

# Risco de degradação em solo irrigado do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará<sup>1</sup>

Risk of degradation in irrigated soil at the Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará, Brazil

Luiz Carlos Guerreiro Chaves<sup>2</sup>, Eunice Maia de Andrade<sup>3</sup>, Lindbergue Araujo Crisostomo<sup>4</sup>,  
Ricardo Luiz Lange Ness<sup>5</sup> e José Frédson Bezerra Lopes<sup>6</sup>

**Resumo** - Para se avaliar a adição de sais ao solo pela irrigação ao longo do tempo e o efeito das chuvas na lixiviação dos sais, tomou-se como referencial o status salino do solo da mata nativa. O trabalho foi realizado em área do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte (DIPAN), Ceará, irrigada a cinco anos por microaspersão. Foram coletadas amostras de solo na área irrigada e na mata nativa para as camadas de 0 a 0,30 m; 0,30 a 0,60 m; 0,60 a 0,90 m e 0,90 a 1,20 m, entre maio/2003 e setembro/2005. Foram considerados os seguintes atributos: Condutividade Elétrica (CE), Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>. Para se qualificar o impacto da irrigação e o efeito das chuvas na lixiviação dos sais aplicou-se o teste t de Student ao nível de 1%. Os resultados mostraram concentrações de sais maiores na área irrigada do que na mata nativa para todas as camadas estudadas, sendo que as maiores diferenças foram registradas para a camada de 0 a 0,30 m. O magnésio foi o íon que apresentou maior influência nos valores de condutividade elétrica, enquanto o cloreto apresentou baixa concentração nas camadas inferiores. Os sais totais retidos no solo da área irrigada apresentaram diferença significativa ao nível de 1% quando comparados com os da mata nativa. A chuva total anual não foi suficiente para promover uma lixiviação significativa dos sais adicionados ao solo pela irrigação. O impacto da irrigação mostrou-se altamente significativo expressando risco de salinização da área irrigada.

**Termos para indexação:** irrigação, sais totais, lixiviação, impacto ambiental.

**Abstract** - This research was done aiming to compare the salinity variation in the root zone, on long-term, under irrigation condition, with another one, in an undisturbed land. Also, it was evaluated the rainfall effect in the salt lixiviation and the irrigation impact due to salts addition to the soil. Study was carried out in the grapevine orchard located at the Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte (DIPAN), Ceará State, Brazil. The analyzed tributes were: electrical conductivity (EC), Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>. Soil samples were taken in depths of 0 to 0.30 m; 0.30 to 0.60 m; 0.60 to 0.90 m and 0.90 to 1.20 m from May/2003 to September/2005 in site irrigation condition and another one, under undisturbed land. Site has been under irrigation condition since 2001. To evaluated irrigation impact and rainfall of the salt leaching was applied the independent-samples t-test for equality of means at 1% level of significance. Results showed that salt concentration to all depths its hight at the irrigation condition than that under undisturbed land. Magnesium ion showed the higher influence in electrical conductivity values and the chloride concentration was lower in the more depth layers. Rainfall was not enough to leach the salts added to soil by irrigation at 1% level of significance. The environmental impact due to irrigation showed level of significance extremely high.

**Index terms:** irrigation, total salt, leaching, environmental impact.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 28/03/2006; aprovado em 29/07/2006.

Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Dep. de Eng. Agrícola, CCA/ UFC, CE

<sup>2</sup> Tec. em Recursos Hídricos/Irrigação, mestrando em Irrigação e Drenagem, Dep. de Eng. Agrícola, CCA/UFC, Caixa Postal 12.168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE, e-mail: luiscarlosguerreiro@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Ph. D., Pesquisadora do CNPq, Profa. do Dep. de Eng. Agrícola, CCA/ UFC, CE

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Ph. D., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, D. Sc., Professor da Universidade Estadual do Ceará, Limoeiro do Norte, CE

<sup>6</sup> Estudante de graduação em Agronomia, bolsista do PET, CCA/UFC, CE

## Introdução

A busca de uma exploração agrícola mais eficiente, com base na melhor utilização dos recursos naturais, visando maiores produções no setor agrícola, é intensificada no período em que o déficit de produtos alimentares se aproxima de sua fase crítica. Porém, as constantes instabilidades climáticas, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas do globo, fazem da agricultura de sequeiro uma atividade de grande risco, afetando a regularidade dessa produção (Macêdo & Menino, 1998). Nesse contexto, a agricultura irrigada tem alcançado grande expressividade no setor produtivo mundial, com uma área irrigada no mundo em torno de 260 milhões de hectares (correspondente a 17% da área cultivada) responsável por 40% da produção total de alimentos (Barreto & Silva, 2004). Entretanto, ao longo do tempo, essas áreas irrigadas vêm enfrentando problemas decorrentes do excesso de sais no solo. Estimativas apontam que, da área cultivada na superfície do globo ( $1,5 \times 10^9$  ha), 23% das terras são salinas e 37% são sódicas, encontrando-se distribuídas por todos os continentes (Tanji, 1990). Dentre os fatores determinantes da salinização do solo estão o clima árido e/ou semi-árido, a má drenagem, o lençol freático alto, a baixa permeabilidade do solo, o manejo inadequado da irrigação, os minerais primários e adubações químicas contínuas e mal conduzidas em solos irrigados (Bezerra, 1996; Souza et al., 2001). Os autores destacam ainda, a ação antrópica como atividade com maior potencial para causar problemas, devido à sistemática adição ao solo dos sais contidos na água. Holanda & Amorim (1997) reforçam a idéia anterior ao constatarem que 70% das águas avaliadas em Estados do Nordeste foram consideradas de boa qualidade para irrigação, apresentando níveis de salinidade entre baixo e médio. A adoção da técnica de irrigação nas regiões áridas e semi-áridas do globo tem contribuído para o aumento das taxas de evapotranspiração, resultando na salinização dessas áreas, principalmente naquelas que apresentam drenagem deficiente. Em regiões de baixa precipitação pluviométrica, a lavagem dos sais deve ser realizada como forma de manter a salinidade do solo em um nível aceitável. Já em regiões onde a precipitação é relativamente alta, a estação chuvosa pode assegurar a lavagem dos sais (Ben-Hur, 2001; Andrade et al., 2004).

Este trabalho foi realizado objetivando comparar, ao longo do tempo, a variação da salinidade total e dos principais íons em um solo cultivado sob irrigação localizada, com um de mata nativa não irrigado, bem como avaliar o efeito das chuvas na lixiviação dos sais e identi-

ficar o impacto da irrigação através do aumento da salinidade no solo.

## Material e Métodos

A área de estudo está inserida no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte – DIPAN, localizado na região norte do Estado do Ceará, porção alta da Bacia do rio Acaraú, abrangendo os municípios de Varjota e Reriutaba (Figura 1). Geograficamente, o Distrito está limitado pelos paralelos  $4^{\circ}04'25''$  e  $4^{\circ}13'15''$  de latitude Sul e pelos meridianos  $40^{\circ}28'35''$  e  $40^{\circ}36'28''$  a Oeste de Greenwich, distante, aproximadamente, 300 km da capital do Estado. O Perímetro Irrigado Araras Norte teve sua implantação iniciada em 1987 e passou a ter os serviços de administração, operação e manutenção da infra-estrutura de uso comum em operação apenas em 1998. Com uma área desapropriada de 6.407,39 ha (50,33% irrigável e 49,78% sob sequeiro) o Perímetro tem um total de 103 lotes, distribuídos entre as categorias de Pequeno Produtor (89), Técnico Agrícola (3), Eng<sup>o</sup> Agrônomo (9) e Empresário (2) (DNOCS, 2005).

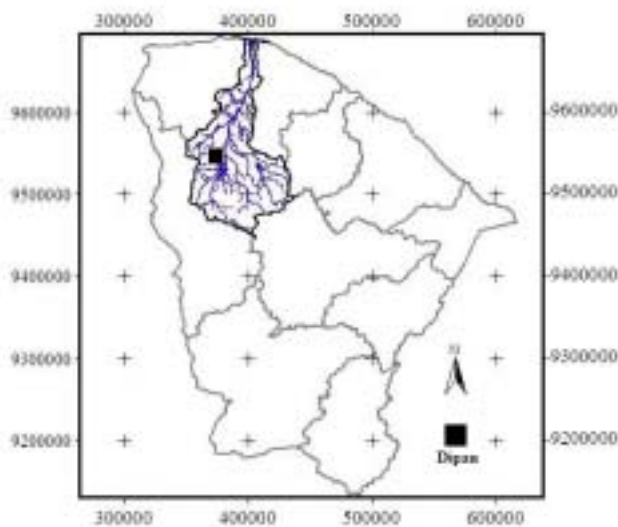


Figura 1 - Localização da área de estudo.

O clima da região é do tipo BSw'h' semi-árido quente, segundo classificação de Köppen, com chuva anual concentrada no período do verão-outono (fevereiro-abril), excedendo 750 mm. Demais características climáticas da região podem ser visualizadas na Tabela 1. As precipitações pluviométricas ocorridas durante o estudo foram coletadas pelo Posto Meteorológico de Varjota e disponibilizadas através da FUNCEME – Fundação

**Tabela 1** – Características climáticas para a Região do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte.

Parâmetros	Valores	Unidade
Evapotranspiração	1.942	mm.ano <sup>-1</sup>
Insolação média	2.650	h.ano <sup>-1</sup>
Radiação solar média	21,03	MJ.m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>
Precipitação média	797	mm.ano <sup>-1</sup>
Temperatura máxima anual	40	°C
Temperatura média anual	28	°C
Temperatura mínima anual	15	°C
Umidade relativa média	70	%
Velocidade média dos ventos	0,58	m.s <sup>-1</sup>

Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. O total de chuvas ocorridas durante o período do estudo foi de 2.882 mm, com uma altura pluviométrica de 1.120 mm para o ano de 2003, 1.128 mm em 2004 e 634 mm em 2005, destacando-se o ano de 2004 como o de maior ocorrência pluviométrica na região (FUNCEME, 2005).

Os solos do Distrito encontram-se principalmente sobre mancha de solos Bruno não cálcicos (Luvisolos) e uma parcela mínima sobre os Latossolos (Carneiro Neto, 2005; EMBRAPA, 1999). Ainda, de acordo com estudo realizado pelo DNOCS (2005), os solos Podzólicos ocupam 41,50% e são os que apresentam melhores condições para a agricultura irrigada. O suprimento hídrico do DIPAN é feito pelo Açude Público Paulo Sarasate (antigo Araras Norte) com água de classificação C<sub>1</sub>S<sub>2</sub> (Batista, 2006).

Os dados empregados no trabalho foram coletados no período de maio de 2003 a setembro de 2005 e se referem ao monitoramento da salinidade do solo, em um lote de categoria Técnico Agrícola, com área total de 11,0 ha. As coletas foram realizadas em duas sub-áreas: uma de 5,0 ha, cultivada com uva (*Vitis vinifera* L.) há cinco anos e irrigada por microaspersão, e outra com mata nativa, próxima ao local. As amostras de solo, na área cultivada, foram coletadas às profundidades de 0 a 0,30 m; 0,30 a 0,60 m; 0,60 a 0,90 m e 0,90 a 1,20 m, na projeção da copa das plantas, em quatro pontos aleatórios e equidistantes, formando uma amostra composta para cada profundidade. Na mata nativa, as coletas também seguiram os quatro perfis e, por se tratar de uma área não afetada pelo manejo da irrigação, tomou-se apenas um ponto para amostragem em cada profundidade. As campanhas de coletas, em ambas as áreas, foram feitas bimestralmente, perfazendo um total de 120 amostras (1 ponto/coleta x 4 profundidades/ponto x duas áreas x 15 meses de coletas). Depois de coletado, o solo foi acondicionado em sacos plásticos, fechado, identificado e enviado ao Laboratório de Análise de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical - Fortaleza,

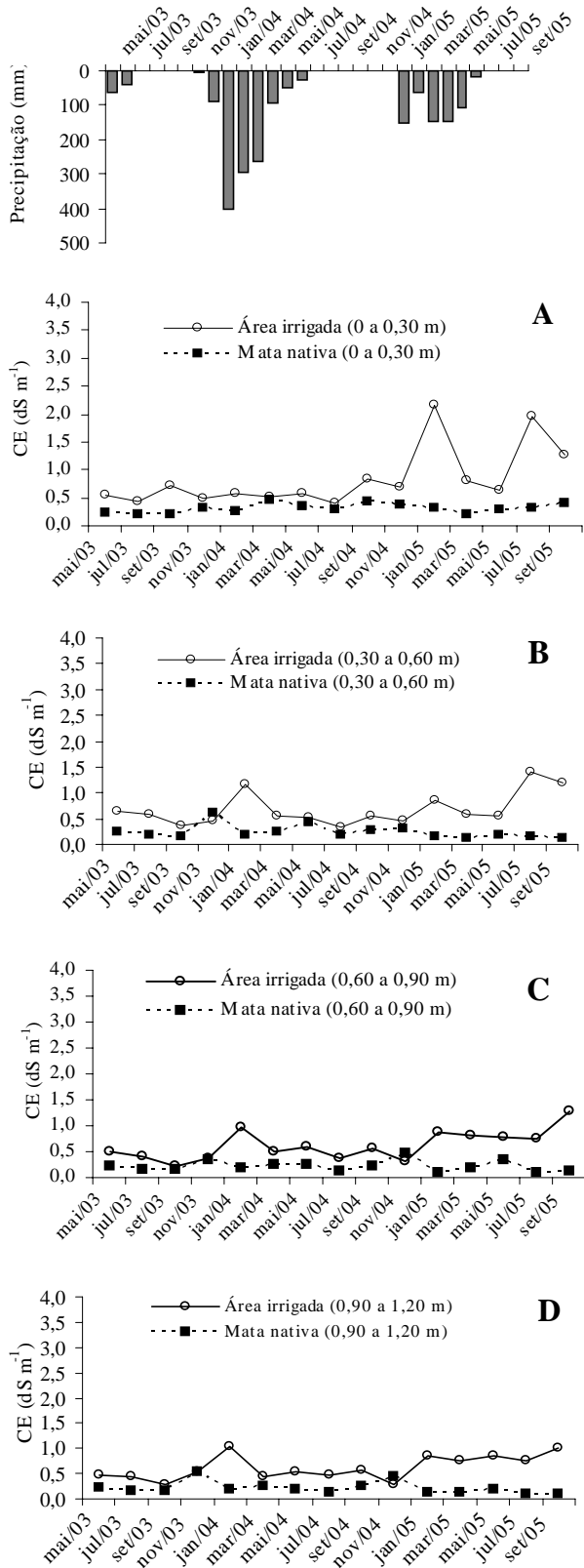
Ceará, para determinação da condutividade elétrica (CE) e dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> pelo extrato de suspensão do solo (água na proporção 1:1). A metodologia utilizada foi a recomendada por Richards (1954).

O estudo do incremento de sais ao solo pelo manejo da irrigação, a ação das chuvas na lixiviação dos sais e o impacto da irrigação no solo tomou como base comparativa a variação da CE e dos íons de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> na área irrigada e na mata nativa, a quatro profundidades, por um período de 18 meses. Para a avaliação da lixiviação dos sais e do impacto da irrigação classificou-se os dados da CE de acordo com a estação chuvosa e seca, e aplicou-se o teste estatístico para comparação de médias de amostras independentes, a 1% de significância. O pacote estatístico utilizado foi o SPSS 10.0 for Windows (*Statistical Package for Social Sciences*) e o teste aplicado foi o “t” de Student para comparação das médias de amostras independentes e variâncias desconhecidas e supostas desiguais.

## Resultados e Discussão

A variação espaço-temporal da CE para todas as camadas estudadas pode ser observada na Figura 2. O maior incremento de sais totais adicionados ao solo irrigado foi registrado na camada 0 a 0,30 m (Figura 2A) em janeiro de 2005. Para o referido período foi observado CE de 2,16 dS.m<sup>-1</sup>, enquanto na mata nativa o valor equivalente foi de 0,32 dS.m<sup>-1</sup>, representando assim um incremento de 573%. Tal fato, pode ser explicado pelo manejo de irrigação adotado com uso de fertilizantes minerais ricos em sais como os cloretados e nitrogenados, uma vez que a água empregada na irrigação foi classificada como C<sub>1</sub>S<sub>2</sub>. Observações semelhantes foram efetuadas por D’Almeida (2002), Meireles et al. (2003) e Andrade et al. (2004) em pesquisas realizadas nas áreas irrigadas no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi. Bezerra (1996) cita como exemplo de salinização do solo causada por adubações minerais, o caso de um Oxissol do Projeto Bebedouro em Petrolina, o qual, sob irrigação com o uso continuado de adubos minerais por um período de sete anos, sofreu um aumento de sais cerca de quatro vezes. Esse acréscimo foi registrado em todo o perfil, face às boas condições de drenagem do solo que não permitiu o acúmulo só na camada superficial.

Os valores das condutividades para as profundidades de 0,30 a 0,60 m; 0,60 a 0,90 m e 0,90 a 1,20 m podem ser vistos nas Figuras 2B, 2C e 2D, respectiva-



**Figura 2** - Variação temporal da CE do extrato de suspensão do solo estudado no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte (DIPAN).

mente. Observa-se, através das mesmas, que ocorreu adição de sais ao solo pelo manejo da irrigação, também, para as camadas inferiores. Os maiores valores de CE encontrados em cada camada da área irrigada foram: 1,40 dS.m<sup>-1</sup> (0,30 a 0,60 m) em jul/04, 1,28 dS.m<sup>-1</sup> (0,60 a 0,90 m) em set/05 e 1,03 dS.m<sup>-1</sup> (0,90 a 1,20 m) em jan/04. Observou-se, ainda, que em todo o perfil da área irrigada a CE mostrou-se elevada na última coleta (set/05) expressando preocupação quanto ao risco de salinização da área com o decorrer do tempo.

Quanto ao fato de que a camada superior apresentou pontos em que os valores de CE foram mais elevados do que nas demais camadas podem-se relacionar tal situação ao manejo físico do solo, uma vez que o mesmo já vem sendo cultivado há cinco anos e encontra-se bastante compactado pelo uso constante de máquinas, tornando-se, em muitos pontos, impermeável. Essa condição favorece o acúmulo de água na superfície e, aumento da salinidade da camada superior em decorrência da alta evaporação e conseqüente acúmulo dos sais.

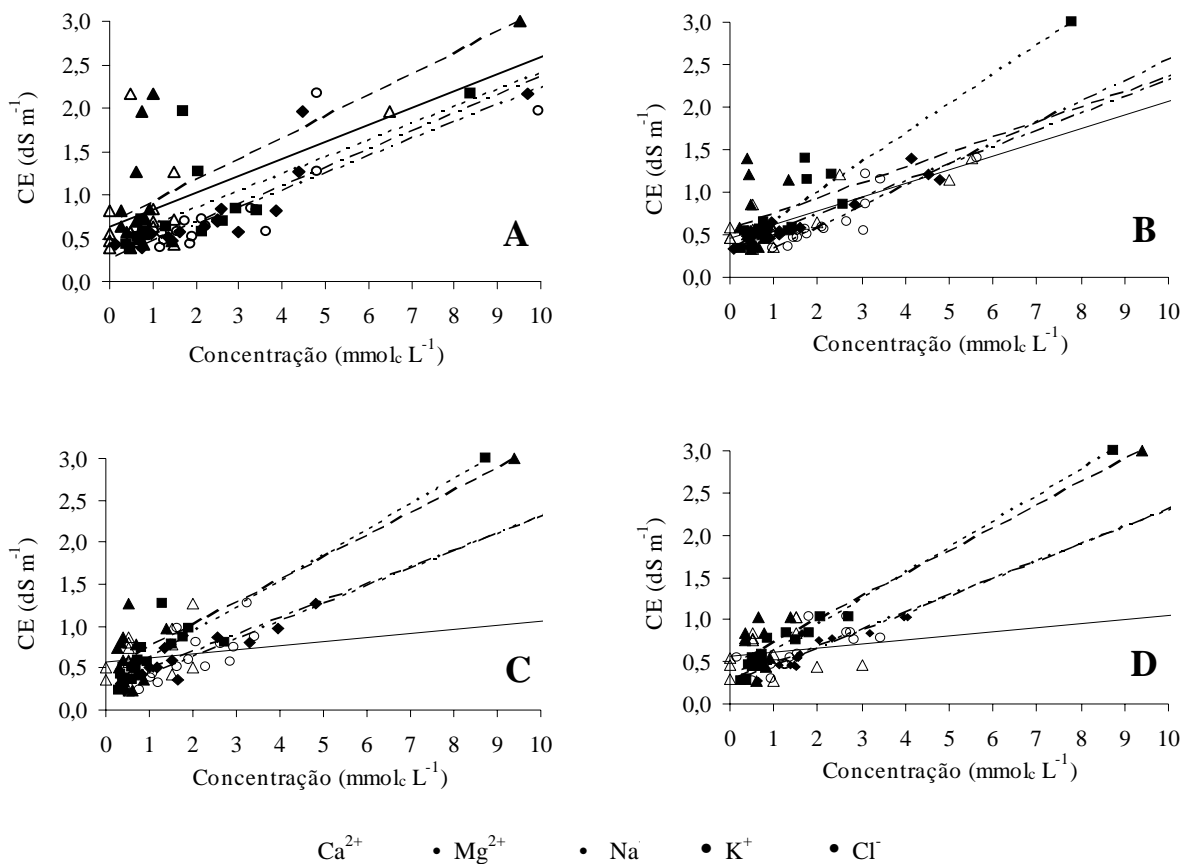
Portanto, as maiores concentrações de sais na camada superior são decorrentes das altas taxas de evaporação presentes nas regiões semi-áridas, que promovem a ascensão capilar e geram deposições de sais na camada superficial do solo. Meireles (2003) observou em áreas irrigadas no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodí que os maiores valores de CE foram encontrados na camada superficial. Ainda na camada superficial, observou-se uma tendência linear dos valores de CE para as dez primeiras coletas levando o *status* salino do solo na área cultivada próximo à condição de mata nativa, principalmente no primeiro trimestre de 2004, onde se concentraram as maiores precipitações pluviométricas. Resultados semelhantes foram observados por Ben-Hur et al. (2001).

Na Figura 3 são apresentados os gráficos da relação entre condutividade elétrica (CE) e a concentração iônica, às profundidades de 0 a 0,30 m; 0,30 a 0,60 m; 0,60 a 0,90 m e 0,90 a 1,20 m. Pela Figura 3A, que representa a camada superior, observa-se, pela inclinação da reta, que o íon que apresentou maior influência na condutividade foi o sódio (Na<sup>+</sup>). Em seguida, seguiram o cloreto (Cl<sup>-</sup>), o magnésio (Mg<sup>2+</sup>), o cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e o potássio (K<sup>+</sup>). Deve-se levar em consideração que esses íons no solo provem, em sua maioria, dos sais adicionados à área através dos fertilizantes minerais. Esses fertilizantes têm índices salinos que alteram a pressão osmótica do solo (Aquino, 2003) interferindo, portanto, no processo de concentração do íon na solução; além disso, a solubilidade dos diversos sais é bastante influenciada pela temperatura do solo (Pizarro, 1978; Ferreira, 1997).

Vale ressaltar que ao observar a linha de tendência gerada a partir da dispersão dos pontos de cada íon, o  $\text{Na}^+$  apresentou uma variabilidade da correlação entre camadas inferior a 9%, indicando que, neste estudo, ele é pouco representativo nas alterações dos valores da CE ocorridas ao longo do perfil. No perfil posterior (Figura 3B) a CE apresentou maior sensibilidade (maior inclinação da reta) ao íon  $\text{Mg}^{2+}$ , enquanto que para os demais íons a CE não expressou uma tendência diferenciada. Quanto às camadas 0,60 a 0,90 m (Figura 3C) e 0,90 a 1,20 m (Figura 3D), as mesmas apresentaram uma distribuição da concentração iônica-condutividade elétrica muito semelhante. Acredita-se que isso ocorreu porque estas camadas são menos influenciadas pelo manejo da irrigação não havendo grandes diferenças na concentração iônica. Em ambas as camadas, a CE permaneceu expressando uma maior sensibilidade ao  $\text{Mg}^{2+}$  e ao  $\text{Na}^+$ . Já com relação ao  $\text{Cl}^-$ , observou-se que o mesmo apresentou baixa interferência nos valores de condutividade elétrica, (Figuras 3C e 3D). A tendência

da linha de melhor ajuste mostra que elevadas mudanças nas concentrações do referido íon correspondem a pequenas variações da CE. Esses resultados diferem dos encontrados por Meireles et al., (2003) em solos irrigados da Chapada do Apodi, onde mesmo havendo precipitações pluviométricas, ocorreu acúmulo do  $\text{Cl}^-$  em todas as camadas estudadas. D'Almeida (2002), analisando o risco de salinização em Cambissolos irrigados da Chapada do Apodi, empregou regressão linear múltipla para avaliar a influência dos íons estudados nos valores de condutividade constatando que o íon  $\text{Cl}^-$  foi o que exerceu maior influência nos valores de CE na primeira camada.

Os valores médios, o desvio padrão e o teste de comparação entre as medias da CE para o período seco e chuvoso pode ser visto na Tabela 3. Através desse teste efetuou-se o estudo da lixiviação dos sais pela ação da chuva na área. Pelos valores médios pode-se observar que a lixiviação dos sais na área irrigada ocorreu apenas na camada de 0 a 0,30 m.



**Figura 3** - Relação entre concentração iônica e CE do extrato de suspensão do solo nas camadas 0 a 0,30 m (A); 0,30 a 0,60 m (B); 0,60 a 0,90 m (C) e 0,90 a 1,20 m (D) na área irrigada, em estudo no DIPAN, Ceará.



Verificou-se que, mesmo ocorrendo uma diminuição de 1,49% entre as CE do período seco e do período chuvoso, a lixiviação dos sais totais não apresentou resultados significativos ( $\alpha=0,01$ ). Portanto, a precipitação pluviométrica não foi suficiente para diminuir os sais adicionados à área pela prática da irrigação, apesar de ter ocorrido uma precipitação total no período estudado superior em 128,07% à média da região. Este fato expressa o efeito cumulativo dos sais no solo, promovido pela irrigação, que vem ocorrendo no DIPAN. Meireles et al. (2003) obtiveram resultados semelhantes em cambissolo irrigado da Chapada do Apodi, Ceará. Já Pereira et al. (1986) observaram resultados diferentes em áreas irrigadas do projeto Curu-Paraipaba, CE, onde os sais adicionados durante a irrigação foram lixiviados em todas as camadas, sendo necessário apenas um total de chuva de 300 mm. Atribuiu-se essa lixiviação à textura franco arenosa dos solos da região.

A estatística dos valores da condutividade elétrica para a área irrigada e a mata nativa durante a estação chuvosa estão presentes na Tabela 4. Com exceção da camada

superior, para as demais camadas estudada a adição de sais ao solo pelo manejo da irrigação foi altamente significativa, expressando a necessidade de uma mudança no manejo da irrigação adotado.

A diferença entre as médias da CE da área irrigada e da mata nativa variou de 128,45% na camada superior a 322,84% na última camada, indicando que o maior acúmulo de sais está na camada inferior. Quanto ao desvio padrão na área irrigada, o maior valor ocorreu na camada superior, indicando que, na mesma, os sais apresentaram maior variação em torno do valor médio. Esse fato é compreensível visto ser este o local que está sujeito a ação direta do manejo da irrigação e aplicação dos fertilizantes minerais.

Observou-se que para o período chuvoso a diferença de maior significância foi registrada nas duas camadas mais profundas ( $t > 6$ ). Este fato expressa a ação da chuva na lixiviação dos sais. Apesar de ter ocorrido lixiviação dos sais, esta não foi suficiente para levar o status salino da área irrigada a uma condição de não apresentar diferença significativa da mata nativa.

**Tabela 3** - Comparação de médias da CE ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) do solo entre a estação seca e a chuvosa na área irrigada, em estudo, no DIPAN, Ceará.

Camada (m)	Local	n	Média	Desvio padrão	t	Sig (bilateral)
0 a 0,30	Seco	8	0,8458	0,5301	0,042	0,967
	Chuvoso	7	0,8334	0,5935		
0,30 a 0,60	Seco	8	0,6644	0,4029	0,158	0,877
	Chuvoso	7	0,6909	0,2331		
0,60 a 0,90	Seco	8	0,5381	0,3391	1,288	0,224
	Chuvoso	7	0,7167	0,1844		
0,90 a 1,20	Seco	8	0,5443	0,2466	1,359	0,197
	Chuvoso	7	0,7081	0,2203		

**Tabela 4** – Comparação de médias da CE ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) do solo durante o período chuvoso para a área irrigada e a mata nativa, em estudo, no DIPAN, Ceará.

Camada (m)	Local	n	Média	Desvio padrão	t	Sig (bilateral)
0 a 0,30	AI <sup>1</sup>	7	0,8334	0,5935	2,357	0,055*
	MN <sup>2</sup>	7	0,2993	0,0845	-	-
0,30 a 0,60	AI	7	0,6909	0,2331	4,950	0,001**
	MN	7	0,2194	0,0958	-	-
0,60 a 0,90	AI	7	0,7167	0,1844	6,668	0,000**
	MN	7	0,2184	0,0713	-	-
0,90 a 1,20	AI	7	0,7081	0,2203	6,197	0,001**
	MN	7	0,1780	0,0521	-	-

<sup>1</sup>AI: Área irrigada; <sup>2</sup>MN: Mata nativa. \*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

## Conclusões

1. As concentrações dos íons analisados foram maiores na área irrigada do que na mata nativa.
2. Embora presente baixa magnitude ( $< 4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ ) a CE oferece risco efetivo de salinização a longo prazo.
3. O íon  $\text{Mg}^{2+}$  foi o que apresentou maior influência nos valores de condutividade elétrica, exceto na camada superior onde a CE expressou uma interdependência maior com o  $\text{Na}^+$ .
4. Mesmo durante a estação chuvosa, o *status* salino do solo na área irrigada continuou apresentando uma diferença altamente significativa ( $\alpha = 0,01$ ) com relação ao solo da mata nativa, expressando a necessidade de uma mudança do manejo da irrigação.
5. Os maiores impactos do manejo da irrigação ocorreram nas camadas mais profundas.

## Referências Bibliográficas

- ANDRADE, E. M.; D'ALMEIDA, D. M. B.; 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**, v.35, n.1, p.9-16, 2004.
- AQUINO, B. F. **Adubos e adubação**. Fortaleza: UFC, 2003. 241p. Material Didático.
- BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. A irrigação no mundo. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. cap.1, p.13-45.
- BATISTA, T. M.; ANDRADE, E. M.; CRISOSTOMO, L. A.; MEIRELES, M.; RODRIGUES, J. O. Modelagem da estrutura iônica das águas da bacia hidrográfica do Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.1-6, 2006.
- 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 American Journal**, v. 65, p.191-198, 2001.
- BEZERRA, F. **A terra e a irrigação no nordeste**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1996. 116p.
- CARNEIRO NETO, J. A. **Índice de sustentabilidade ambiental para os perímetros irrigados Ayres de Sousa e Araras Norte**. 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A. **Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodi, CE**. Fortaleza, 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- DNOCS. **Perímetro Irrigado Araras Norte**. Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros\\_irrigados/ce/araras\\_norte.html](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/araras_norte.html). Acesso em: 23 maio 2005.
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, Solos, 1999. 412p.
- FERREIRA, P. A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.27-66.
- FUNCEME. **Monitoramento hidroambiental-chuvas**. Disponível em: <http://www.funceme.br/DEPAM/index.htm> Acesso em: 10 mai. 2005.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.137-169.
- 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**, v.2, n.1, p.47-51, 1998.
- MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; CRUZ, M. G. M. da.; LEMOS FILHO, L. C. A. Avaliação do impacto da fertirrigação em cambissolos na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.34, n.2, p.207-212, 2003.
- PEREIRA, O. J.; MATIAS FILHO, J.; ANDRADE, E. M. Variação do teor de sais no solo irrigado por aspersão e ação da chuva na sua lixiviação. **Ciência Agronômica**, v.17, n.1, p.61-65, 1986.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española, 1978. 261p.
- RICHARDS, L. A. (Ed.) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. (USDA Agricultural handbook, 60). Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p.
- SOUZA, L. D.; GISBERT – BLANQUER, J. M.; GOMEZ MOYA, L. D. Lixiviação de sais em solo salino-sódico irrigado por inundação e tratado com polímeros sintéticos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABID, 2001, p.183-187.
- TANJI, K. K. Nature and extent of agricultural salinity. In: **Agricultural salinity assessment and management**, ASCE manuals and reports on engineering practice: New York,., 1990. 619p.