tipo de solo ou cultura, mas ser inadequada para outros (Medeiros et al., 2005). A salinidade representa a ação dos sais dissolvidos na solução do solo e ocorre, basicamente, pelas suas interações eletroquímicas com as argilas. A intensidade desse fenômeno depende da natureza da argila e do cátion presente na solução. A caracterização principal desse efeito é a expansão da argila, quando úmida, e a contração, quando a água é evaporada, absorvida pelas plantas ou lixiviada. Quando a expansão ou a contração é expressiva, pode ocorrer fragmentação das partículas provocando a dispersão da argila e o traumatismo radicular das culturas (USSL Staff, 1954; Lima, 1997; Holanda, 2000).

As conseqüências da salinidade/sodicidade do meio, inibindo as características de crescimento e desenvolvimento das plantas, são constatadas de três maneiras: por estresse salino, devido ao efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água (estresse hídrico) e absorção de nutrientes; por toxicidade, através do acúmulo de íons específicos e por desordem nutricional, com reflexos morfológicos, estruturais e metabólicos (Ayers & Westcot, 1991; Shannon, 1997; Chusman, 2001). A sodicidade relaciona-se mais à ação dos sais aos solos, prejudicando a estrutura, a infiltrabilidade de água, condutividade hidráulica, drenagem e aeração, pelo aumento na concentração de sódio trocável, carbonato e bicarbonato. Este problema torna mais difícil o manejo, porque altera as propriedades físicas, proporcionando a formação de camadas de impedimento que oferecem resistência ao movimento livre de ar e água, ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Anjos, 1993; Cavalcante, 2000).

A concentração elevada de sais na solução do solo é um fator estressante para as plantas, pois a energia da água no solo pode atingir níveis tão baixos que a torna indisponível às plantas. Por outro lado, a saturação do complexo de troca pelo Na resulta em condições físicas do solo altamente desfavoráveis ao crescimento vegetal, além de provocar distúrbios nutricionais (USSL Staff, 1954; Oliveira, 2001; Dias et al., 2004). Com a degradação dos solos, o processo produtivo pode ser afetado significativamente, devido às condições adversas submetidas ao crescimento das plantas. Estudos têm comprovado, em especial para o semi-árido do Nordeste brasileiro, que as águas normalmente utilizadas na irrigação se apresentam, na maioria das vezes, com concentrações de sais que têm concorrido para acelerar os problemas relacionados à salinidade/sodicidade dos solos, reduzindo sobremaneira a produção agrícola nas áreas irrigadas (Costa et al., 1982; Leprun, 1983; Laraque, 1989; Audry & Suassuna, 1990; Medeiros, 1992).

Elevadas concentrações de sais no solo prejudicam o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, resultando também em desequilíbrio nutricional e acúmulo excessivo de Na<sup>+</sup> e outros íons nos diferentes órgãos das plantas, sobretudo na parte aérea (Teixeira et al., 1998). Este desbalanço nutricional, provocado pelo excesso de sais (Na e Cl) na solução do solo leva a um distúrbio na absorção de nutrientes, alterando as concentrações dos elementos N, P, Ca, K, Mg e Na na planta. A disponibilidade de nutrientes em ambientes salinos é afetada por vários fatores no sistema solo-água-plantas, sendo que a concentração e a composição dos solutos na solução do solo podem controlar a atividade do íon-nutriente e, com isso, provocar desequilíbrio nutricional. Este desequilíbrio nutricional reflete na alteração de funcionamento dos processos metabólicos vegetais, interferindo na produção (Viana et al., 2001a; Javed, 2002).

O primeiro evento fisiológico decorrente do estresse salino na planta é a diminuição do conteúdo de água no tecido vegetal, que resulta na contração e afrouxamento das paredes celulares, causado pelo estresse osmótico associado ao estresse hídrico. Este decréscimo do volume celular resulta em menor pressão de turgidez e subsequente concentração de solutos nas células. Por ser a redução da turgidez o efeito biofísico significativo mais precoce do estresse hídrico, as atividades dependentes da turgidez como a expansão foliar, alongamento de raízes e taxa de crescimento da planta são as mais prejudicadas pelo déficit hídrico (Taiz & Zeiger, 2004). Sob estresse salino as plantas afetadas crescem lentamente, tornam-se

raquíticas, com folhas de coloração verde-escuro em menor número, tamanho e menor suculência (Santos, 1995).

## **2.5. Perímetro Irrigado Cachoeira II**

O Perímetro Irrigado Cachoeira II está localizado no Município de Serra Talhada, Sertão do Pajeú, Estado de Pernambuco. O clima da região é semi-árido, com temperatura média anual de 29°C e precipitação pluviométrica anual de 720 mm. Localiza-se na latitude 07°59'31" Sul e longitude 38°17'54" Oeste, estando a uma altitude de 429 metros. Segundo a classificação climática de Köppen o clima semi-árido do Sertão Pernambucano é do tipo BShw (BSh = clima seco de estepes de baixas latitudes; w = com chuvas de verão retardadas para o outono) (DNOCS, 1999).

O Perímetro está localizado às margens do Riacho Cachoeira e do Rio Pajeú, sendo projetado para ser abastecido pelo Açude Cachoeira. Devido ao crescimento da cidade de Serra Talhada e à constante demanda hídrica para abastecimento e consumo humano, aliado a baixa precipitação pluvial e às secas ocorridas na região, o suprimento hídrico do Perímetro foi suspenso em 1998 (DNOCS, 1999). Sem o abastecimento hídrico para a irrigação, os agricultores intensificaram a utilização de águas de poços, de baixa qualidade, com variações espaciais e temporais nos teores de sais.

Existe ainda um agravante no processo de irrigação das áreas, que é a proibição da utilização das águas do Rio Pajeú para a agricultura por parte do DNOCS, depois de constatado que o mesmo estaria contaminado com efluentes líquidos do abatedouro público e do esgotamento sanitário da cidade de Serra Talhada. Essa proibição forçou os agricultores a utilizarem cada vez mais as águas de poços, que são de qualidade inferior para a irrigação. Aliado à utilização dessas águas, existe ainda o tipo de irrigação utilizado que é predominantemente por sulco, o que pode acelerar o processo de salinização das áreas de cultivo (Fernandes, 2008).

Avaliando os tipos e teores de sais em poços, rios e riachos do município de Serra Talhada ao longo do ano, Fernandes (2008) verificou altos teores de sódio e cloreto independentemente do nível de salinidade, da época de amostragem e da fonte original da água. O mesmo também encontrou maiores valores de CE, cátions e ânions nas águas de poços, com incrementos na época seca do ano, com

predominância de águas cloretadas sódicas. O uso dessas águas salinas na irrigação de culturas sob o clima semi-árido da área pode provocar a geração de problemas de grande relevância ambiental, como a salinização do solo. Este autor, também realizou estudos nos solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II, em Serra Talhada, e verificou valores de pH variando de 6,5 a 9,6 na camada superficial, havendo um aumento desses nas camadas mais profundas, com valores mais elevados de sódio trocável e percentagem de sódio trocável na época seca do ano e em profundidade, indicando a sodificação dos solos.

Os solos do Perímetro apresentam susceptibilidade aos processos de degradação por salinização e sodificação, fazendo-se necessário o monitoramento das propriedades dos mesmos quando irrigados com águas salinas, bem como a realização de estudos que selecionem espécies e variedades que podem ser cultivadas, de forma a viabilizar o sistema de produção, com a obtenção de resultados satisfatórios.

## **2.6. Cultura da cebola.**

As culturas de maior retorno econômico cultivadas sob irrigação no Perímetro são olerícolas como cebola, tomate, pimentão, além de algumas frutíferas (banana, coco) e culturas de ciclo curto. Dentre estas, a cebola ocupa posição de destaque, cultivando-se para a produção de sementes ou de bulbos, com maior aporte de recursos aplicados, pelo uso de insumos agrícolas e irrigação, sendo uma das culturas de maior retorno econômico na região.

Dentre as várias espécies olerícolas cultivadas pertencentes ao gênero *Allium*, a cebola destaca-se pelo volume de consumo e valor econômico (Souza & Resende, 2002), sendo considerada a terceira hortaliça mais importante no Brasil, em termos de valor econômico, atrás apenas da batata e do tomate (Boeing, 2002). No âmbito da agricultura brasileira, a cebola destaca-se como uma cultura de elevada importância socioeconômica. No aspecto de geração de emprego e renda, estima-se que a cadeia produtiva gere mais de 250 mil empregos diretos só no setor da produção (SAASP, 1997). A cultura de caráter tipicamente familiar (88%), é responsável pela sobrevivência no campo de um grande número de pequenos produtores, que têm a cebola como única fonte de renda (Vilela et al., 2002).

Segundo o IBGE (2008), a área cultivada com cebola no Brasil em 2008 foi de 63.566 ha, com uma produção de 1.294.693 t e um rendimento médio de 20.368 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo o prognóstico realizado pelo IBGE (2008), os indicadores apontaram um aumento de 2% na área a ser colhida, representando um acréscimo de 7,4% para a estimativa da produção nacional de cebola em 2009.

Em nível de Nordeste, a área plantada/colhida de cebola em 2007 foi de 15.934 ha, com um total de produção de 338.845 t, o que representou um rendimento médio de 21.265 kg ha<sup>-1</sup>, equivalendo a uma participação de 1,6% no total do valor da produção em relação a outras culturas. A área plantada de cebola no estado de Pernambuco, em 2007, correspondeu a 5.452 ha, o que proporcionou uma produção de 98.458 t de cebola, gerando um rendimento médio de 18.059 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2007).

Dentre as principais cultivares de cebola recomendadas para o Nordeste, a Vale Ouro IPA-11 caracteriza-se por apresentar plantas com folhagem vigorosa, moderadamente ereta, de cor verde escuro e muito cerosa. Os bulbos são de formato globular-alongado, de conformação simétrica, casca fina e coloração amarela intermediária e pungência elevada. Em condições de campo, esta cultivar tem apresentado ótimo desempenho agrônômico, e uma capacidade produtiva superior a 30 t ha<sup>-1</sup>, com boa conservação pós-colheita. Tem apresentado melhor desempenho nas semeaduras realizadas no período de janeiro a julho. O ciclo, após o transplante, é de aproximadamente 90 dias (EMBRAPA, 2007).

Contudo, segundo Ayers & Westcot (1991), a cebola é considerada uma cultura sensível à salinidade, com uma queda de até 50% no seu rendimento quando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) atinge 4,3 dS m<sup>-1</sup>. A germinação da cultura da cebola também é seriamente afetada pela salinidade, onde a CEes numa faixa entre 5,6 a 7,5 dS m<sup>-1</sup> provoca uma redução de 50% na germinação. Sendo assim, o uso de águas salinas pode vir a afetar o processo produtivo da cultura, causando sérios prejuízos aos agricultores, além de promover a salinização/sodificação dos solos, degradando-os e originando problemas ambientais.

A cultivar Vale Ouro IPA 11 tem se destacado no estado de Pernambuco, provavelmente, devido às condições climáticas favoráveis ao seu cultivo, porém, pouco se sabe a respeito da produção desta cultivar quando irrigada com águas salinas, bem como a interferência nos teores dos elementos na planta pelo uso dessas águas.

Assim, este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento da cebola cultivada em dois Neossolos Flúvicos do Perímetro Irrigado Cachoeira II sob irrigação com águas de salinidade variável, bem como avaliar as alterações nas propriedades dos solos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS.

Foram utilizadas amostras de solos coletados no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Município de Serra Talhada, Sertão de Pernambuco. Seleccionaram-se 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 Siltosa. As amostras de solo foram coletadas no horizonte superficial, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm para a realização das análises de caracterização física e química; e em malha de 4 mm para a montagem do experimento.

Na caracterização física dos solos (Quadro 1), foram determinadas: a granulometria pelo método do densímetro, empregando-se o calgon como dispersante químico; a argila dispersa em água pelo método do densímetro, calculando-se o grau de floculação e o grau de dispersão; a densidade do solo, pelo método da proveta; a densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico; a porosidade total, calculada com os dados da densidade do solo e das partículas; e a condutividade hidráulica em meio saturado com o permeâmetro de coluna vertical e carga constante (EMBRAPA, 1997).

Quadro 1. Atributos físicos das amostras dos dois NEOSSOLOS FLÚVICOS coletados na camada superficial, de classes texturais Franco Arenosa e Franco Argilo Siltosa

Textura do solo	Areia	Silte	Argila	ADA <sup>1</sup>	GF <sup>2</sup>	GD <sup>3</sup>	Ds <sup>4</sup>	Dp <sup>5</sup>	PT <sup>6</sup>	K <sub>0</sub> <sup>7</sup>
	—————g kg <sup>-1</sup> —————				——%——		—g cm <sup>-3</sup> —		%	cm h <sup>-1</sup>
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

<sup>1</sup>Argila dispersa em água; <sup>2</sup>Grau de floculação; <sup>3</sup>Grau de dispersão; <sup>4</sup>Densidade do solo; <sup>5</sup>Densidade das partículas; <sup>6</sup>Porosidade total; <sup>7</sup>Condutividade hidráulica em meio saturado.

Na caracterização química dos solos estudados (Quadro 2), foram determinados: pH em água (1:2,5); cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) a pH 7,0 por extração com acetato de amônio (USSL Staff, 1954), sendo o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{K}^+$  dosados por fotometria de chama e o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  dosados por espectrofotometria de absorção atômica; capacidade de troca de cátions (CTC) através do método do acetato de sódio/acetato de amônio, calculando-se a percentagem de sódio trocável (PST) dos solos pela equação  $[(\text{Na}^+/\text{CTC}) \times 100]$  (USSL Staff, 1954). Foram preparados os extratos de saturação da pasta para as medidas de pH e CE, bem como para as determinações dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) e ânions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ ) solúveis, calculando-se a relação de adsorção de sódio (RAS) com a equação  $\{Na / [\sqrt{((Ca + Mg) / 2)}]\}$ . O P disponível determinado pelo método de Bray-1, extraído com solução de  $\text{HCl}$   $0,025 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{NH}_4\text{F}$   $0,03 \text{ mol L}^{-1}$  (Bray & Kurtz, 1945) e determinado por colorimetria (Braga & Defelipo, 1974).

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Foram estudados dois solos irrigados com águas preparadas para corresponderem a três valores de condutividade elétrica (CE) e seis de relação de adsorção de sódio (RAS), combinados como tratamentos de salinidade. Assim, o experimento consistiu de um arranjo fatorial  $2 \times 3 \times 6$  (dois solos, três CE e seis RAS), em quatro repetições, contabilizando 144 unidades experimentais. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com uma repetição por bloco.

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, com CE de 200, 700 e  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$  e RAS de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 ( $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ )<sup>1/2</sup>, totalizando 18 águas sintéticas. A classificação dessas águas de irrigação é apresentada no Quadro 3, e abrange, desde a C1S1 até a C3S3, de baixo a alto risco de salinização e sodificação, respectivamente, de acordo com a classificação proposta por USSL Staff (1954).

As águas de irrigação foram elaboradas a partir dos sais  $\text{NaCl}$  e  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , pois, segundo Fernandes (2008), os íons predominantes nas águas usadas para a irrigação da região em estudo, são o sódio e cloreto.

Quadro 2. Atributos químicos das amostras dos dois NEOSSOLOS FLÚVICOS coletados na camada superficial, de classes texturais Franco arenosa e Franco argilo siltosa

Atributo	Textura do solo	
	Franco Arenoso	Franco Argilo-Siltoso
Complexo sortivo		
pH <sub>água</sub> (1:2,5)	7,3	7,1
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,43	8,54
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,17	3,23
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,07	0,30
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,57	0,49
CTC <sup>1</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,63	15,86
PST <sup>2</sup> (%)	0,60	1,89
P <sub>Bray - 1</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	43,75	23,66
Extrato de saturação		
pH	8,3	7,4
CE <sub>es</sub> <sup>3</sup> (dS m <sup>-1</sup> )	0,86	0,85
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,73	5,12
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,89	3,70
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,97	2,46
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,42	0,61
Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,00	3,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	21,60	17,60
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,20	0,00
RAS <sup>4</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	1,08	1,17

<sup>1</sup>Capacidade de troca de cátions; <sup>2</sup>Percentagem de sódio trocável; <sup>3</sup>Condutividade elétrica do extrato de saturação; <sup>4</sup>Relação de adsorção de sódio.

Quadro 3. Águas de irrigação usadas no experimento, de acordo com a classificação de águas para irrigação proposta por USSL Staff (1954)

Água de irrigação	CE <sup>1</sup> ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	RAS <sup>2</sup> ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ) <sup>0,5</sup>	Classificação	Risco de salinização	Risco de sodificação
1	200	0	C1S1	Baixo	Baixo
2	200	5	C1S1	Baixo	Baixo
3	200	10	C1S2	Baixo	Médio
4	200	15	C1S2	Baixo	Médio
5	200	20	C1S3	Baixo	Alto
6	200	25	C1S3	Baixo	Alto
7	700	0	C2S1	Médio	Baixo
8	700	5	C2S1	Médio	Baixo
9	700	10	C2S2	Médio	Médio
10	700	15	C2S2	Médio	Médio
11	700	20	C2S3	Médio	Alto
12	700	25	C2S3	Médio	Alto
13	2.000	0	C3S1	Alto	Baixo
14	2.000	5	C3S1	Alto	Baixo
15	2.000	10	C3S2	Alto	Médio
16	2.000	15	C3S2	Alto	Médio
17	2.000	20	C3S3	Alto	Alto
18	2.000	25	C3S3	Alto	Alto

<sup>1</sup>Condutividade elétrica; <sup>2</sup>Relação de adsorção de sódio.

O experimento foi montado em vasos de polietileno com capacidade de 8 dm<sup>3</sup>, perfurados na base para instalação de um dreno e um recipiente, para coleta do lixiviado. Para evitar perdas de solo na montagem e condução do experimento, os orifícios foram forrados com espuma e tela de malha fina.

As amostras de solo foram homogeneizadas e acondicionadas nos vasos, com uma massa de 6,5 kg por vaso, sendo saturadas com as respectivas águas salinas. Após o início do experimento, a irrigação foi feita em dias alternados, até atingir a drenagem, com volume de água suficiente para proporcionar a lixiviação em todos os vasos. A solução lixiviada foi coletada em recipientes plásticos, a cada 30 dias, homogeneizando-se o volume total coletado e retirando-se uma subamostra de 100 mL, que foi armazenada sob refrigeração para a realização das análises químicas posteriores.

Foram utilizadas mudas de cebola da cultivar Vale Ouro IPA 11, comumente utilizada em Pernambuco (EMBRAPA, 2007), semeadas em bandejas com substrato comercial e transplantadas aos 30 dias para vasos, com seis plantas por vaso.

Por ocasião do transplântio, foi feita a adubação para 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 (IPA, 1998). A adubação fosfatada foi realizada em cova, a 10 cm de profundidade, utilizando como fonte o superfosfato triplo ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de P), o potássio na forma de sulfato de potássio ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de K), o nitrogênio na forma de uréia ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$  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 gua.

A cada 30 dias a partir do transplântio (30, 60 e 90 dias) foi realizada a coleta de duas plantas por vaso. Na primeira e segunda coletas (aos 30 e 60 dias após o transplântio), foram coletadas as plantas inteiras, medindo-se a altura das folhas, contando-se o número de folhas e realizando a pesagem da massa fresca e seca das plantas, folhas e raiz. Aos 90 dias após o transplântio, com a formação dos bulbos, além das determinações citadas acima, mediu-se o diâmetro dos bulbos imediatamente após a coleta, determinando-se a massa fresca e seca. Depois, as amostras coletadas foram acondicionadas em sacos de papel, e levadas para secar em estufa de circulação forçada a  $65^{\circ}\text{C}$  até peso constante, sendo pesadas, e, posteriormente, trituradas e guardadas para análise. Este procedimento foi repetido a cada 30 dias até a data da coleta final, totalizando três coletas de plantas durante o ciclo da cultura. Neste mesmo momento de coleta das plantas, também foi realizada uma amostragem de solo, ao final do ciclo da cebola.

Nas amostras de solo coletadas aos 90 dias após o transplântio das mudas, foi medido o pH em água (1:2,5), e determinados os teores dos cátions trocáveis, calculando a PST, conforme métodos citados anteriormente. Foi preparado o extrato de saturação da pasta, medindo-se o pH e a CE e determinando-se os cátions e o ânion  $\text{Cl}^{-}$  solúvel, calculando-se a RAS.

No lixiviado coletado a cada trinta dias após o transplântio foram medidos o pH e a CE, determinando-se os cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) e ânions ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^{-}$ ) solúveis (USSS Staff, 1954), calculando-se a RAS.

As amostras de planta (raiz, parte aérea e bulbo) foram submetidas à extração nitroperclórica para determinação dos teores de Ca, Mg, K, Na (Malavolta et. al., 1989). O Cl foi extraído em gua (Malavolta et. al., 1989).

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, empregando-se o software SAEG 9.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, MG. Foram, também, ajustadas equações de regressão das variáveis dependentes em função dos tratamentos de RAS aplicados, visando-se obter estimativas de dados de produção e de composição do solo e lixiviado com o uso de águas de irrigação com diferentes valores de RAS.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

### 4.1. Crescimento e teores de elementos na planta.

O aumento da salinidade das águas de irrigação exerceu influência significativa no desenvolvimento das plantas (Quadro 4). Verificou-se que, aos trinta dias de transplântio das mudas, houve um decréscimo das variáveis analisadas em função do aumento da salinidade nas águas de irrigação, porém, apenas a massa fresca da planta apresentou diferença significativa nas plantas irrigadas com águas de CE de 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Assim, nesta fase inicial, as plantas de cebola apresentaram certa tolerância a este aumento da salinidade das águas de irrigação. As reduções das variáveis estudadas foram mais marcantes nas plantas submetidas às águas com maiores teores de sais (2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), ou seja, um maior aumento na condutividade elétrica da água de irrigação ocasionou efeitos drásticos sobre a cebola já nesta fase inicial de desenvolvimento da cultura. Tei *et al.* (1996), que avaliaram o crescimento de cebola, verificaram um acúmulo médio de massa seca em três cultivos, sem limitações de água e de nutrientes, de 4,4 mg planta<sup>-1</sup> na fase inicial dos ciclos, até próximo aos 40 dias após a emergência. Dias *et al.* (2003) consideram a germinação e o desenvolvimento inicial, as fases mais sensíveis aos efeitos da salinidade, porém Millar (1984) define como período mais crítico o início da formação dos bulbos da cebola.

Aos sessenta dias após o transplântio, as variáveis analisadas também foram reduzidas com o aumento da salinidade da água de irrigação, semelhantemente como ocorrido aos trinta dias de transplântio (Quadro 4). Os efeitos mais drásticos do uso dessas águas sobre as plantas nesta fase de desenvolvimento também foram evidenciados nas plantas irrigadas com a água de irrigação com CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , mostrando que nesta fase, esta água de irrigação também se apresentou como a mais prejudicial ao desenvolvimento da planta; pois apresentou valores médios de todas as variáveis observadas, significativamente inferiores em relação às variáveis das plantas irrigadas com as demais águas de irrigação. Também nesta fase de crescimento da cebola, foram detectadas diferenças mais relevantes para as variáveis das plantas submetidas à irrigação com as águas de 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , quando comparadas às diferenças observadas aos trinta dias após transplântio, havendo nesta mais variáveis com diferenças significativas, como a matéria fresca da planta e as matérias fresca e seca da raiz.

Quadro 4. Produção média de matéria fresca da planta (MFP), matéria fresca das folhas (MFF), matéria fresca das raízes (MFR), matéria seca da planta (MSP), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das raízes (MSR), número de folhas (NF), altura de folhas (ALTF), matéria fresca do bulbo (MFB), matéria seca do bulbo (MSB) e diâmetro do bulbo (DB) aos trinta, sessenta e noventa dias após o transplântio, em função da CE da água de irrigação

CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	MFP	MFF	MFR	MSP (g)	MSF	MSR	NF	ALTF (cm)	MFB (g)	MSB	DB (mm)
<u>30 dias após transplântio</u>											
200	1,30 A	1,20 A	0,10 A	0,0885 A	0,0779 A	0,0106 A	4,12 A	32,29 A	-	-	-
700	1,12 B	1,04 A	0,08 A	0,0838 A	0,0750 A	0,0089 A	4,00 A	31,66 A	-	-	-
2.000	0,62 C	0,55 B	0,07 A	0,0527 B	0,0449 B	0,0079 A	3,45 B	24,11 B	-	-	-
CV (%)	42,30	44,41	100,73	40,34	32,97	106,59	20,23	14,28	-	-	-
<u>60 dias após transplântio</u>											
200	12,53 A	12,00 A	0,53 A	0,9225 A	0,8803 A	0,0422 A	6,06 A	51,28 A	-	-	-
700	11,56 B	11,13 A	0,42 B	0,8783 A	0,8414 A	0,0369 B	5,70 A	51,15 A	-	-	-
2.000	6,02 C	5,73 B	0,28 C	0,4825 B	0,4590 B	0,0235 C	5,18 B	40,91 B	-	-	-
CV(%)	22,50	22,82	51,38	24,44	24,81	31,83	11,76	10,02	-	-	-
<u>90 dias após transplântio</u>											
200	61,43 A	31,57 A	1,52 A	6,21 A	2,80 A	0,1860 A	7,83 A	54,10 A	28,33 A	3,22 A	35,84 A
700	52,70 B	27,72 B	1,90 A	5,20 B	2,35 A	0,1400 B	6,96 B	50,12 B	23,08 B	2,74 B	32,92 B
2.000	31,76 C	18,04 C	0,74 B	3,82 C	2,20 A	0,0941 C	5,87 C	45,28 C	12,99 C	1,54 C	25,86 C
CV(%)	21,14	34,03	190,94	43,68	86,22	72,77	21,39	10,49	35,78	35,39	17,40

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical, dentro de cada época de coleta, não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O uso contínuo destas águas ocasionou um aumento da salinidade do meio, incrementando os efeitos negativos sobre o desenvolvimento da cebola. Certamente, na fase anterior o uso destas águas não tenha sido suficiente para atingir um nível de salinidade que viesse a expressar grande alteração no desenvolvimento das plantas. De acordo com Lima (1997), a redução na absorção de água, a toxicidade de íons específicos e os efeitos indiretos dos sais nos processos fisiológicos, são fatores responsáveis pela redução do crescimento das plantas em geral, inclusive da cebola.

Ao final do ciclo da planta (90 dias após o transplântio), observou-se que os diferentes níveis de salinidade das águas de irrigação interferiram significativamente sobre as variáveis estudadas, com exceção da matéria seca das folhas (Quadro 4). O uso contínuo dessas águas ao longo do ciclo provavelmente ocasionou um aumento cumulativo da concentração salina na solução do solo, evidenciando claramente as diferenças existentes das variáveis observadas em função da CE das águas de irrigação, o que de fato não ocorreu de forma tão evidente nos períodos de 30 e 60 dias após o transplântio, para as águas com CE 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Ao se considerar que a cebola é sensível ao efeito dos sais (Ayers & Westcot, 1985), constata-se maior expressividade da ação salina da água de irrigação com CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  sobre todas as variáveis de crescimento analisadas e em todas as fases estudadas do ciclo da planta. Segundo Ayers & Westcot (1985), o rendimento das culturas cai significativamente quando o teor de sais na solução do solo prejudica a absorção de água e nutrientes pelas culturas, resultando em perdas no crescimento, desenvolvimento e produção (Lacerda, 2005; Gheyi et al., 2000). Isto comprova o efeito danoso da CE dessa água de irrigação sobre o desenvolvimento da cebola. Nesta fase de desenvolvimento da cultura, o aumento do teor de sais na água de irrigação promoveu uma redução significativa nas matérias fresca e seca das plantas, bulbo e raiz, bem como na matéria fresca das folhas, além de reduzir o número e altura de folhas, e o diâmetro dos bulbos.

Estes resultados concordam com Lima & Bull (2008), os quais constataram uma redução nas variáveis de crescimento de cebola com o aumento da salinidade de 0 a 10 dS.m<sup>-1</sup>. Mangal & Lal (1988) também registraram uma severa redução no número de folhas por planta, altura de folhas e desenvolvimento de raízes em cebola, com o aumento da salinidade do solo. E reduções drásticas na matéria seca

da parte aérea e bulbo das plantas de cebola com aumento da salinidade de 0,3 para 8,0 dS m<sup>-1</sup> foram relatados por Lima et al. (2006).

Algumas variáveis de crescimento da cebola também foram alteradas em função do solo onde foram cultivadas (Quadro 5). Aos 30 dias de cultivo após o transplante, os valores médios das variáveis estudadas apresentaram-se mais satisfatórios nas plantas cultivadas no solo de textura franco argilo siltosa, em relação às cultivadas no solo de textura franco arenosa, independentemente da condutividade elétrica das águas de irrigação. Apenas as matérias secas das raízes não diferiram significativamente, quando comparados os cultivos nos solos avaliados, mostrando que nesta fase inicial o solo foi bastante significativo no desenvolvimento da cebola.

Aos sessenta dias de cultivo da cebola, os valores médios das variáveis observadas também se apresentaram mais satisfatórios nas plantas cultivadas no solo de textura franco argilo siltosa (Quadro 5), onde, nesta fase, as variáveis de matéria fresca das raízes e número de folhas não apresentaram diferenças significativas. Este comportamento se assemelha ao ocorrido na fase anterior, comprovando que nesta fase de desenvolvimento, o solo desta classe textural proporcionou melhores condições de desenvolvimento para as plantas de cebola. Na fase final do ciclo da cultura, ou seja, aos 90 dias após o transplante, as variáveis de crescimento continuaram apresentando valores médios mais satisfatórios nas plantas cultivadas no solo de textura franco argilo siltosa, conforme foi verificado nas outras fases de desenvolvimento da cebola. Embora as médias das variáveis de crescimento das plantas tenham sido maiores nas cultivadas nos solos de textura franco argilo siltosa, em todas as fases estudadas, verificou-se, nesta última fase, diferenças significativas apenas nas variáveis matéria fresca e seca da planta, matéria seca da raiz, matéria fresca e seca dos bulbos e diâmetro dos bulbos. Nesta fase, observou-se um maior número de variáveis sem diferenças significativas, em relação às duas fases anteriores, provavelmente devido ao efeito do acúmulo de sais no solo de textura franco argilo siltosa, que deve ter sido mais pronunciado do que no solo de textura franco arenosa, com o uso contínuo dessas irrigações, diminuindo as diferenças entre os solos.

Esta informação é de grande relevância, pois, no solo de textura franco argilo siltosa a cebola apresentou um melhor desenvolvimento em todas as fases estudadas ao longo do ciclo, apresentando também melhores valores médios para as variáveis referentes aos bulbos, produto a ser comercializado.

Quadro 5. Produção média de matéria fresca da planta (MFP), matéria fresca das folhas (MFF), matéria fresca das raízes (MFR), matéria seca da planta (MSP), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das raízes (MSR), número de folhas (NF), altura de folhas (ALTF), matéria fresca do bulbo (MFB), matéria seca do bulbo (MSB) e diâmetro do bulbo (DB) aos trinta, sessenta e noventa dias após o transplântio, em função da textura do solo

Textura do solo	MFP	MFF	MFR	MSP	MSF	MSR	NF	ALTF	MFB	MSB	DB
	(g)							(cm)	(g)		(mm)
<u>30 dias após transplântio</u>											
Franco arenosa	0,8496 B	0,7763 B	0,0733 B	0,0651 B	0,0554 B	0,00971 A	3,69 B	27,74 B	-	-	-
Franco argilo siltosa	1,1838 A	1,0799 A	0,1039 A	0,0848 A	0,0764 A	0,00848 A	4,03 A	30,96 A	-	-	-
CV (%)	42,30	44,42	100,73	40,34	32,97	106,59	20,23	14,28	-	-	-
<u>60 dias após transplântio</u>											
Franco arenosa	9,00 B	8,59 B	0,4038 A	0,6674 B	0,6358 B	0,03165 B	5,69 A	46,73 B	-	-	-
Franco argilo siltosa	11,07 A	0,65 A	0,4221 A	0,8548 A	0,8180 A	0,03672 A	5,79 A	48,84 A	-	-	-
CV (%)	22,50	22,82	51,38	24,43	24,81	31,83	11,76	10,02	-	-	-
<u>90 dias após transplântio</u>											
Franco arenosa	45,94 B	25,19 A	0,9857 A	4,5200 B	2,1700 A	0,1053 B	6,76 A	49,75 A	19,76 B	2,25 B	30,53 B
Franco argilo siltosa	51,33 A	26,36 A	1,7836 A	5,6300 A	2,7200 A	0,1748 A	7,01 A	49,93 A	23,18 A	2,73 A	32,55 A
CV (%)	21,14	34,03	190,94	43,67	86,22	72,77	21,39	10,49	35,78	35,39	17,40

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical, dentro de cada época de coleta, não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Silva & Amaral (2005), a cultura da cebola conduzida nos lotes irrigados tem apresentado excelentes respostas mesmo quando explorada em solos extremamente argilosos, inclusive naqueles com predominância de argilominerais do tipo 2:1. Este aspecto observado é bastante positivo, partindo do princípio que estes solos de textura mais fina poderiam vir a reter maiores teores de sais e, ainda assim, a cebola se desenvolveu melhor sob essas condições.

Por outro lado, no perímetro irrigado Cachoeira II são comuns os solos com teores consideráveis de silte (Fernandes, 2008) e a argila presente é de atividade alta. Apesar do cultivo da cebola no solo de textura franco argilo siltosa não ter sido prejudicado, mesmo com o uso de águas salinas de irrigação, quando comparado ao solo de textura mais grossa, possivelmente, o uso contínuo dessas águas em ciclos posteriores poderão vir a promover maiores acúmulos de sais, degradando o solo e, conseqüentemente, afetando o desenvolvimento das plantas cultivadas.

Contudo, o aumento da RAS das águas de irrigação não exerceu efeitos significativos sobre as variáveis de crescimento da cebola em nenhuma fase estudada, inclusive ao final do ciclo (Figuras 1 e 2). Constatou-se efeito mais significativo da salinidade das águas de irrigação sobre estas variáveis, com diferenças evidentes entre as CEs das águas aplicadas, o que não ocorreu em relação à RAS. Sendo assim, mesmo tendo o sódio como o íon predominante na água de irrigação, se a CE desta for baixa, a cultura da cebola poderá apresentar produção satisfatória, em casos de condições semelhantes a estas. Não foi possível ajustar modelos de regressão para as variáveis de crescimento da cebola em função da RAS da água de irrigação, indicando que, para as condições testadas, o uso de águas de RAS mais alta não interfere no desenvolvimento da cebola, como a salinidade, expressa pela CE, interferiu.

Foram avaliados os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas partes das plantas de cebola em função da salinidade da água de irrigação, encontrando-se diferenças para os teores de Ca, Na e Cl no bulbo das plantas de cebola com o uso de águas de CE crescente (Quadro 6). Houve um aumento nos teores destes elementos proporcional ao aumento da salinidade da água de irrigação, em que os menores teores nos bulbos foram observados nas plantas irrigadas com a água de irrigação de menor salinidade.

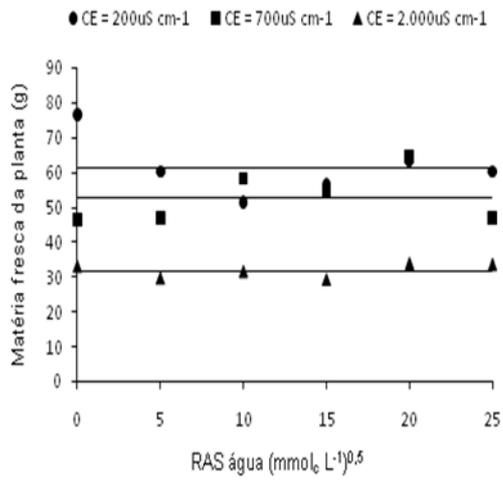
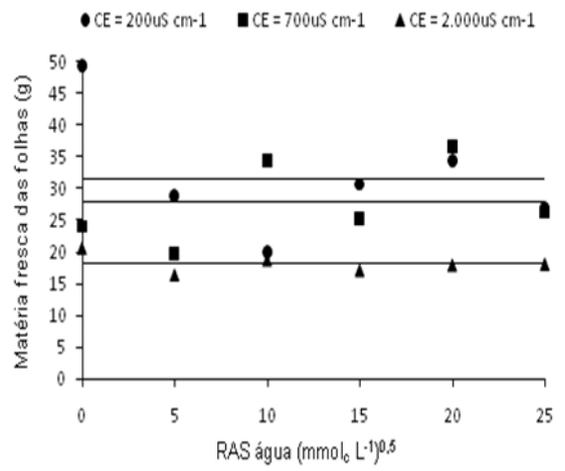
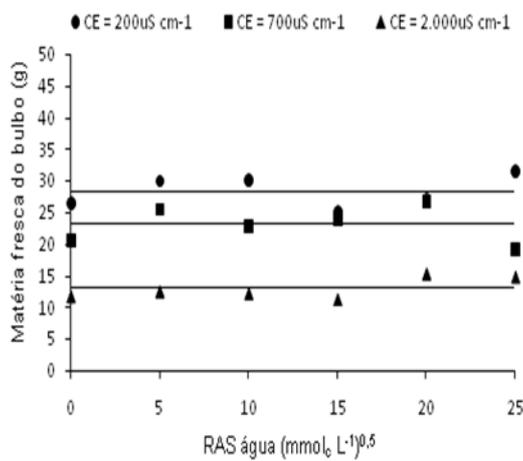
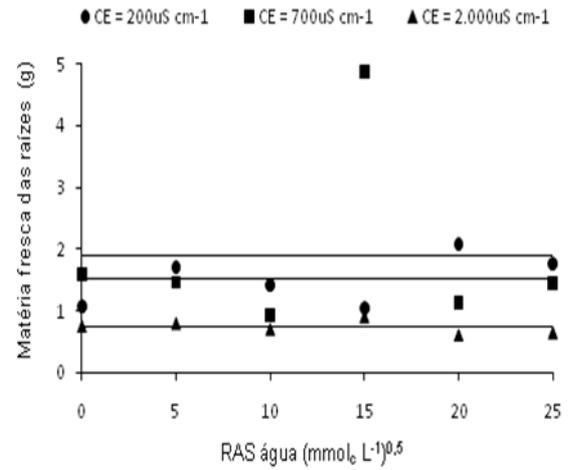
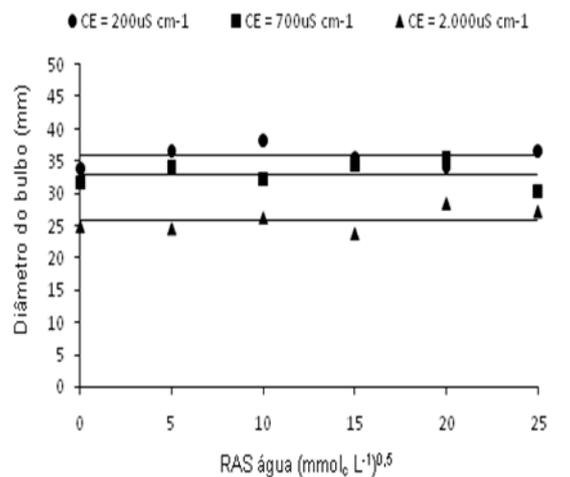
**A.****B.****C.****D.****E.**

Figura 1. Matéria fresca da planta (A), matéria fresca das folhas (B), matéria fresca do bulbo (C), matéria fresca das raízes (D) e diâmetro do bulbo (E) de plantas de cebola em função da RAS, para as diferentes CEs das águas de irrigação aplicadas.

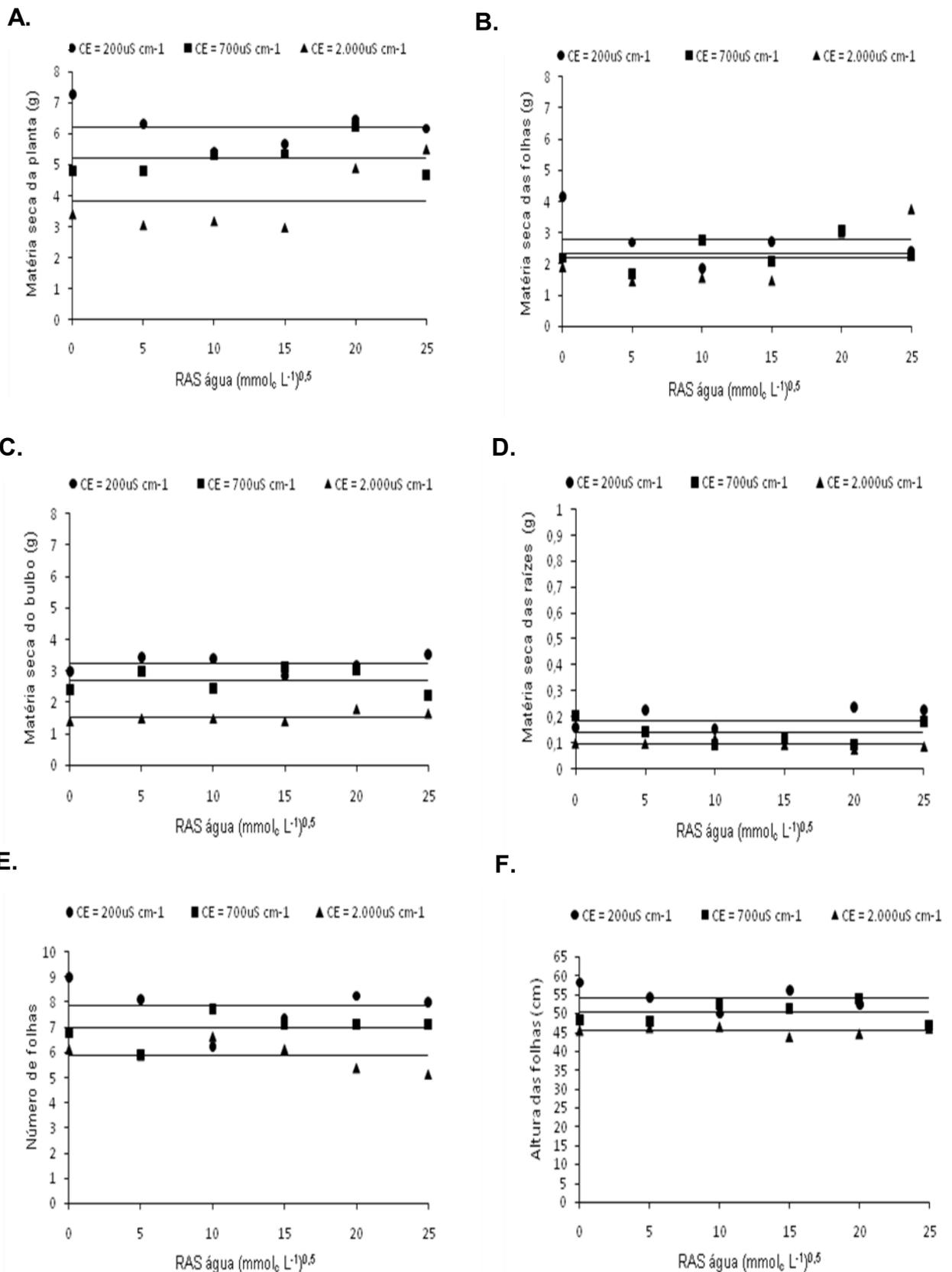


Figura 2. Matéria seca da planta (A), matéria seca das folhas (B), matéria seca do bulbo (C), matéria seca das raízes (D), número de folhas (E) e altura de folhas (F) de plantas de cebola em função da RAS, para as diferentes CEs das águas de irrigação aplicadas.

Contudo, não foram verificadas diferenças significativas para os teores de K e Mg nos bulbos em função da salinidade da água de irrigação, observando-se teores levemente superiores nos bulbos das plantas irrigadas com as águas de menor salinidade, mas sem diferenças significativas. Estes resultados sugerem que a predominância dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  nas águas de irrigação e, conseqüentemente, na solução do solo, poderiam estar promovendo desbalanço nutricional nas plantas de cebola, afetando a absorção de K e Mg pela competição entre estes elementos e o Ca e Na presentes nas águas salinas de irrigação.

Resultados semelhantes foram citados por Ojala et al. (1983), que relataram decréscimos na concentração de K com o aumento da salinidade em bulbos de cebola. Para Thomas (1980), a salinização ou irrigação com sais comuns, geralmente NaCl ou  $\text{CaCl}_2$ , aumenta a concentração dos cátions específicos na planta, com uma concomitante redução de outros cátions. Observou-se que o acúmulo de elementos na matéria seca dos bulbos das plantas de cebola submetidas às soluções de irrigação com CE de  $200 \mu\text{S cm}^{-1}$  seguiu a ordem:  $\text{K} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{Mg} > \text{Na}$ . Estes resultados estão de acordo com Goto (1983) e Vidigal et al. (2002). Do total dos elementos avaliados na matéria seca dos bulbos para esta CE, o potássio correspondeu a 60,79%; o cálcio, 21,57%; o cloro, 7,22%; o magnésio, 6,48%; e o sódio, 3,94%.

Já na matéria seca dos bulbos das plantas irrigadas com as soluções de CE de 700 e  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$  os elementos foram concentrados na ordem:  $\text{K} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{Na} > \text{Mg}$ . Este é um fator negativo para o desenvolvimento das plantas, considerando que, com o aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação os teores de sódio superaram os de magnésio, que é macronutriente, enquanto o sódio não é essencial. Dos elementos analisados na matéria seca dos bulbos das plantas submetidas à águas de irrigação com CE de  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ , o potássio correspondeu a 44,69% do total; o cálcio, 31,42%; o cloro, 12,48%; o sódio, 6,70%; e o magnésio, 4,73%; enquanto que nos bulbos das plantas submetidas à irrigação com CE de  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$  foi encontrada a seguinte composição percentual: o potássio, 35,23% do total; o cálcio, 32,85%; o cloro, 15,53%; o sódio 11,68%; e o magnésio, 4,71%.

Quadro 6. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro na matéria seca dos bulbos, folhas e raízes de plantas de cebola, em função da condutividade elétrica (CE) da água de irrigação

CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
	(g kg <sup>-1</sup> ) MS				
<u>Bulbo</u>					
200	5,53 C	1,66 A	1,01 C	15,58 A	1,85 C
700	8,44 B	1,27 A	1,80 B	12,00 A	3,35 B
2.000	11,02 A	1,58 A	3,92 A	11,82 A	5,21 A
CV (%)	45,30	66,60	56,08	70,12	38,32
<u>Folhas</u>					
200	8,88 B	2,43 A	5,30 C	25,38 A	5,71 C
700	8,72 B	2,28 A	10,03 B	21,23 B	9,09 B
2.000	10,66 A	2,39 A	18,78 A	23,06 B	14,41 A
CV (%)	20,31	17,64	34,27	21,80	15,63
<u>Raiz</u>					
200	6,99 C	3,45 B	21,59 C	30,97 A	10,10 C
700	8,86 B	3,77 B	25,34 B	30,63 A	13,05 B
2.000	10,88 A	4,31 A	28,98 A	28,11 A	15,07 A
CV (%)	34,48	25,67	26,23	23,07	32,97

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical, dentro de cada parte da planta, não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Assim, verificou-se uma redução percentual praticamente pela metade nos teores de potássio com o aumento da CE da água de irrigação de 200 para 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Quadro 6).

Os teores de magnésio na matéria seca também foram reduzidos com o aumento da CE da água de irrigação, porém em menores proporções que o potássio (Quadro 6). Por outro lado, foram verificados aumentos percentuais nos teores de cálcio, cloro e sódio na matéria seca do bulbo da planta de cebola, pelo fornecimento destes elementos nas águas de irrigação, preparadas a partir dos sais NaCl e  $\text{CaCl}_2$ .

Na matéria seca das folhas, apenas os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  não apresentaram diferenças significativas com aumento da salinidade das águas de irrigação. Houve um aumento significativo nos teores de cálcio, sódio e cloro na matéria seca das folhas com aumento da salinidade da água de irrigação a que foram submetidas, contudo, para o cálcio foram observados teores mais elevados nas folhas das plantas irrigadas com a água de CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  e os teores de potássio na matéria seca das folhas também foram reduzidos com o aumento da salinidade da água de irrigação, como ocorrido na matéria seca dos bulbos. Detectaram-se maiores teores de elementos na matéria seca das folhas em relação aos bulbos, indicando concentração destes nas folhas, exceto para o cálcio, em que os valores foram aproximados. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima (2006).

Na matéria seca das folhas das plantas irrigadas com a água de irrigação de CE de 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , os elementos se concentraram na ordem:  $\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ , do total acumulado pelos elementos em questão, o potássio representou cerca de 53,21%; o cálcio, 18,62%; o cloro, 11,97%; o Na, 11,11%; e o magnésio, 5,09%. Estes resultados também corroboram com os obtidos por Vidigal et al. (2002) e Goto (1983). Pelo que foi observado na matéria seca das folhas das cebolas irrigadas com as águas com esta CE, verificou-se predominância do sódio em relação ao magnésio, o que não ocorreu na matéria seca dos bulbos.

Nas folhas das plantas irrigadas com as águas de irrigação de CE de 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a ordem de acúmulo de elementos foi:  $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ , com o sódio superando o cálcio e o cloro, além do magnésio; sendo a proporção destes elementos nas folhas das plantas irrigadas com a água de irrigação de CE 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ : o potássio, 41,34% do total; o sódio, 19,53%; o cloro, 17,71%; o cálcio, 16,98%; e o magnésio, 4,44%. Houve aumento nos teores percentuais de sódio e

cloro, bem como redução nos percentuais de potássio, cálcio e magnésio em relação aos percentuais destes elementos nas folhas das plantas irrigadas com a água de CE de 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Enquanto que nas folhas das plantas irrigadas com a água de CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  o potássio correspondeu a 33,28% do total dos elementos estudados; o sódio, 27,1%; o cloro, 20,79%; o cálcio, 10,66%; e o magnésio, 3,45%. Verificou-se, mais uma vez, redução percentual de potássio, cálcio e magnésio e aumento de sódio e cloro nas folhas com o aumento da CE das águas de irrigação. Segundo Fernandes (2000), na presença de elevada concentração externa de sódio, a absorção de potássio e cálcio pode ser inibida, causando deficiência desses nutrientes e aumento no teor de sódio nas células das plantas.

Nas raízes, os teores de Na, Ca e Cl também aumentaram com o aumento da salinidade das águas de irrigação, comportamento semelhante ao ocorrido no bulbo e nas folhas (Quadro 6). Quanto ao magnésio, os teores aumentaram apenas nas raízes das plantas irrigadas com a água de maior salinidade, o que não havia sido observado para os bulbos ou folhas; e os teores de potássio não diferiram estatisticamente entre as raízes das plantas irrigadas com as águas de diferentes valores de CE.

Na matéria seca das raízes das plantas irrigadas com as águas de CE de 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  houve concentração de elementos na ordem:  $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ , em que, o potássio representou 42,37% do total dos elementos analisados, o sódio 29,53%, o cloro 13,82%, o cálcio 9,56% e o magnésio 4,72% para as plantas irrigadas com a água de CE 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Já na matéria seca das plantas irrigadas com a água de CE de 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , o potássio correspondeu a 37,51%, o sódio 31,04%, o cloro 15,98%, o cálcio 10,85% e o magnésio 4,62%. E nas raízes das plantas submetidas à irrigação com água de CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , os elementos estiveram presentes na sequência:  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ , onde o sódio correspondeu a 33,18% desse total, o potássio 32,18%, o cloro 17,25%, o cálcio 12,46% e o magnésio 4,93%, com o sódio superando até mesmo os teores de potássio nas raízes das plantas.

Analisando a planta como um todo, observou-se um maior acúmulo de elementos na matéria seca das raízes, seguido das folhas e bulbo, independentemente da água de irrigação à qual foram submetidas (Quadro 6). Em geral, o potássio foi o elemento encontrado em maiores concentrações nos órgãos avaliados, exceto em alguns casos com água de irrigação de elevada CE, em que o

sódio o superou, sendo detectados, também, altos teores de cloro em alguns casos, apesar de ser este um micronutriente. Provavelmente, estes altos teores de sódio e cloro na matéria seca das plantas se devem à composição da água de irrigação, a qual foi sintetizada a partir dos sais NaCl e CaCl<sub>2</sub>, simulando a maioria das águas usadas na irrigação no local de origem dos solos (Fernandes, 2008).

Zink (1962) constatou para cebola 'Southport White Globe' acúmulos de nutrientes na sequência: K > N > Ca > P > Na > Mg; enquanto Haag *et al.* (1970) verificaram K > N > S > P > Mg > Ca. No presente trabalho observou-se que o potássio foi o elemento predominante na matéria seca das plantas de cebola como um todo, independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação. Dados semelhantes foram encontrados por Pôrto *et al.* (2007), que detectaram o potássio como o nutriente acumulado em maior quantidade pela cebola. A alta exigência em potássio por culturas que armazenam compostos orgânicos nos bulbos, como é o caso da cebola, pode também ser explicada pela sua importante função no transporte de fotoassimilados das folhas para os órgãos de reserva (Faquin, 1994). De acordo com Taiz & Zeiger (2004), o potássio presente nas plantas desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais e na abertura e fechamento dos estômatos, sendo um elemento fundamental para capacidade de suportar ambientes sob estresse hídrico e salino.

Avaliando-se o fator solo, os teores de Ca, Mg, Na, K e Cl na matéria seca das raízes, folhas e bulbos das plantas de cebola estão expressos no Quadro 7. Nos bulbos, os teores dos elementos não diferiram com o solo; nas folhas, apenas os teores de Ca e Mg diferiram em função do solo; e nas raízes, apenas o teor de Mg foi superior para plantas cultivadas no solo de textura franco argilo siltosa. Estes dados mostram que os dois tipos de solos estudados praticamente não influenciaram no acúmulo dos elementos na matéria seca das partes da planta analisadas, pois, apesar da textura diferenciada, ambos os solos são classificados como Neossolos Flúvicos.

A diferença entre os solos estudados deve estar associada mais às limitações ao desenvolvimento de raízes, em função da composição granulométrica dos solos, com provável presença de argilominerais expansíveis na fração mais fina do solo,

Quadro 7. Teores médios de cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro na matéria seca dos bulbos, folhas e raízes de plantas de cebola, em função da textura do solo

Textura do solo	Ca	Mg	Na (g kg <sup>-1</sup> ) MS	K	Cl
<u>Bulbo</u>					
Franco arenosa	8,60 A	1,49 A	2,28 A	12,39 A	3,39 A
Franco argilo siltosa	8,06 A	1,51 A	2,20 A	13,86 A	3,54 A
CV (%)	45,30	66,60	56,08	70,12	38,32
<u>Folhas</u>					
Franco arenosa	8,68 B	2,28 B	11,31 A	23,58 A	9,50 A
Franco argilo siltosa	10,15 A	2,45 A	11,43 A	22,86 A	9,97 A
CV (%)	20,31	17,64	34,27	21,80	15,63
<u>Raiz</u>					
Franco arenosa	8,71 A	3,44 B	26,28 A	29,79 A	12,86 A
Franco argilo siltosa	9,11 A	4,24 A	24,33 A	30,02 A	12,62 A
CV (%)	34,48	25,67	26,23	23,07	32,97

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical, dentro de cada parte da planta, não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

dificultando a agregação do mesmo, comprometendo sua estrutura e limitando a condução de ar e água. Em solos desta natureza é comum a presença de argila de atividade alta, deixando-os pegajosos quando úmidos e extremamente duros quando secos.

#### **4.2. Avaliação dos atributos dos solos.**

Ao final do ciclo da cebola (90 dias após o transplante), os valores de pH do extrato da pasta saturada não diferiram entre si, em função da salinidade da água de irrigação aplicada; enquanto os de condutividade elétrica aumentaram proporcionalmente à salinidade da água de irrigação (Quadro 8), refletindo o potencial das águas em salinizar o solo, sendo a água de irrigação de CE 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a que promoveu maior elevação na CE do extrato de saturação (4,88 dS  $\text{m}^{-1}$ ), tornando o solo salino de acordo com a classificação proposta pelo USSL Staff (1954). Estes dados concordam com os obtidos por Alencar et al. (2003), que estudaram o crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com águas salinas; Dias et al. (2004), trabalhando com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em um Argissolo, também encontraram resultados semelhantes; Souza (1995), estudando solo cultivado com feijoeiro cultivar Eriparza e irrigado com águas de diferentes níveis de salinidade, observaram evolução na condutividade elétrica do solo proporcional aos tratamentos, ou seja, a salinidade da solução do solo foi diretamente proporcional à concentração de sais na água de irrigação; e Gervásio et al. (2000), trabalhando com solo cultivado com alface-americana irrigada com águas salinas, também verificaram aumento da salinidade do extrato de saturação com o aumento da condutividade elétrica da água, após colheita da cultura.

Os teores dos cátions solúveis foram elevados com o aumento da salinidade da água de irrigação, verificando-se a predominância do sódio em relação aos demais, seguido do cálcio, magnésio e, por fim, do potássio, independentemente da CE da água de irrigação (Quadro 8). O predomínio do sódio, seguido pelo cálcio, pode ser atribuído ao uso de águas preparadas a partir dos sais NaCl e  $\text{CaCl}_2$ , o que se confirma pelos elevados valores de cloro no extrato de saturação; já a elevação nos teores de magnésio e potássio no extrato de saturação deve estar relacionada ao deslocamento destes do complexo de troca pelos íons sódio e cálcio fornecidos pela água salina de irrigação. Da mesma maneira, os valores de RAS também aumentaram com o aumento da CE das águas de irrigação.

Quadro 8. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) no extrato de saturação em função da CE da água de irrigação e da textura do solo, ao final do ciclo da cebola.

Tratamento	pH*	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>			RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
					(mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )			
CE (μS cm <sup>-1</sup> )								
200	7,66 A	1,27 C	3,83 C	1,87 C	5,73 C	0,59 B	7,87 C	3,57 C
700	7,79 A	2,56 B	5,69 B	2,14 B	11,42 B	0,85 A	19,60 B	6,45 B
2.000	7,60 A	4,88 A	8,55 A	2,53 A	25,36 A	0,93 A	40,58 A	11,65 A
CV (%)	9,08	22,98	24,58	26,23	22,41	49,55	23,23	14,82
Textura do solo								
Franco arenosa	7,74 A	2,71 B	5,39 B	2,12 A	13,25 B	0,99 A	21,22 B	7,47 A
Franco argilo siltosa	7,62 A	3,11 A	6,67 A	2,24 A	14,42 A	0,58 B	24,15 A	6,98 B
CV (%)	9,08	22,98	24,58	26,23	22,41	49,55	24,23	14,82

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cavalcante et al. (2005), que estudaram solos cultivados com duas variedades de algodão irrigadas com águas de irrigação salinas. Silva et al. (2007) também observaram valores crescentes da RAS do extrato de saturação do solo com o aumento da salinidade da água de irrigação

Por outro lado, os valores de pH do extrato de saturação também não foram influenciados pela textura do solo; já os de condutividade elétrica foram maiores no solo franco argilo siltoso, provavelmente, devido a uma maior retenção de sais no solo de textura mais fina, em relação ao solo franco arenoso, o que se evidencia pelos teores dos íons solúveis, que foram igualmente superiores neste solo (Quadro 8). Apenas os teores de Mg não diferiram entre os solos de diferentes texturas, e os teores de potássio foram maiores no extrato de saturação do solo franco arenoso, mas com valores bem inferiores aos de sódio, cálcio e magnésio, indicando que pode ocorrer competição entre estes íons presentes em maiores proporções e o potássio, que poderão dificultar a absorção do mesmo, elemento muito requerido pelas plantas.

Embora o solo franco argilo siltoso tenha maior potencial de retenção de íons, este pode ter sido um aspecto favorável no caso da RAS, pois, apesar de apresentar maiores valores de sódio, este solo também reteve maiores teores de cálcio e magnésio, o que, provavelmente, pode ter refletido em menores valores de RAS em relação ao solo franco arenoso. Neste último, por ser mais bem drenado, pode ter ocorrido uma maior remoção do cálcio e magnésio; em contrapartida, o sódio tendeu a predominar na solução do solo e, conseqüentemente, os valores de RAS apresentaram-se maiores (Quadro 8).

Dentre os cátions solúveis analisados, aos 90 dias de irrigação com águas salinas, a predominância foi do sódio, seguido pelo cálcio, magnésio e potássio, em ambos os solos. Os teores do cloro no extrato de saturação da pasta foram elevados, sendo também maiores no solo franco argilo siltoso (Quadro 8).

Verificou-se redução do pH do solo (1:2,5) com o aumento da salinidade da água de irrigação a que foram submetidos (Quadro 9), possivelmente, pelo uso de sais de cloreto, substituindo os de ânions básicos como carbonatos e bicarbonatos. Estes resultados de pH estão de acordo com Freitas et al. (2007), que também observaram reduções nos valores de pH de um Latossolo e um Espodossolo em função dos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação. Garcia (2006),

Quadro 9. Valores médios de pH do solo, teores de cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis e valores de percentagem de saturação por sódio (PST) no solo em função da salinidade da água de irrigação e da textura do solo, ao final do ciclo da cebola.

Tratamento	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	PST (%)
		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
CE (μS cm <sup>-1</sup> )						
200	7,38 A	10,89 B	3,42 A	0,38 C	0,41 A	2,73 C
700	7,32 B	11,27 A	3,17 B	0,67 B	0,38 B	4,79 B
2.000	7,21 C	10,64 B	2,67 C	1,40 A	0,35 C	10,26 A
CV (%)	1,82	6,76	6,55	37,50	17,42	35,97
Textura do solo						
Franco arenosa	7,43 A	9,20 B	2,33 B	0,66 B	0,39 A	5,68 A
Franco argilo siltosa	7,18 B	12,67 A	3,86 A	0,98 A	0,38 A	6,17 A
CV (%)	1,82	6,76	6,55	37,50	17,42	35,97

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

também encontrou uma redução nos valores do pH de um solo cultivado com milho e irrigado com águas salinas. Segundo Brady (1989), os decréscimos nos valores do pH do solo, com a aplicação de água salina, podem ser atribuídos à adição de  $\text{CaCl}_2$  ao solo via água de irrigação, resultando assim, no aumento na concentração de íons  $\text{H}^+$  na solução do solo.

Os maiores teores de cálcio trocável foram obtidos nos solos irrigados com a água de CE  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ , apesar de se esperar valores mais altos para a água de maior CE (Quadro 9). Quanto ao magnésio e potássio, observou-se redução em seus teores com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada, provavelmente, devido à competição com o cálcio e o sódio no complexo de troca. Garcia (2006) verificou uma redução nos teores de magnésio com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada em um ARGISSOLO, enquanto os teores de potássio não foram afetados.

É possível que este processo venha a promover deficiência de magnésio e potássio com o uso contínuo de águas de irrigação desta natureza. Uma consequência do uso destas águas destacada por Grattan & Grieve (1993) é a deficiência de magnésio, que pode ser induzida, em plantas estressadas por sais, o que reduz o crescimento da planta por alteração da razão cálcio/magnésio, acarretando queda da razão de fotossíntese e declínio na eficiência do uso de água.

Os teores de sódio trocável, e conseqüentemente, da PST aumentaram com a elevação da CE da água de irrigação aplicada (Quadro 9). Macedo & Santos (1992), estudando o efeito da aplicação da água salina sobre solos irrigados de Sumé-PB, encontraram valores de RAS e do teor de sódio trocável similares aos deste trabalho, com variação em função da época do ano; Santana et al. (2003), trabalhando com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em solo cultivado com feijoeiro, também encontraram elevação no sódio trocável com o aumento da salinidade da água de irrigação aplicada no solo, evidenciando também maiores valores de soma de bases e saturação por bases. Contudo, mesmo com o uso destas águas salinas, os valores de PST não atingiram o nível de 15%, para considerá-lo como um solo sódico segundo a classificação proposta pelo USSL Staff (1954). Porém, para as condições locais, estes aumentos do sódio trocável e da PST já podem representar efeitos adversos ao solo, conforme Freire et al. (2003a e b), que relatam riscos de sodificação e comprometimento das propriedades físicas de solos similares com valores mais baixos do que os detectados neste estudo.

Os valores de pH dos solos em função da textura são apresentados no Quadro 9, em que se observa que o pH foi mais elevado no solo franco arenoso. Este resultado pode ser atribuído à presença de maior teor de sais de carbonato e bicarbonato no mesmo (Quadro 2). Já os teores dos cátions trocáveis foram superiores no solo franco argilo siltoso, provavelmente, devido a uma maior proporção de partículas finas, que ajudariam a reter mais fortemente estes íons em relação ao solo franco arenoso.

Em ambos os solos, os maiores teores de cátions encontrados foram os de cálcio, seguido de magnésio, sódio e potássio (Quadro 9). Ou seja, o uso dessas águas promoveu um aumento nos teores de sódio em relação aos de potássio, diferenciando esta composição do complexo de troca em relação aos solos antes da adição das águas salinas de irrigação (Quadro 2). Os valores de PST também aumentaram em relação à condição inicial, porém, não houve diferenças significativas entre os solos estudados. Mesmo sem atingir o valor limite de 15% de PST para classificar um solo como sódico (USSL Staff, 1954) durante o ciclo da cebola, o uso contínuo dessas águas pode vir a promover a elevação da PST a este nível, ou, até mesmo superá-lo, tornando estes solos impróprios para condições de cultivo. Tedeschi & Dell' Aquilla (2005) verificaram que a salinidade até 0,5 m de profundidade de um solo irrigado com águas salinas em diferentes concentrações, durante sete anos, aumentou consideravelmente.

No ajuste de modelos para as variáveis do solo em função da RAS das águas de irrigação os resultados permitiram selecionar modelos significativos, principalmente para a água de CE mais elevada ( $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), enquanto para os valores de CE de 200 e  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$  nem sempre foi possível. O pH no solo de textura franco arenosa foi uma destas variáveis, ajustando-se uma equação quadrática de aumento do pH com a elevação da RAS da água de mais alta CE, mas para as outras águas, a elevação da RAS não promoveu respostas no pH do solo (Figura 3).

No solo de textura franco argilo siltosa, só não foi possível fazer o ajuste de equações na CE de  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Para as águas de CE de 200 e de  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$  o aumento da RAS interferiu no crescimento dos valores de pH do solo, sendo os valores de pH inferiores quando foi usada a água de maior CE (Figura 3) Quando foi possível ajustar equações de regressão, a RAS das águas promoveu aumento

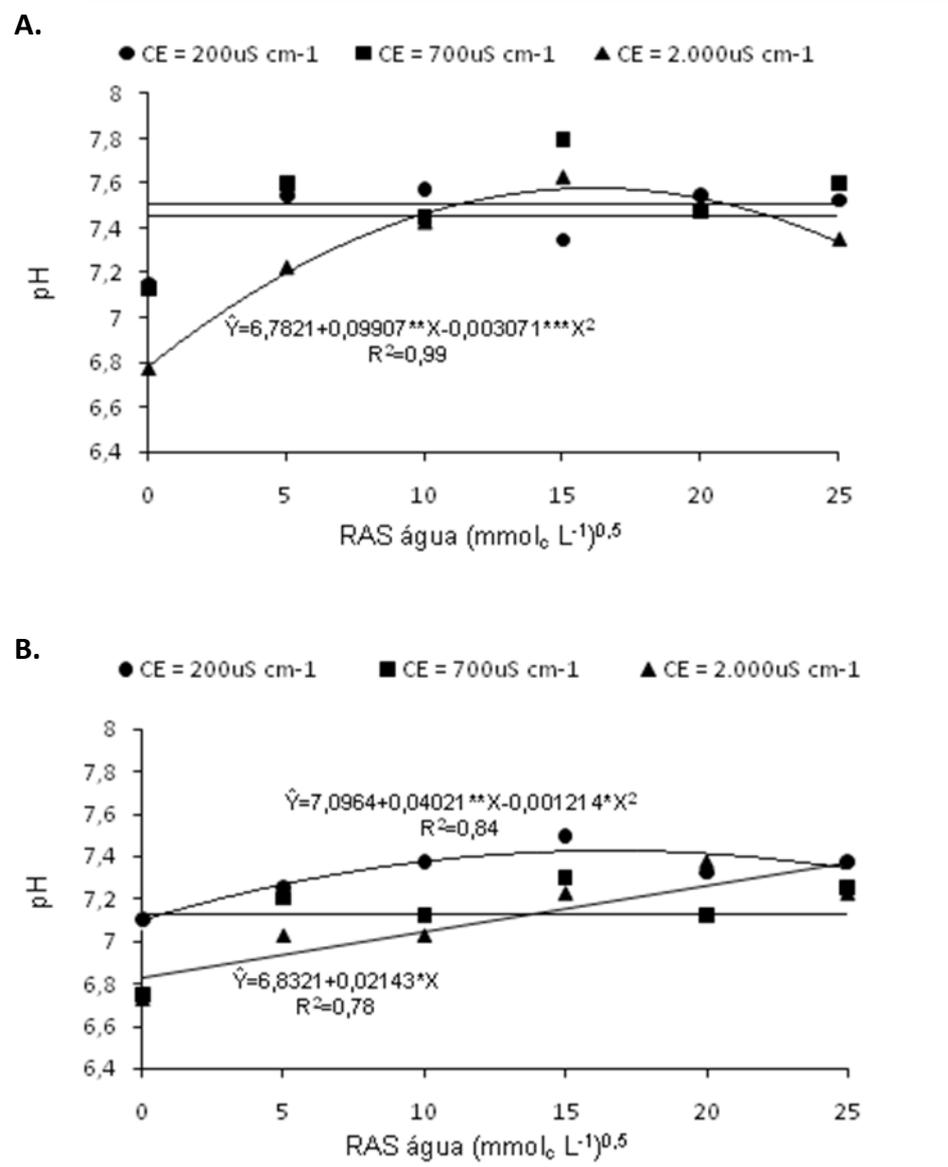


Figura 3. Valores de pH do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (\*, \*\*, \*\*\* - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

nos valores de pH em ambos os solos. Ribeiro et al. (2003) afirmam que o sódio tende a elevar o pH dos solos, pois este íon ao entrar em contato com a água hidrolisa, liberando  $\text{OH}^-$  e elevando o pH dos solos.

O pH do extrato de saturação também foi avaliado em função dos tratamentos de RAS das águas utilizadas e o comportamento desta variável foi muito similar ao do pH do solo, conforme esperado (Figura 4). No solo de textura franco arenosa o

efeito da RAS sobre o pH do extrato de saturação só foi observado para a água mais salina (CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); e no solo de textura franco argilo siltosa, foram ajustadas equações para a CE de 700 e de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , indicando que, neste solo, um leve aumento na salinidade da água de irrigação já promoveu efeito sobre o pH do extrato de saturação, o que não ocorreu no solo franco arenoso. Isto pode ser atribuído a um maior potencial de retenção de sais por parte deste solo, de textura mais fina, em relação ao solo franco arenoso.

A condutividade elétrica do extrato de saturação de ambos os solos se apresentou de forma semelhante, praticamente sem variação em função da RAS da água de irrigação, ficando evidente apenas a influência da salinidade das águas, com valores superiores para a CE de 2.000, seguida pela de 700 e, finalmente, pela de 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Figura 5). Notaram-se, também, valores de CEes um pouco superiores no solo de textura franco argilo siltosa, de granulometria mais fina.

Os resultados obtidos, em que o pH do solo, o pH do extrato de saturação e a CE do extrato de saturação não foram influenciados pela RAS das águas de irrigação, eram previsíveis, visto que foram usados sais de cloreto, ânion de reação neutra que não promove grandes alterações no pH e a CE não é uma variável muito relacionada à presença do sódio em solução. Contudo, a RAS do extrato de saturação e a PST dos solos são variáveis diretamente relacionadas aos teores de sódio na solução e no complexo de troca do solo, respectivamente, sendo muito influenciadas pelos tratamentos de RAS das águas de irrigação aplicadas.

Conforme o esperado, tanto a RAS do extrato de saturação (Figura 6), quanto a PST (Figura 7) foram fortemente alteradas pelo aumento da proporção de sódio nas águas utilizadas. Para a RAS do extrato de saturação dos solos foram ajustadas equações de regressão significativas para as águas nos três valores de CE estudados, observando-se aumento nos valores de RAS do extrato com o aumento da RAS da água de irrigação (Figura 6).

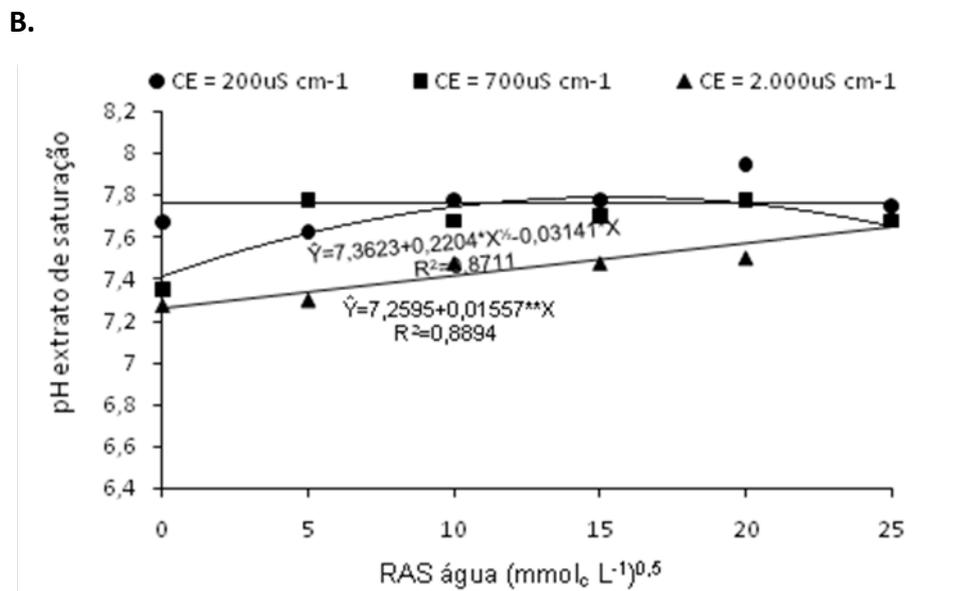
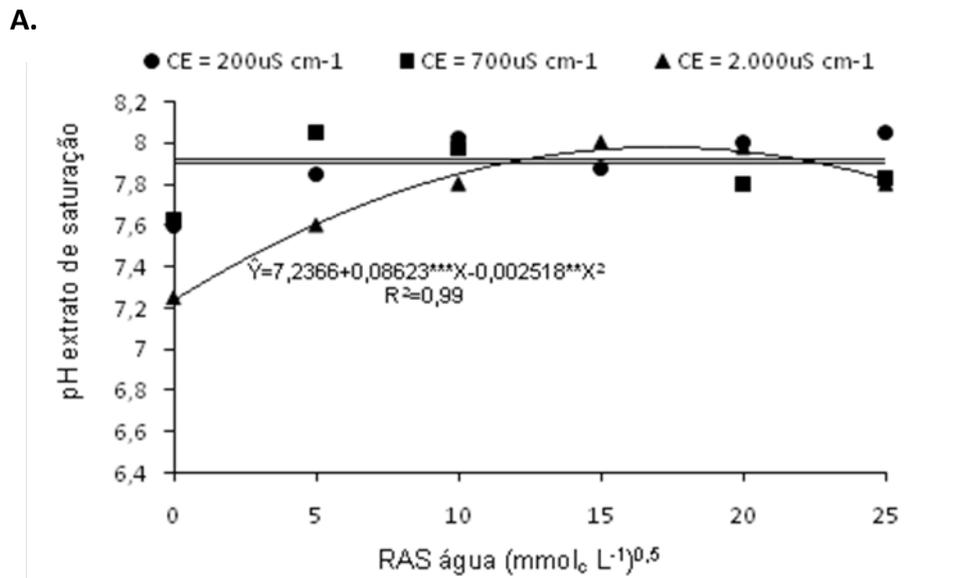


Figura 4. Valores de pH do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (\*, \*\*, \*\*\* - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

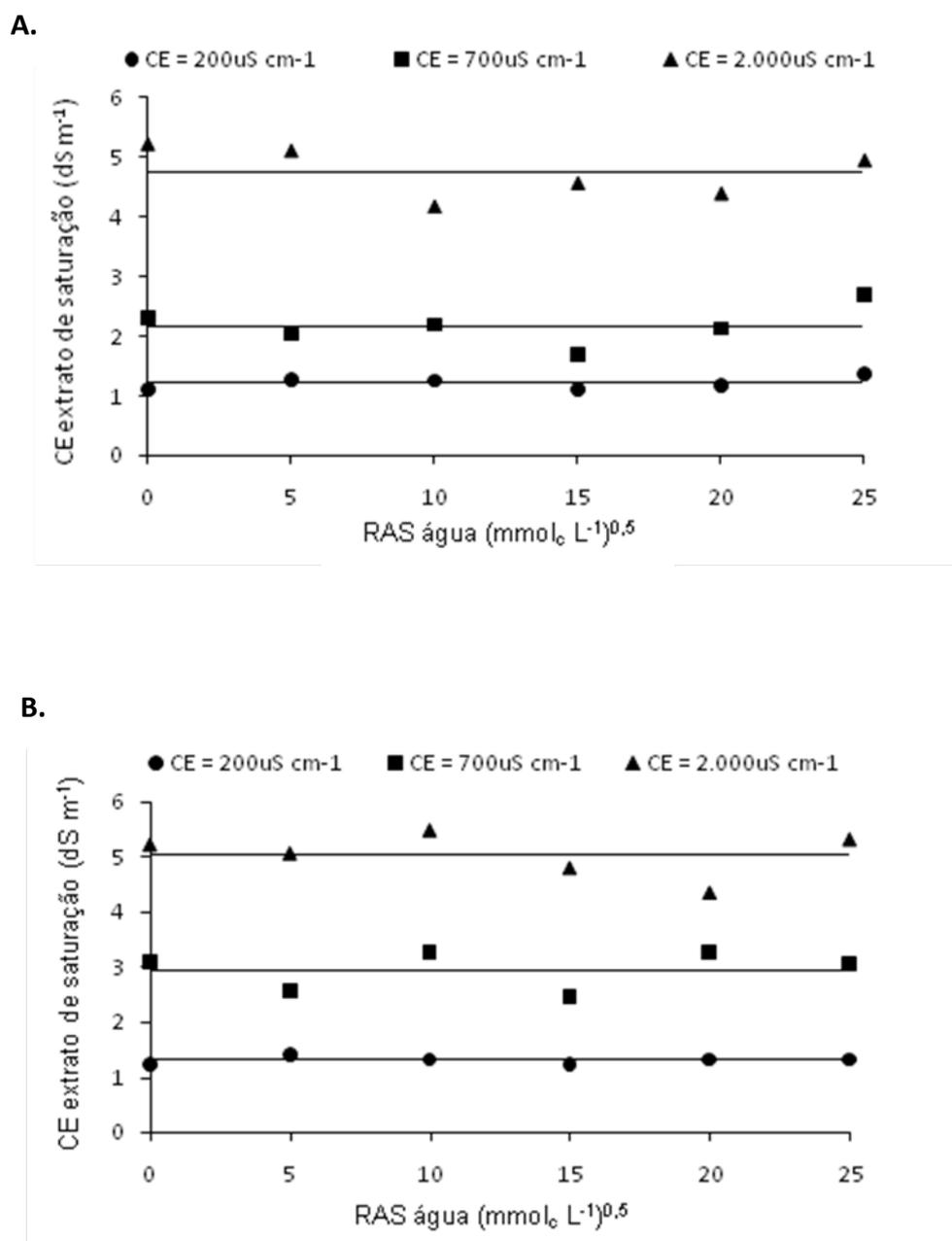


Figura 5. Valores de CE do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (\*, \*\*, \*\*\* - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

Este comportamento ocorreu de forma semelhante nos dois solos, onde o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação também promoveu um aumento nos valores de RAS do extrato de saturação. Tal fato deve-se à adição do

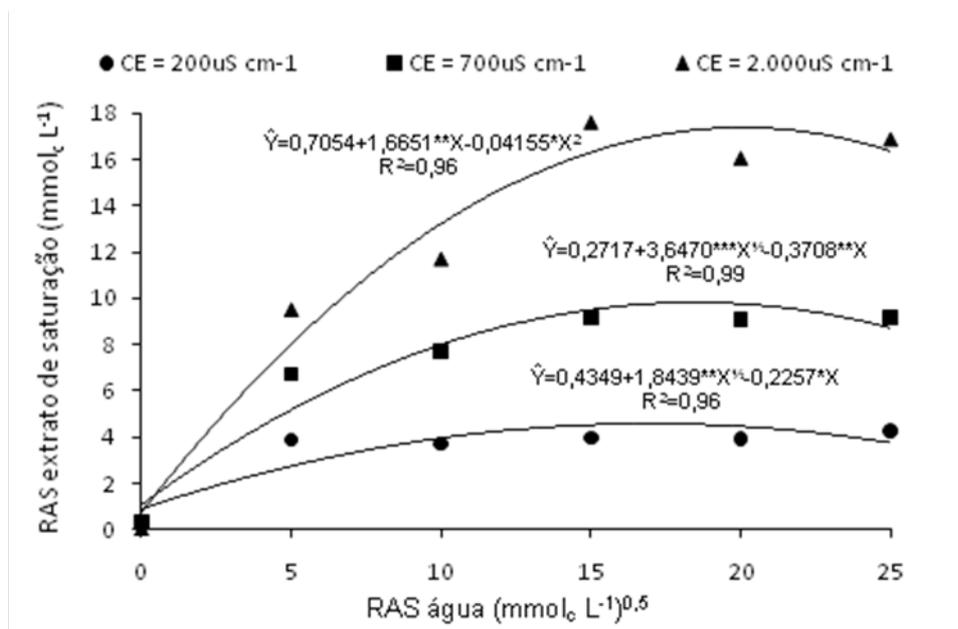
sódio advindo da água de irrigação, o qual vem a predominar em relação aos demais cátions contidos no extrato de saturação, principalmente o cálcio e magnésio. Sendo assim, um aumento nos teores deste íon na água de irrigação pode promover incremento nos valores de RAS no extrato de saturação destes solos. Estes aumentos nos valores de RAS foram crescentes com a salinidade da água de irrigação. Barbosa et al. (2005) também encontraram um aumento na RAS a medida em que aumentou o nível de salinidade da água de irrigação aplicada em um ARGISSOLO AMARELO cultivado com banana.

Destaca-se o grande incremento ocorrido na faixa inicial de RAS (de 0 a 5) para as águas dos três valores de CE, sendo este incremento atenuado a partir daí, no sentido dos maiores valores de RAS (Figura 6). Por outro lado, foram observadas diferenças entre as curvas obtidas para cada CE das águas de irrigação, com a elevação da RAS da água de menor para maior valor de CE. Assim, confirma-se o potencial de sodificação de águas de irrigação de elevada RAS e CE, comprometendo a qualidade do solo e, conseqüentemente, a produtividade dos solos.

Observou-se, também, que o solo franco arenoso apresentou maiores valores de RAS no extrato de saturação em relação ao solo franco argilo siltoso, provavelmente, em função do maior teor de  $\text{Ca}^{2+}$  solúvel (Quadro 8) e trocável (Quadro 9) no solo de textura Franco Argilo Siltosa, minimizando a RAS neste solo. A capacidade deste solo em reter um maior teor de cálcio em relação ao solo franco arenoso, pode indicar maior possibilidade de uso deste solo com águas salinas ricas em sódio, pois, o cálcio tem efeito floculante, tendendo a inibir os efeitos indesejáveis do sódio.

Para a PST, foi possível fazer o ajuste de equações nos dois solos, nos três valores de CE das águas de irrigação (Figura 7). Nos dois solos utilizados, o aumento dos valores de PST foi proporcional ao aumento da RAS da água de irrigação, ou seja, com o aumento da RAS da água de irrigação os valores de PST aumentaram significativamente, indicando maior saturação do complexo de troca dos solos com o elemento sódio.

A.



B.

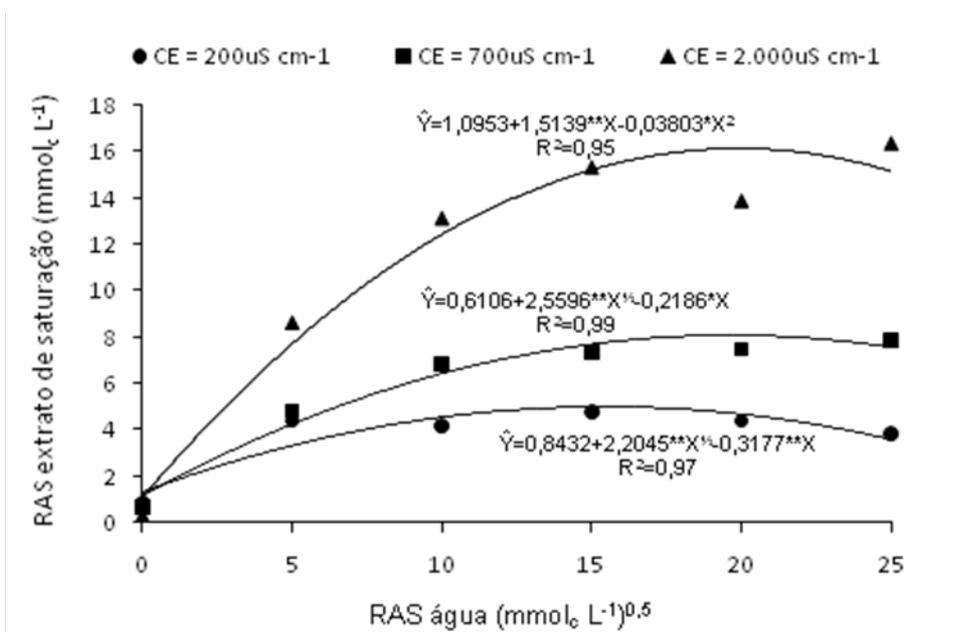


Figura 6. Valores de RAS do extrato de saturação do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (\*, \*\*, \*\*\* - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

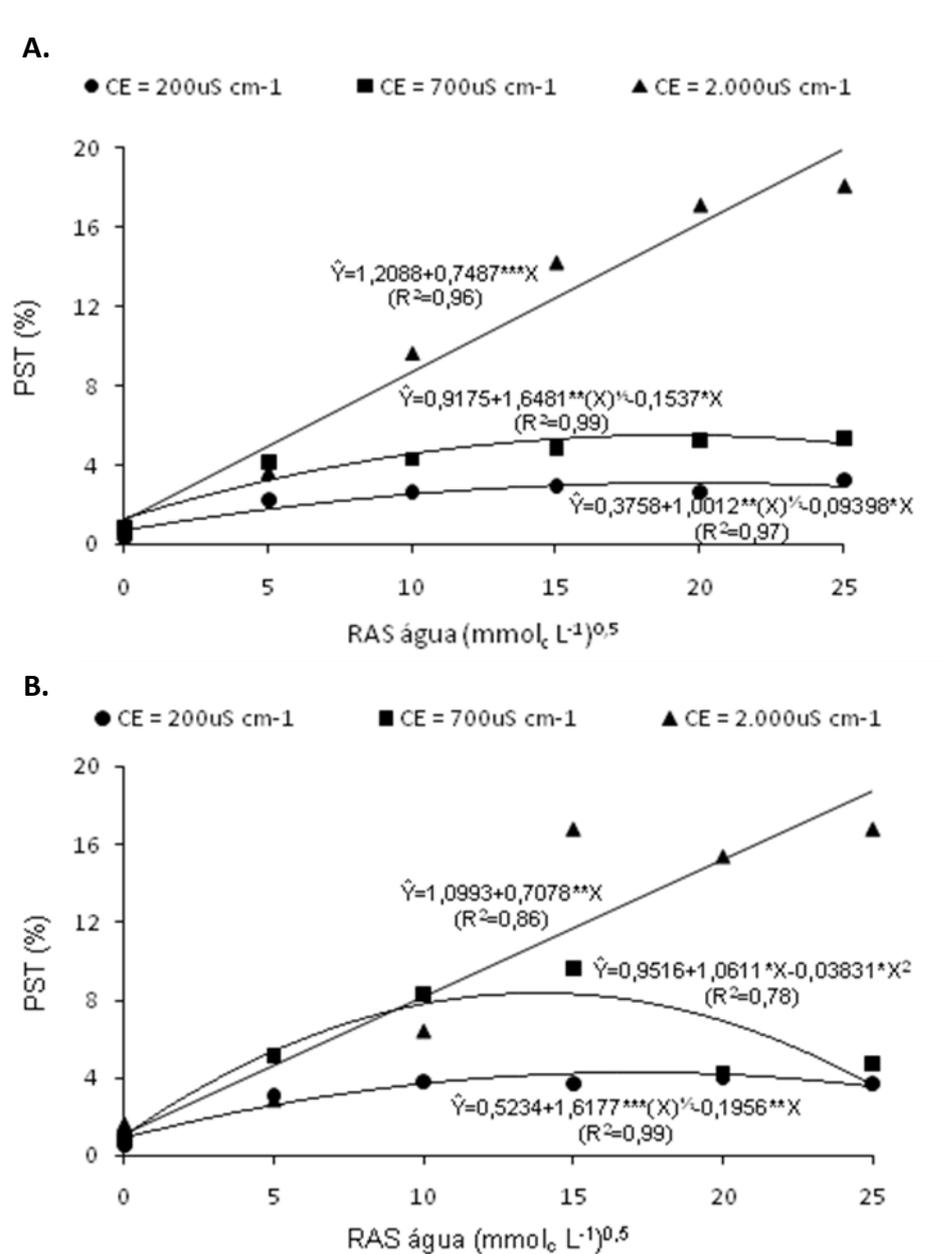


Figura 7. Valores de PST do solo de textura franco arenosa (A) e franco argilo siltosa (B) em função da RAS da água de irrigação para as águas de irrigação de CE 200, 700 e 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . (\*, \*\*, \*\*\* - Significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente).

Almeida Neto (2007), estudando a aplicação de soluções de percolação com valores crescentes de RAS e de CE em solos do estado de Minas Gerais, observaram que o aumento da CE e da RAS das soluções de percolação também elevou a relação de sódio trocável (RST) e a percentagem de sódio trocável (PST) dos solos estudados.

A PST também aumentou em função da salinidade da água de irrigação, sendo as águas mais salinas as que promoveram maiores elevações na PST dos dois solos (Figura 7). Observou-se um comportamento semelhante no crescimento da PST, nas águas de CE 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , o que não ocorreu na CE de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Nesta, o aumento foi mais acentuado em relação às demais, comprovando o efeito mais danoso do uso de águas mais salinas. Avaliando a estimativa do risco de salinização e sodificação de alguns solos de referência do estado de Pernambuco, Freire et al. (2003a) observaram a elevação da PST pela aplicação de soluções de RAS crescentes, caracterizando a saturação do complexo de troca catiônico do solo pelo sódio aplicado na forma solúvel. Também verificaram um aumento da PST com o aumento da salinidade das soluções percolantes.

Estes solos, quando irrigados com águas de elevados valores de CE e RAS podem apresentar problemas de condutividade hidráulica, pela elevação da saturação por sódio, promovendo dispersão das partículas coloidais, obstrução de poros e impedimento à passagem de água e ar (Freire et al., 2003b). Tal condição pode tornar este solo impróprio para a agricultura, uma vez que as partículas de silte, por si só, já trazem certo efeito indesejável sobre a utilização desse solo, que é a redução na permeabilidade do mesmo. Associado a isso, esses aumentos nos valores da PST a partir da CE de 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  podem comprometer ainda mais o uso destes solos para fins agrícolas.

### **4.3. Composição química do lixiviado.**

Os valores de pH e CE, e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e RAS das soluções lixiviadas aos trinta, sessenta e noventa dias após o transplante em função da condutividade elétrica da água de irrigação são mostrados no Quadro 10. Houve diferença significativa nos valores de pH apenas no lixiviado coletado aos sessenta dias após transplante, e observou-se uma redução nos valores de pH da primeira para a última coleta. Silva (2008), que também encontrou reduções nos valores de pH no lixiviado de solos cultivados com melão no Rio Grande do Norte, afirma que tal fato pode ter ocorrido pela retirada de íons alcalinos pela lixiviação promovida com as soluções de cloretos. Isto se confirma pela diminuição nos teores de carbonato e bicarbonato nos lixiviados da primeira para a terceira coleta, íons relacionados à alcalinidade.

Com relação aos valores médios da CE, houve incremento nestes com o aumento da salinidade da água de irrigação, independentemente do período de coleta, ou seja, o uso de águas de irrigação mais salinas promoveria elevação na salinidade dos lixiviados, detectados pelos maiores valores de condutividade elétrica (Quadro 10). Também houve um 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 ao solo pela água de irrigação em solos de textura leve. Ferreira et al. (2006) também obtiveram um aumento da salinidade do lixiviado em função do tempo de irrigação com águas salinas.

Seguindo a mesma tendência, verificou-se aumento nos teores dos cátions dos lixiviados coletados aos trinta, sessenta e noventa dias após o transplântio, com o aumento da CE das águas de irrigação (Quadro 10). Dentre os cátions estudados na composição do lixiviado, o potássio foi o 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, sendo um fator negativo, pois estas águas estariam promovendo o empobrecimento dos solos em potássio, pela sua 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 trinta dias do transplântio, o cálcio foi o cátion predominante na composição do lixiviado dos solos irrigados com as águas de CE de 200 e 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , seguido pelo magnésio, sódio e potássio; enquanto no lixiviado dos solos irrigados com as águas de irrigação de 2.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  os teores de sódio superaram os de magnésio (Quadro 10). Isto indica que, apenas com 30 dias de irrigação com as águas salinas, o sódio já se destaca no lixiviado dos solos submetidos à irrigação com a água de maior valor de CE.

Quadro 10. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da salinidade da água de irrigação

CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	RAS ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ) <sup>0,5</sup>
<u>30 dias após transplântio</u>										
200	8,30 A	1,99 C	21,97 B	12,66 B	4,75 C	1,42 B	7,68 C	7,35 A	1,0625 A	1,29 C
700	8,43 A	2,85 B	26,39 A	14,65 A	12,33 B	1,34 B	22,01 B	8,58 A	1,4875 A	3,03 B
2.000	8,46 A	4,51 A	27,58 A	15,31 A	26,19 A	1,63 A	49,02 A	9,87 A	1,5396 A	6,36 A
CV (%)	6,50	17,27	48,47	34,27	26,39	39,02	27,06	101,02	186,04	31,09
<u>60 dias após transplântio</u>										
200	7,90 A	2,08 C	22,61 C	11,58 C	7,35 C	0,99 C	12,98 C	5,41 A	0,1417 A	1,92 C
700	7,68 B	3,18 B	30,18 B	15,65 B	17,19 B	1,55 B	31,17 B	4,54 B	0,0625 A	3,81 B
2.000	7,53 B	5,53 A	44,15 A	18,15 A	39,89 A	2,09 A	67,81 A	4,22 B	0,0750 A	7,25 A
CV (%)	5,97	21,34	33,31	38,81	22,29	30,00	27,55	37,27	248,43	21,87
<u>90 dias após transplântio</u>										
200	7,76 A	2,77 C	11,09 C	6,41 C	8,78 C	0,71 C	20,13 C	3,76 A	0,06458 A	3,22 C
700	7,61 A	4,72 B	16,57 B	8,89 B	18,82 B	1,09 B	39,58 B	3,30 A	0,00000 A	5,77 B
2.000	7,79 A	7,85 A	25,29 A	11,54 A	42,87 A	1,63 A	72,54 A	3,86 A	0,03542 A	11,47 A
CV (%)	8,06	22,64	29,34	59,27	25,72	21,21	25,30	141,91	445,08	15,12

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Isto era previsível, já que 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, mas pode ser um indicativo de possíveis problemas com potássio e magnésio em solos irrigados com águas cloretadas sódicas, predominantes no Perímetro Irrigado Cachoeira II (Fernandes, 2008), local de origem dos solos, e em outras áreas do semi-árido brasileiro.

Após sessenta dias, 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 irrigação de CE de  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$  os teores do sódio já superaram os de magnésio, como ocorrido nas águas de irrigação de  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$  (Quadro 10). E nos lixiviados coletados aos noventa dias do transplântio, o Ca predominou apenas quando as águas de irrigação foram as de mais baixa CE ( $200 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), sendo o sódio o cátion predominante nos demais tratamentos.

Avaliando o aumento nos teores de sódio, os valores de 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 (Quadro 10). Este é um fator preocupante, pois, com o passar do tempo, estas águas tornam-se mais salinas (maior CE) e com predomínio de sódio em sua composição. Guardando as devidas proporções, 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. Destaca-se a situação do lixiviado proveniente da água de irrigação mais salina ( $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), em que, aos trinta dias após o transplântio, os valores de RAS já foram superiores aos dos lixiviados provenientes das águas de irrigação de 200 e  $700 \mu\text{S cm}^{-1}$ , até noventa dias depois do transplântio.

Dentre os ânions estudados, o carbonato foi o encontrado em menores teores, sendo o cloreto o ânion predominante na composição dos lixiviados independentemente da CE das águas de irrigação que foram aplicadas e do tempo de coleta dessas águas (Quadro 10). Houve um aumento significativo deste elemento com o aumento da salinidade da água de irrigação, provavelmente devido à composição destas águas a partir de sais de cloro. Os teores de carbonato não diferiram significativamente em função da salinidade da água de irrigação e do

tempo de coleta; e os teores de bicarbonato apresentaram diferenças significativas apenas aos sessenta dias após o transplântio, onde o lixiviado do solo irrigado com a água de menor CE apresentou maiores teores de bicarbonato, por ter recebido menor carga de cloretos.

Comparando-se os dois solos diferentes quanto à textura, os valores de pH do lixiviados diferiram apenas aos trinta dias após o transplântio, sendo superior no de textura franco argilo siltosa (Quadro 11). Já os valores de CE foram maiores no lixiviado do solo franco arenoso aos trinta e sessenta dias, invertendo-se aos noventa dias. No solo de textura mais fina (franco argilo siltosa), houve uma maior retenção dos sais, confirmada pelo maior valor de CE do extrato de saturação (Quadro 8); além disso a lixiviação é mais lenta, dificultando a liberação dos sais nos lixiviados, enquanto no solo de textura mais grosseira os sais foram liberados mais intensamente do início até aproximadamente os sessenta dias de cultivo, revertendo-se a CE a partir daí.

Em conformidade com o que ocorreu com a CE, aos trinta dias após o transplântio, os teores de cátions foram maiores no lixiviado do solo franco arenoso, sendo o cátion predominante o cálcio, seguido do sódio, magnésio e potássio, em ambos os solos (Quadro 11). Entre os ânions, o cloro foi o predominante, não havendo diferenças significativas entre os teores de bicarbonato e os de carbonato predominaram no lixiviado do solo de textura franco argilo siltosa.

No lixiviado coletado sessenta dias após o transplântio, a seqüência de predomínio dos cátions foi a mesma dos lixiviados coletados aos trinta dias após o transplântio, porém, com teores mais elevados (Quadro 11). Na composição aniônica houve uma redução nos teores de bicarbonato e carbonato, onde nesta as diferenças foram significativas nestes últimos, sendo maiores agora no lixiviado do solo de textura franco arenosa. Houve um aumento nos teores de cloro em relação ao lixiviado coletado aos trinta dias do transplântio, pela continuidade de fornecimento dos sais nas águas.

No lixiviado coletado aos noventa dias após o transplântio, verificou-se um predomínio do sódio, superando os demais cátions, o que não ocorreu nos lixiviados das coletas anteriores (Quadro 11). Entre os ânions, houve aumentos nos teores de cloro, com reduções nos teores dos demais, não havendo diferenças significativas nos teores dos demais ânions, entre os solos.

Quadro 11. Valores médios de pH, condutividade elétrica (CE), teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloro, bicarbonato, carbonato e valores de relação de adsorção de sódio (RAS) das soluções lixiviadas em função da textura do solo.

Textura do solo	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	RAS (mmolc L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
<u>30 dias após transplântio</u>										
Franco arenosa	8,27 B	3,50 A	32,95 A	16,69 A	16,73 A	2,10 A	30,81 A	7,88 A	0,6889 B	3,63 A
Franco argilo siltosa	8,53 A	2,74 B	17,69 B	11,73 B	12,11 B	0,83 B	21,66 B	9,32 A	2,0375 A	3,50 A
CV (%)	6,50	17,27	48,47	34,27	26,39	39,02	27,06	101,02	186,04	31,09
<u>60 dias após transplântio</u>										
Franco arenosa	7,77 A	3,93 A	34,71 A	16,57 B	22,24 A	2,21 A	40,23 A	4,96 A	0,1333 A	4,38 A
Franco argilo siltosa	7,64 A	3,26 B	29,92 B	23,69 A	20,72 A	0,87 B	34,41 B	4,50 A	0,0528 B	4,28 A
CV (%)	5,97	21,34	33,31	38,81	22,29	30,00	27,55	37,27	248,43	21,87
<u>90 dias após transplântio</u>										
Franco arenosa	7,78 A	4,57 B	15,34 B	6,91 B	22,61 A	1,50 A	39,35 B	3,02 A	0,0111 A	7,22 A
Franco argilo siltosa	7,66 A	5,66 A	19,96 A	10,99 A	24,37 A	0,78 B	48,81 A	4,26 A	0,0556 A	6,42 A
CV (%)	8,06	22,64	29,34	59,27	25,72	21,23	25,30	141,91	445,08	15,12

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical dentro de cada grupo de tratamentos não diferem pelo teste de Skott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

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 (Quadro 11). Esta elevação na RAS dos lixiviados indica o aumento da proporção de sódio na fase solúvel do solo, com a diminuição dos demais cátions, elementos essenciais às plantas.

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 afirmam que os cloretos são praticamente lixiviados do solo com aplicação de água correspondente a um volume de poros. Andrade et al. (2004), utilizando água reciclada advinda da drenagem, constataram que, em áreas com dois ciclos de cultivo consecutivos com cajueiros precoces, houve um aumento a cada ciclo de cerca de 140% nos teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ , originando mudanças no pH e na salinidade do solo.

O uso de águas semelhantes a estas águas salinas de irrigação deve se dar através 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.

## 5. CONCLUSÕES.

Houve redução nas variáveis de crescimento estudadas, e aumento no acúmulo de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  na matéria seca de plantas de cebola, com o aumento da salinidade da água de irrigação;

O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu um incremento nos teores dos íons sódio e cloreto, considerados como tóxicos às plantas quando presentes em elevadas concentrações;

A RAS das águas de irrigação não exerceu influência significativa nas variáveis de crescimento de plantas de cebola;

As plantas cultivadas no solo de textura franco argilo siltosa irrigadas com as águas menos salinas tiveram crescimento superior às do solo de textura arenosa;

A crescente salinidade das águas de irrigação promoveu aumento nos teores de  $\text{Na}^+$  trocável, nos valores de condutividade elétrica, relação de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável;

O aumento da RAS das águas de irrigação proporcionou elevação nos valores de pH, porcentagem de saturação por sódio e relação de adsorção de sódio dos solos estudados;

O aumento da salinidade das águas de irrigação promoveu incremento nas perdas de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  nos lixiviados aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio, no cultivo da cebola;

Mesmo não acarretando problemas a curto prazo, o uso contínuo de águas de irrigação de elevada condutividade elétrica e altos valores de RAS poderá promover a salinização e a sodificação, respectivamente, de Neossolos Flúvicos em ambiente semi-árido, tornando necessário o manejo adequado a estas condições particulares, bem como o monitoramento das propriedades dos solos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABID – Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. **Irrigação localizada**. ITEM. Brasília. n.51, 2001. 72p.

ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S. PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.221-226, 2003.

ALFARO, J.F. **Assessment of Progress in the Implementation of the Mar del Plata Action Plan and Formulation of a Strategy for the 1990s (Latin America and the Caribbean)**. California: United Nations Development Programa, Food and Agricultural Organization, Department of Economic and Social Affairs, Department of Thecnical Cooperation. 1990. 90p.

ALMEIDA NETO, O. B. **Dispersão da argila e condutividade hidráulica em solos com diferentes mineralogias, lixiviados com soluções salino-sódicas**. 2007, 93p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 167-176, 2002.

ANDRADE, E. M.; ALMEIDA, D. M. B. A.; MEIRELES, A. C. M.; LEMOS FILHO, L. C. A.; ARRUDA, F. E. R. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 1, p. 9-16, 2004.

ANJOS, I. M. dos. **Recuperação de um solo salino-sódico: efeito de diferentes níveis e formas de aplicação de gesso**. 1993. 34f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido: Um estudo de caso.** In: SEMINÁRIO FRANCO BRASILEIRO DE PESQUISA EM IRRIGAÇÃO, 1990, Recife. Anais... Recife: SUDENE, 1990. p.147-153.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture.** Roma: FAO, 1985. 174 p. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1.

BARBOSA, S. C. S.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; COSTA, J. R. M.; COSTA, J. P. V. & CALHEIROS, C. B. M. Crescimento e absorção de nutrientes em bananeira irrigada com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 343-346, 2005. (Suplemento).

BARROSO, P. A. V.; MOURA, G. E. D. D.; BRITO, L. K. F.; MARTINS, C. P.; MACEDO, C. E. C.; LOPES, D. B. & ALOUFA, M. A. I. Efeito do cultivo in vitro na presença de NaCl em plantas de abacaxizeiro na fase de aclimatização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.473-477, 2003.

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**, Madison, v.65, n. 1, p.191-198, 2001.

BEN-HUR, M.; AGRASSI, M.; KEREN, R.; ZHANG, J. Compaction, aging and raindrop-impact effects on hydraulic properties of saline and sodic vertisols. **Soil Science. Society of America. Journal.** Madison, v. 62, n. 12, p. 1377-1383, 1998.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Silva, D. D. da.; Pruski, F.F. (Ed.). **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura.** Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 252p.

\*BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense.** Florianópolis: Instituto CEPAS/SC, 2002. 88p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 215p.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 21, p. 73-85, 1974.

BRAY, R.H.; KURTZ, L.T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science.**, v. 59, p.39-45, 1945.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. & SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.199-206, 2002.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: CCA-UFPB. 2000. 72p.

CAVALCANTE, I. H. L.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F.; BECKMANN, M. Z.; CAMPOS, M. C. C.; GONDIN, S. C. Crescimento e produção de duas cultivares de algodão irrigadas com águas salinizadas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v.9, p.108-111, 2005. (Suplemento).

CAVALVATI, F. J. de A. et al. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco, 2ª aproximação**. Recife, IPA, 1998. 198p.

CHRISTOFIDIS, D. **Situação das áreas irrigadas: Métodos e equipamentos de irrigação**. In: Anais do Ciclo de Palestras da Secretaria de Recursos Hídricos. 1997 <<http://www.mma.gov.br/>>, 15/11/2008.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n.54, p. 46-55, 2002.

CHURCHMAN, G.J.; SKJEMSTAD, J.O.; OADES, J.M. Effects of clay minerals and organic matter on sodicity. In: NAIDU, R.; SUMNER, M.E.; RENGASAMY, P. (ed.). **Australian Sodic Soils – Distribution, Properties and Management**. Melbourne, CSIRO, 1995. p.107-119.

CHUSMAN, J. C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**, New York, v.41, n.4, p.758-769, 2001.

CONTRERAS, A.M.; ELIZONDO, M.S. **Relaciones agua-suelo-planta- atmosfera**. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación 2. ed. 1980, 22p.

CORDEIRO, G. **Salinidade em áreas irrigadas**. Petrolina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), 2002.

COSTA, R. G.; CARVALHO, H.; GHEYI, H. R. Qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p.242-244, 1982.

DAKER, A. **A água na agricultura: Manual de Hidráulica Agrícola, Irrigação e Drenagem**. 5 ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1970. 45p., v. 3.

DANTAS, J. P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M. M. M.; AMORIM, M. S. N.; ANDRADE, S. I. O. & SALES, A. L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 118p. (Série Didática,13).

DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; SILVA, F. V. & BARROS, A. D. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.240-246, 2004.

DINAR, A.; LETEY, J.; VAUX JR., H.R. Optimal ratios of saline and nonsaline irrigation water for crop production. **Soil Science Society America**, v.50,p.440-443, 1986.

DINIZ, I. A. **Cultivo do feijão guandu (*Cajanus cajan*) em solo salinizado tratado com matéria orgânica e drenagem**. 1995. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

DNOCS- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Estudos para a avaliação da disponibilidade hídrica do Açude Público Cachoeira II – Município de Serra Talhada – PE**. Relatório apresentado ao DNOCS em julho de 1999.

EMBRAPA. **Cultivo da Cebola no Nordeste**. 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FAO. **La conservación de las tierras en América Latina**. 1998. Disponível em: <[www.fao.org/ag.esp/revistas/spot4.htm](http://www.fao.org/ag.esp/revistas/spot4.htm)>. Acesso em 24/09/2008.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.

FERNANDES, A. R. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade**. 2000. 145p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES, J. G. **Caracterização de águas e solos do Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada/PE**. 2008, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

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**, Campina Grande, v.10, n.3, p.570-578, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases (FAOSTAT)**, FAOSTAT Agriculture Data, 2000. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em 15/11/08.

FRANÇA, F.M.C. **Políticas e Estratégias para um novo modelo de irrigação**. Documento Síntese. Fortaleza: Ed. Banco do Nordeste. 2001. 127p.

FREIRE, M. B. G. dos S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, 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**, Campina Grande, v.7, n.2, p.227-232, 2003a.

FREIRE, M. B. G. dos S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H. & FREIRE, F, J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.45-52, 2003b.

FREIRE, M. F. da S. **Manejo de um solo com água salgada submetido a três métodos de irrigação**. 1992, 51f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

FREIRE, M. F. da S. Transporte de sais aos solos pelas águas de irrigação. **Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água**, Areia, v.19, p.41-51, 1997.

FREITAS, E. V. S.; FERNANDES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; FREIRE, M. B. G. S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solo submetidos a irrigação com águas salinas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007.

GARCIA, G. O. **Alterações químicas no solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção da cultura do milho irrigado com água salina**. 2006, 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. de. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

GHEYI, H. R. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: OLIVEIRA, T.; ASSIS, R. N., ROMERO, R. E., SILVA, J. R. C. (Eds), Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Fortaleza (UFC), p. 329-345. 2000.

GOTO, R. **Efeito de doses de diferentes adubos orgânicos na cultura de cebola (*Allium cepa* L.) de verão**. 1983. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia (Horticultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, P. **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 203 – 225.

HAAG HP; HOMA P; KIMOTO T. **Nutrição mineral de hortaliças**. VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. *Anais...* Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. p. 143-153, 1970.

HERMES, L.C.; SILVA, A.S. **Parâmetros básicos para avaliação da qualidade das águas: análise e seu significado ambiental**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 32p.

HOLANDA, J. S. de. **Manejo e utilização de áreas salinizadas do Vale do Açu**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2000. 95p.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2007**. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banual\\_%5D/2007/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual_%5D/2007/). Acesso em: 17/11/2008.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-Rendimento Médio-Safra de 2001**. Disponível em: <http://www.ibge.net/home/estatistica/indicadores/agropecuaria> Acesso em: 27/10/ 2008.

IBGE. **Indicadores IBGE – Estatística da Produção Agrícola. 2008**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>. Acesso em 17/11/2008.

JAVED, I. U. L. Ion distribution response of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) to NaCl salinity. **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.4, n.1, p.46-48, 2002.

JENSEN, M. E.; RANGELEY, W. R.; DIELEMAN, P. J. Irrigation trends in world agriculture. In: **Irrigation of agricultural Crops**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1990. p.31-67.

JURY, W. A., JARRELL, W. M.; DEVITT, D. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, p. 1100-1106. 1979.

KHAN, M. A.; ABDULLAH, Z. Salinity – sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa* L.) under dense soil conditions. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.49, n.2, p.145-157, 2003.

KHAN, A. S.; NEIVA, A. C. G. R.; SILVA, L. M. R. Projeto São José e o desenvolvimento rural no Estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 143-171, jul./set. 2001.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, E. de L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. (ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFPE, 2005, p.127-137.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade química da água dos açudes do Nordeste**. Recife: SUDENE, 1989. 97p. (Série Hidrológica, 26).

LEPRUN, J. C. Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste. In: **Relatório Final do Convênio Manejo e Conservação do Solo do Nordeste Brasileiro**. Recife: SUDENE - DRN, 1983. p.91-141. Convênio SUDENE/ORSTOM.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 1997. p.113-136.

LIMA, M. D. B.; BULL, L. T.. Produção de cebola em solo salinizado. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 13, p. 231 – 235, 2008.

LIMA, M. D. B.; BULL, L. T.; GRASSI FILHO, H. Índices fisiológicos e absorção de nutrientes pela cultura da cebola submetida a condições de salinidade e estresse hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 356-366, 2006.

LIRA JÚNIOR, J. S. **Salinidade na água de irrigação**: efeitos sobre a germinação e desenvolvimento do feijão caupi. 2002. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

MACÊDO, L. de S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: EMEPA. 1988, 11p. (Comunicado Técnico, 38).

MACÊDO, L. de S.; MENINO, I. B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.47-51, 1998.

MACEDO, L. S.; SANTOS, J. B. Efeito da aplicação de água salina sobre os solos irrigados na Bacia Sucuru/Sumé, PB. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.915-922, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MANGAL, J. L.; LAL, S. Salt tolerance behaviour of Kharif onion variety N.53. **Haryana Journal Horticultural Science**, v.17, n.1-2, p.78-82, 1988.

McNEAL, B.L.; COLEMAN, N.T. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 30, p. 308-312, 1966.

MEDEIROS, F. A. S. B.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; ALVES, L. P.; SOUZA, T. H. & LEVIEN, S. L. A. Necessidade hídrica do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades e cultivado com ou sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 234-238, 2005.

MEDEIROS, J. F. **A qualidade da água de irrigação e evolução de salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE.** 1992. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MILLAR, A. A. **Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas.** Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 1984. 56p.

MINHAS, P.S.; SHARMA, D.R. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. **Irrigation Science.**, v. 63, p. 159-167, 1986.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. Aproveitamento Sustentável de Aqüíferos Aluviais no Semi-árido. IN: CABRAL, J. S. P.; FERREIRA, J. P. C. L.; MONTENEGRO, S. M. G.; COSTA, W. D. **Água Subterrânea: Aqüíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento.** Tópicos especiais em Recursos Hídricos. Recife: ed. Universitária da UFPE, 2004. 447p.

NIAZI, M.H.K.; HUSSAIN, N.; KAHN, G. D.; MEHDI, S. M.; RASHID, M. Efficacy of acid reclaimants in combination with nonconventional fertilizers for salinity control. In: INTERNATIONAL DRAINAGE SYMPOSIUM, 6., 1992, Mashville. Proceedings... Mashville. 1992. p.387-394.

NUNES FILHO J.; SOUZA, A. R.; LIMA, V. A. & LIMA, B. P. Relações entre a concentração de íons e a salinidade de águas subterrâneas e superficiais, visando à irrigação, no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.189-193, 2000.

OJALA, J. C.; JARREL, W. M.; MENGE, J. A. & JOHNSON, E. L. V. Influence of mycorrhizae fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 255-259, 1983.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal, FUNEP, 2001. 414p.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. de (ed.) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997, p.1-35.

OLIVEIRA, O.; MAIA, C.E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

PALIWAL, K. V.; GHANDHI, A. P. Effect of salinity, SAR, Ca:Mg ration in irrigation water and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage. **Soil Science**, Baltimore, v. 122, n.2, p.85-90, 1976.

PEREIRA, K. S. N. **Tolerância vegetal da goiabeira à salinidade da água de irrigação durante a germinação e produção de mudas**. 2000. 82f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

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 Agrônômica**, Fortaleza, v.17, n.1, p.61-65, 1986.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperation de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola, Española, 1985. 542p.

PORTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; VARGAS, A. M. P. F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar cebola superex estabelecida pela semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4. p. 949-955, 2007.

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.; et al. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3, p.165-208.

SAASP. **Repensando a agricultura paulista**. São Paulo, 1997. 43 p.

SADIQ, M.; HASSAN, G.; CHAUDHRY, G. A.; HUSSAIN, N.; MEHDI, S. M. & JAMIL, M. Appropriate land preparation methods and sulphuric acid use for amelioration of salt affected soils. **Pakistan Journal of Agronomy**, Hafizabad, v.2, n.3, p.138-145, 2003.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n. 2, p.443-450, 2003.

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**, Campinas, v. 20, p.13-20, 1996.

SANTOS, M. F. G. dos. **Recuperação de um solo sódico: efeito do gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça**. 2002. 95f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)- Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SANTOS, R. V. dos. **Correção de um solo salino-sódico e absorção de nutrientes pelo feijoeiro vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 1995. 120f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

SANTOS, R. V. dos; TERTULIANO, S. S. X. Crescimento de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com ácido sulfúrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.239-242, 1998.

SHANNON, M. C. Adaptation of plants of salinity. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.60, n.1, p.75-120, 1997.

SILVA, E. F.; AMARAL, F. C. S. **Culturas Semiperenes e anuais componentes da base de dados – I**. Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005, v. I, p. 137-159.

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 JÚNIOR, C. D. da.; PASSOS, E. E. M.; GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.39-44, 2002.

SILVA, M. O. **Crescimento de melão, características químicas de solos e lixiviados sob irrigação com águas salinas**. 2006. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, PE.

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**, Recife, 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**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 189-203, 2008.

SILVA, M. R. M. da. **Viabilidade de uso de vinhaça na recuperação de um solo salino sódico**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água)- Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SILVEIRA, K. R. da. **Gesso e vinhaça na recuperação de um solo afetado por sódio trocável**. 1997. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB.

SOUZA, M. R. de. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação**. 1995. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M. **Cultura da cebola**. Lavras: UFLA, 2002. 115p. (Textos Acadêmicos - Olericultura, 21).

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed., Porto Alegre: Artmed. 2004.719p.

TEDESCHI, A.; DELL' AQUILLA, R. Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v. 77, p. 308-322, 2005.

TEI F; SCAIFE A; AIKMAN DP. Growth of lettuce, onion, and red beet. 1.Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. *Annals of Botany, Warwickshire*, v. 78, p. 633-643, 1996.

TEIXEIRA, I. R.; MOTA. J. H.; MARINHO, J. T. S.; CARVALHO, J. G. & ANDRADE, M. J. B. Efeito da salinidade sobre a produção de matéria seca na cultivar de feijão pérola. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. 412p.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas, São Paulo, 2002. 45p.

THOMAS, J. R. Osmotic and specific salt effects on growth of cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72., p. 407-412, 1980.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY – USSL 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**, Campina Grande, v.5, n.1, p.60-66, 2001a.

VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; PACHECO, D. D. Nutrição mineral e adubação de cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.218, p.36- 50, 2002.

VIEIRA, D. B. **As Técnicas de Irrigação**. São Paulo: Editora Globo, 1989. 263p.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; VIEIRA, R.C.M.T.; CAMARGO FILHO, W.P.; MADAIL, J.C.M.; COSTA, N.D.; BOEING, G.; VIVALDI, L.F.; WERNER, H. **Identificação de sistemas de produção de cebola nos principais estados produtores**: relatório final de pesquisa - subprojeto 13.2001.865-07. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002.

ZINK FM. Growth and nutrient absorption of green bunching onions. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 80, p. 430-435. 1962.

YEO, A. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, n.1, p.159-174, 1999.