

Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi, CE¹

Ionic concentration development of the soil solution in irrigated areas at Apodi Plateau, CE

Eunice Maia de Andrade², Deborah Mithya Barros Alexandre D'Almeida³, Ana Célia Maia Meireles⁴, Luís César de Aquino Lemos Filho⁵ e Francisco Elivan Rodrigues de Arruda⁶

RESUMO

Dados de duas áreas de estudos foram empregados para analisar a concentração dos íons Na^+ , Cl^- , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e K^+ em campos irrigados na Chapada do Apodi, bem como avaliar a ação da chuva na lixiviação dos mesmos. As coletas foram efetuadas mensalmente no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000 e setembro a dezembro de 2001. As áreas estudadas eram exploradas com a cultura da bananeira, sendo a primeira localizada no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi – DIJA, Limoeiro do Norte e a segunda no município de Quixeré. As camadas amostradas foram de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm em solos cultivados e mata nativa, perfazendo um total de 312 amostras. Os resultados mostraram um maior acúmulo de sais, principalmente dos íons Cl^- e Na^+ , em relação à mata nativa, para a área de Quixeré, que vinha sendo irrigada há quatro anos com águas subterrâneas (C_3S_1) e onde a fertirrigação era praticada. Já na área do DIJA, que era irrigada há três anos com águas superficiais (C_2S_1), as concentrações dos íons, em decorrência da irrigação, de um modo geral, apresentaram valores inferiores àqueles encontrados na área de Quixeré. Observou-se também que as chuvas ocorridas na região não foram suficientes para levar o status salino do solo à condição da mata nativa, havendo um incremento dos íons na solução do solo, o que pode levar, no futuro, a degradação das áreas irrigadas na Chapada do Apodi.

Termos para indexação: salinidade do solo, qualidade de água, irrigação.

ABSTRACT

Data of two field studies were used to analyze Na^+ , Cl^- , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e K^+ concentrations in irrigated areas, as well as the effect of leaching due to rainfall, at Chapada do Apodi. Samples were taken monthly from December/1999 to December/2000 and September/2001 to December/2001. To monitoring the salts addition to the soil and relates it to leaching, soil was sampled monthly, from December/1999 to December/2000, in the depths of 0-30, 30-60 and 60-90 cm in sites under irrigation condition and undisturbed land (MN), respectively, in a total of 312 samples. The study was developed in two areas cultivated with banana. One is sited in Quixeré County and the other one at Distrito Irrigado Jaguaribe-Apodi (DIJA), in Limoeiro do Norte County, Ceará State, Brazil. Results showed up higher salt concentration in irrigated field sited in Quixeré County, principally Cl^- e Na^+ , when compared to undisturbed areas. In this field, water irrigated was classified as C_3S_1 (groundwater) and chemigation was applied. In the other field, DIJA, irrigation has been practiced for three years, ions concentration were lower than those registered in Quixeré field. Irrigated source water was classified as C_2S_1 (surface water). The total rainfall depth, record in the region, wasn't enough to washed up all salt added by irrigation management, expressing an environmental degradation at Chapada do Apodi irrigated areas.

Index terms: soil salinity, water quality, irrigation.

¹ Recebido para publicação em 04/07/2003. Aprovado em 05/12/2003.

Parte da dissertação de mestrado do segundo autor apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

² Professora Adjunta III, Ph. D., Dep. de Engenharia Agrícola, UFC. Caixa Postal 6003, CEP 60455-970, Fortaleza, CE. E-mail: eandrade@ufc.br

³ Engenheira Civil, M. Sc., Irrigação e Drenagem/DENA, UFC. E-mail: debmb@zaz.com.br

⁴ Engenheira Agrônoma, doutoranda em Recursos Hídricos. E-mail: ana_meireles@bol.com.br

⁵ Estudante de Agronomia, bolsista do PIBIC.

⁶ Estudante de Agronomia, bolsista do PET.

Introdução

O semi-árido nordestino é uma região que apresenta um conjunto de ecossistemas muito complexos em termos de solo, clima e, por conseqüência, de qualidade e quantidade de água limitada, como observou Suassuna (1996). A região é caracterizada por curtos períodos de chuvas, fortes ventos quentes e alta insolação que acarretam em elevados índices de evapotranspiração potencial que podem atingir 2.000 mm anuais (Bastos et al., 2000; Oliveira, 2000).

Dada a insuficiência de chuvas, a irrigação é de suma importância para garantir a produção de alimentos. Entretanto, observou-se, ao longo do tempo, que áreas irrigadas têm sofrido problemas de salinização. Pesquisadores como Silva Filho et al. (2000); Pereira et al. (1986) e Lima (1997) argumentam que o processo de salinização dos solos pode não estar ligado diretamente à qualidade da água utilizada na irrigação, dependendo também das características físico-químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo aplicadas ao mesmo.

Esses autores, ainda ressaltam que em áreas cultivadas sob irrigação é comum o surgimento de salinidade, principalmente naquelas cujas técnicas de manejo não visam uma aplicação eficiente de água, uma conservação da capacidade produtiva dos solos e um eficiente sistema de drenagem.

A salinidade, assim como outras propriedades físicas e químicas do solo, apresenta uma variabilidade espacial e temporal natural em função das práticas de manejo utilizadas, da profundidade do lençol freático, da permeabilidade do solo, das taxas de evapotranspiração, das chuvas, da salinidade das águas e de outros tantos fatores hidrogeológicos (Queiroz et al., 1997; Ayers e Westcot, 1999; Cruz, 2001). Faz-se necessário, portanto, o monitoramento dos dados de salinidade, de modo a permitir a identificação dos fatores que contribuem para o aumento de sais, evitando assim que a produção agrícola e a rentabilidade das culturas nas áreas irrigadas sejam comprometidas (Mace e Amrhein, 2001; Ben-Hur et al., 2001, Andrade et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento dos sais no solo e a ação das chuvas na lixiviação dos mesmos, ao longo do tempo, em duas áreas cultivadas sob irrigação (água subterrânea e superficial) na Chapada do Apodi.

Material e Métodos

As amostras de solo para este estudo foram coletadas em duas áreas exploradas com a cultura da bananeira, irrigadas por microaspersão. Uma das áreas fica situada na Fazenda Apodi, inserida no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi – DIJA, no município de Limoeiro do Norte e a outra na Fazenda Frutacor, no município de Quixeré, ambas localizadas no estado do Ceará. As áreas distam, aproximadamente, 200 km da cidade de Fortaleza, entre as coordenadas geográficas 05°06'38" e 05°11'39" de Latitude Sul e ao oeste de Greenwich entre as paralelas 37°52'21" e 37°56'05" de Longitude.

De acordo com a classificação de Köppen, a região é do tipo BSw'h' (clima quente e semi-árido). Sua temperatura média anual é de 28,5 °C, sendo as médias de temperatura mínima e máxima de 22,5 °C e 35,3 °C, respectivamente. A região apresenta uma média pluviométrica anual de 772 mm, com evaporação potencial média anual de 3.215 mm e umidade relativa média anual de 62%. Estudos pedológicos identificaram os solos das duas áreas estudadas como Cambissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, argila de atividade alta a fraca (Embrapa, 1999). Os dados referentes às precipitações foram obtidos na unidade experimental do CENTEC, localizada no DIJA.

As coletas de solo foram realizadas mensalmente no período de dezembro de 1999 a dezembro de 2000 e nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2001. O ponto de coleta era selecionado aleatoriamente entre as linhas de planta, tendo-se o cuidado de manter a distância de um metro da linha de irrigação. As profundidades exploradas foram de 0-30, 30-60 e 60-90 cm, para a área de Quixeré e 0-30 e 30-60 cm no DIJA, devido à presença de rocha calcária em decomposição formando uma camada de impedimento à coleta em maiores profundidades. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos e Água para fins de Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC, de Limoeiro do Norte, para a determinação dos íons solúveis, Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ + Mg²⁺ e K⁺, no extrato de saturação, empregando a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

A área situada no DIJA era irrigada com águas superficiais classificadas como C₂S₁, enquanto que a área localizada no município de Quixeré empregava águas subterrâneas classificadas como C₃S₁.

(Graça, 2001). A composição média das águas empregada na irrigação para as duas áreas em estudo pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das águas superficiais e subterrâneas usadas para irrigação na chapada do Apodi, CE.

| Parâmetros | Valores médios | |
|--|----------------|--------------|
| | Subterrâneas | Superficiais |
| CE(dS m ⁻¹) | 1,85 | 0,31 |
| pH | 7,04 | 8,49 |
| Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mmol _c L ⁻¹) | 10,45 | 1,99 |
| Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹) | 4,35 | 1,42 |
| K ⁺ (mmol _c L ⁻¹) | 0,06 | 0,21 |
| Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹) | 8,87 | 1,40 |
| HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹) | 6,54 | 1,79 |

O estudo da adição dos sais pelo manejo da irrigação e a ação da chuva na lixiviação dos mesmos fundamentou-se na avaliação comparativa das concentrações dos íons para as duas áreas exploradas, nas diversas camadas e na mata nativa, ao longo do período estudado.

Resultados e Discussões

A distribuição do íon cloreto, durante o período estudado, pode ser observada na Figura 1. A concentração do referido íon no extrato de saturação da camada 1 (0-30 cm) no solo cultivado de Quixeré apresenta-se mais alta nos meses secos, onde foram encontrados valores de 29,05 mmol_c L⁻¹ em dez/1999; 7,97 e 6,31 mmol_c L⁻¹ em nov. e dez/2000, respectivamente. No mesmo período do ano seguinte, o referido íon atingiu valores de 34,55 e 35,96 mmol_c L⁻¹. Os altos valores do cloreto registrados na área de Quixeré podem ser explicados pela utilização de águas subterrâneas (C₃S₁), cloretadas, na irrigação e do resíduo do cloreto de potássio empregado na fertirrigação como fonte de potássio para a bananeira (Andrade et al., 2002).

Para a camada (0-30 cm) de solo do DIJA, a concentração do íon Cl⁻ foi menor ao longo de todo o período estudado, como pode ser visto na Figura 1A. Tal comportamento pode ser atribuído a três fatores distintos, sendo o primeiro a qualidade da água. Esta área é irrigada com águas superficiais que apresentam menores concentrações de sais totais do que

aquelas empregadas em Quixeré, sendo classificadas como C₂S₁ (Cruz, 2001). O segundo fator é a alteração no manejo adotado, ou seja, a fertirrigação foi suspensa, e por último, o tempo que a área vem sendo cultivada. Enquanto a área de Quixeré já vinha sendo trabalhada há mais de quatro anos, o DIJA contava, na época do trabalho, com três anos de exploração. Ainda para a camada superficial, fica evidente que com o início da estação chuvosa começa a ocorrer o processo da redução na concentração do Cl⁻ em ambas as áreas estudadas, porém a precipitação registrada na área não foi suficiente para lixiviar o total de cloreto acumulado pelo manejo da irrigação. Resultados semelhantes foram apresentados por Ben-Hur et al. (2001). Já Pereira et al. (1986) verificaram que em áreas cultivadas do projeto Curu-Paraipaba, CE, foi necessário apenas um total precipitado de 300 mm para lixiviar os sais adicionados durante o período de irrigação em todas as camadas estudadas. Tal fato é uma decorrência natural dos solos da região que apresentam classe textura franco arenosa.

O nível mínimo do cloreto para as duas áreas ocorre entre março e junho, período em que foram registradas as maiores precipitações na região do Baixo Jaguaribe. O total de chuvas na região durante o período estudado foi de 1.275 mm, sendo este valor 62% superior à média da região. No entanto esta altura pluviométrica foi insuficiente para promover uma lixiviação significativa dos sais adicionados pela irrigação e, assim, reduzir a concentração do referido íon para condição semelhante ao da mata nativa. As concentrações de cloreto, registradas no período de estudo (dez/99 a dez/01), chegam a ser 140% superior aos limites médios de toxidez apresentados por Ayers e Westcot (1999), que são de 5 a 10 mmol_c L⁻¹ para as culturas mais sensíveis e a 700% daqueles observados na mata nativa; tais números expressam o risco de degradação das áreas irrigadas da Chapada do Apodi.

As camadas de 30-60 cm e 60-90 cm (Figuras 1B e 1C) apresentam a mesma tendência da camada superficial, ou seja, um aumento da concentração do íon Cl⁻ durante o período seco e um decréscimo durante a estação chuvosa. Observa-se que no DIJA os incrementos foram maiores para a camada 2 (30-60 cm), expressando a existência do processo de lixiviação como decorrência de uma lâmina excessiva de irrigação, como foi detectado por Oliveira (2000) em estudo de eficiência de um sistema de irrigação de uma área do DIJA.

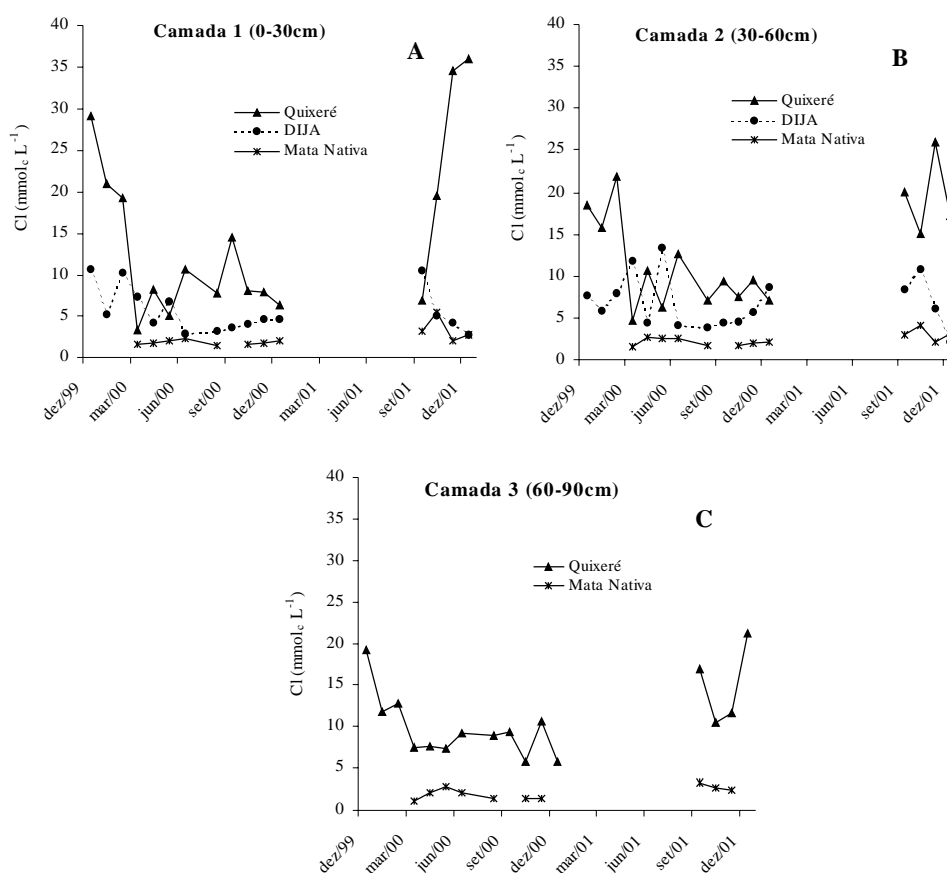


Figura 1 - Variação temporal do íon cloreto na Chapada do Apodi, CE, período de dez/99 a dez/01.

A variação temporal da concentração de sódio no extrato de saturação do solo, em ambas as áreas estudadas, está representada na Figura 2. Observou-se, de forma geral, um comportamento bastante variável do referido íon durante o período estudado. Em Quixeré, as maiores concentrações na primeira camada (Figura 2A) foram registradas nos meses de novembro e dezembro/2001 – 21,99 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ e 12,28 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, respectivamente. Estes resultados confirmam aqueles apresentados por Andrade et al., 2002. Tal comportamento está associado à ausência de chuvas neste período, o que ocasiona normalmente, um aumento na concentração de sais em resposta a qualidade de água empregada na irrigação e ao processo de evapotranspiração.

Nos meses que representam a quadra chuvosa, as concentrações foram bem menores, como uma decorrência natural da suspensão de dotação d água pela irrigação; bem como que para o ano 2000, as taxas pluviométricas foram atípicas (superiores a média local), o que pode ter contribuído para uma

maior taxa de lixiviação dos sais. A menor concentração do íon sódio encontrada foi a do mês de março/2000, que apresentou valor de 1,91 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, quando o valor da área não cultivada foi de 0,45 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Embora a altura pluviométrica registrada durante este mês, num total de 203,5 mm, tenha lixiviado grande parte dos sais adicionados pela irrigação, a concentração do sódio na área cultivada ainda foi superior em quatro vezes o valor registrado na área não cultivada. Estes resultados expressam a elevada adição de sódio em apenas 4 anos de exploração do recurso solo como uma decorrência do manejo adotado e da qualidade da água empregada na irrigação.

Para a camada de 30-60, as maiores concentrações do íon sódio, foram registradas após o mês de maio, tanto para a área do Quixeré como para a do DIJA. Tais valores são indicativos da lixiviação dos sais pela ação da chuva e aplicação de uma lâmina excessiva de água a partir de jun/jul, quando se reinicia a irrigação na região. Tais resultados são

confirmados por Ayers e Westcot (1999), quando afirmaram que à medida que a cultura extrai água da zona radicular e o solo seco entre as irrigações, os íons tendem a se acumular nas camadas inferiores do solo.

As maiores concentrações do íon sódio para a estação seca ocorrem na camada superior em decorrência da perda de água por evaporação. Já no

período chuvoso, maiores concentrações do referido elemento são registradas nas camadas mais profundas expressando mais uma vez a ação da chuva na lixiviação dos sais adicionados pela 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.

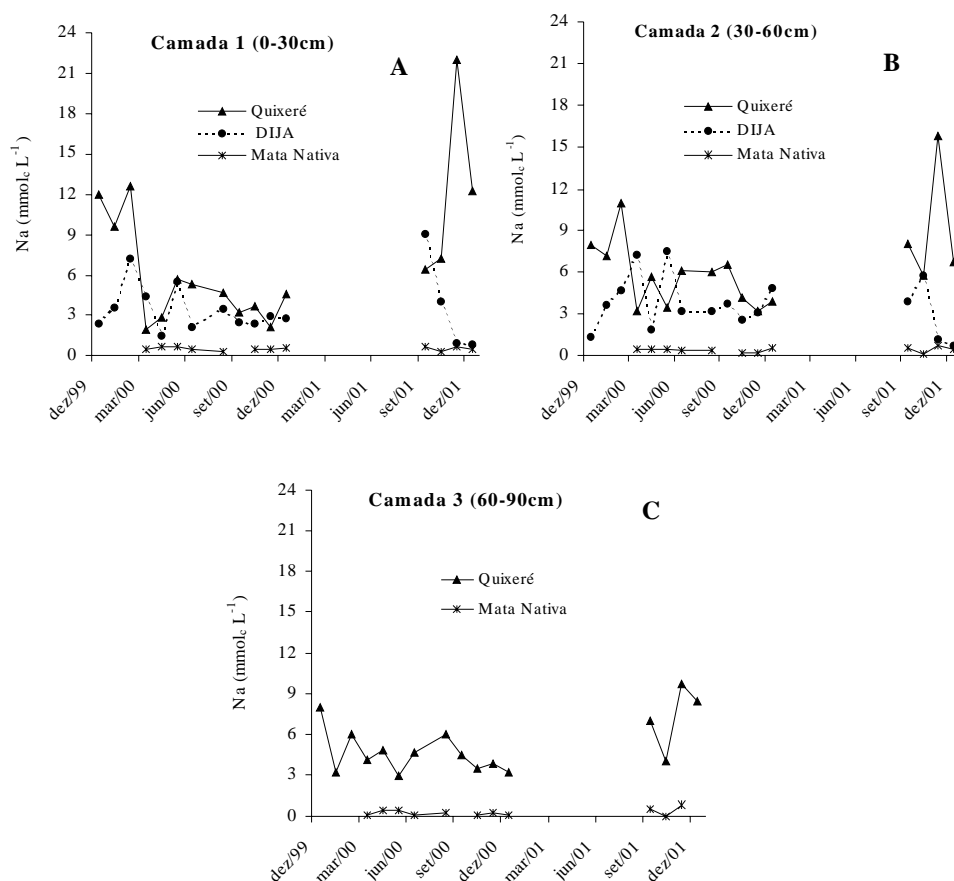


Figura 2 - Variação temporal do íon sódio na Chapada do Apodi, CE, período de dez/99 a dez/01

As concentrações médias de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ estão representadas na Figura 3. Os valores das concentrações dos referidos íons para a área situada no Quixeré variaram entre 5,0 a 33,60 mmolc L⁻¹, na primeira camada (Figura 3A); 3,27 a 24,30 mmolc L⁻¹, na segunda camada (Figura 3B) e 4,90 a 17,80 mmolc L⁻¹ na terceira camada (Figura 3C). Na camada superficial, observa-se um decréscimo da concentração dos íons $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ durante a estação chuvosa da região. No entanto, também fica claro que as chuvas não foram suficientes para levar o status salino do solo à condição da mata nativa, ex-

pressando a existência de resíduo de sais no solo em decorrência do manejo da irrigação adotado nos campos irrigados da Chapada do Apodi.

Ao longo de todo o período estudado, a área irrigada em Quixeré apresentou sempre concentrações superiores às encontradas no DIJA, chegando em alguns meses, como em dezembro/01, a superá-la em 784%. Sendo os solos das duas áreas pesquisadas semelhantes (Cambissolo Vermelho Amarelo Eutrófico), estas diferenças podem ser explicadas pelo tempo de exploração da área e pela qualidade da água empregada na irrigação (Tabela 1);

a qual foi classificada como (C_3S_1), com altas taxas de bicarbonato e $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (Cruz, 2001).

No DIJA as concentrações de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, para as camadas 0-30 e 30-60 cm (Figuras 3A e 3B), apresentaram valores mais ou menos constantes nos últimos meses de 2000, ano este em que houve uma média atípica de chuvas, chegando a chover 592,8 mm a mais que no ano seguinte. Nos meses antecedentes do mesmo ano, variações do

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ foram identificadas, sendo o maior valor observado de $12,23 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$, em maio/2000, na segunda camada. A menor concentração foi registrada na mesma camada, no mês de dezembro/2001, que foi de $3,00 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$. De um modo geral, as concentrações de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ se mantiveram sempre maiores que as de sódio, principalmente na área do Quixeré, como uma decorrência da qualidade da água empregada na irrigação.

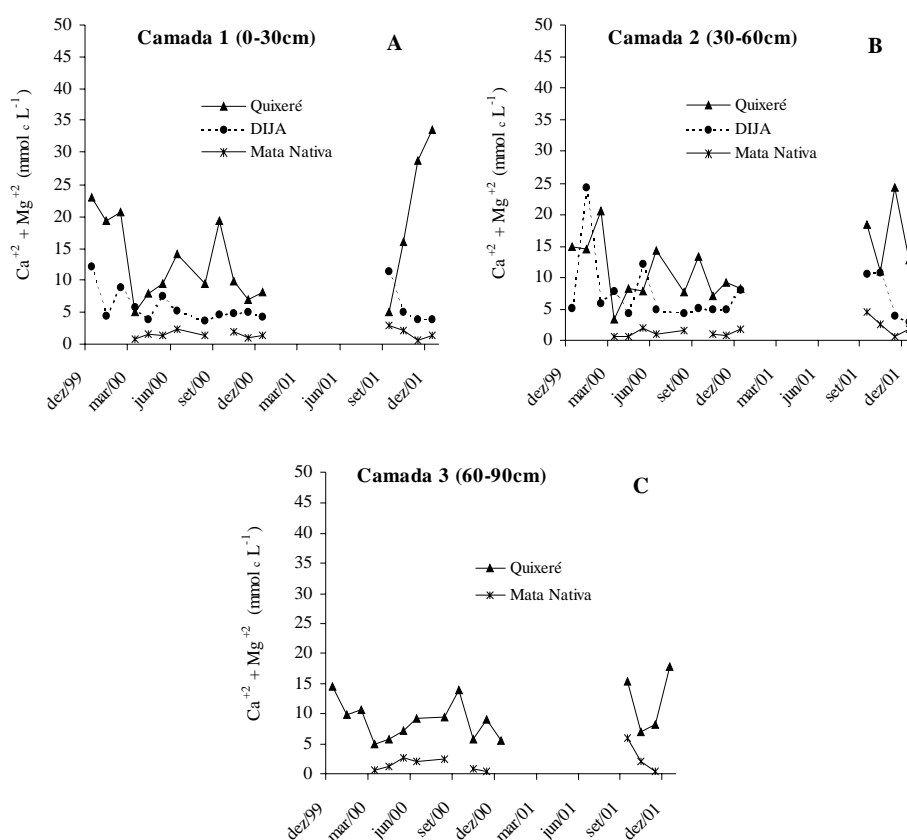


Figura 3 – Variação temporal de cálcio+magnésio na Chapada do Apodi, CE, período de dez/99 a dez/01.

O comportamento do íon potássio em Quixeré (Figura 4) apresentou taxas relativamente baixas, chegando em alguns casos a valores inferiores aos da mata nativa. Nos meses de março, abril e junho do ano 2000, as concentrações na primeira camada da área cultivada foram $0,09$, $0,14$ e $0,12 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$, respectivamente e os valores da mata nativa os de $0,23$, $0,38$ e $0,19 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ (Figura 4A). Isto pode ser atribuído ao fato de que o potássio é altamente consumido pela bananeira, de modo a sua concentração no solo, em determinados períodos, ser

insuficiente para suprir as necessidades das plantas. As maiores concentrações deste íon foram observadas, em todas as camadas, nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, em ambos os anos de observação (2000 e 2001), aonde seus valores chegaram a apresentar incrementos de até 589% em relação aos valores da área não cultivada, em decorrência da adubação utilizada e à ausência de chuvas no período.

Na área do DIJA, assim como em Quixeré, a primeira camada (Figura 4A) apresentou maiores

concentrações de K^+ que a segunda (Figura 4B), sendo o maior valor encontrado no mês de dezembro/2000, de $1,96 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para o Quixeré, e o menor registrado em fevereiro do mesmo ano, de $0,09 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ na área do DIJA. As taxas de aumento foram maiores nos meses mais secos, tanto em 2000 como em 2001, com exceção do mês de maio do ano 2000, que apresentou acréscimo de 726,09% em relação a mata nativa, mesmo contando com 82,5 mm de precipitação. A fertirrigação ainda era feita nesta área no ano 2000 e é a causa mais provável da alta concentração de potássio no referido mês.

Já para a segunda camada (Figura 4B), os valores das concentrações tenderam ao decréscimo, sendo o menor valor encontrado no mês de janeiro/00, de $0,03 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e o maior em $0,25 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, em dezembro/01. O maior acréscimo registrado deste íon, em relação à área não cultivada, foi de 209,49%, no mês de outubro/2000, onde não foram registradas chuvas. Acredita-se que na maioria dos casos em que as concentrações do íon potássio apresentaram valores superiores a $1,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ foi devido às coletas próximas à linha de adubação.

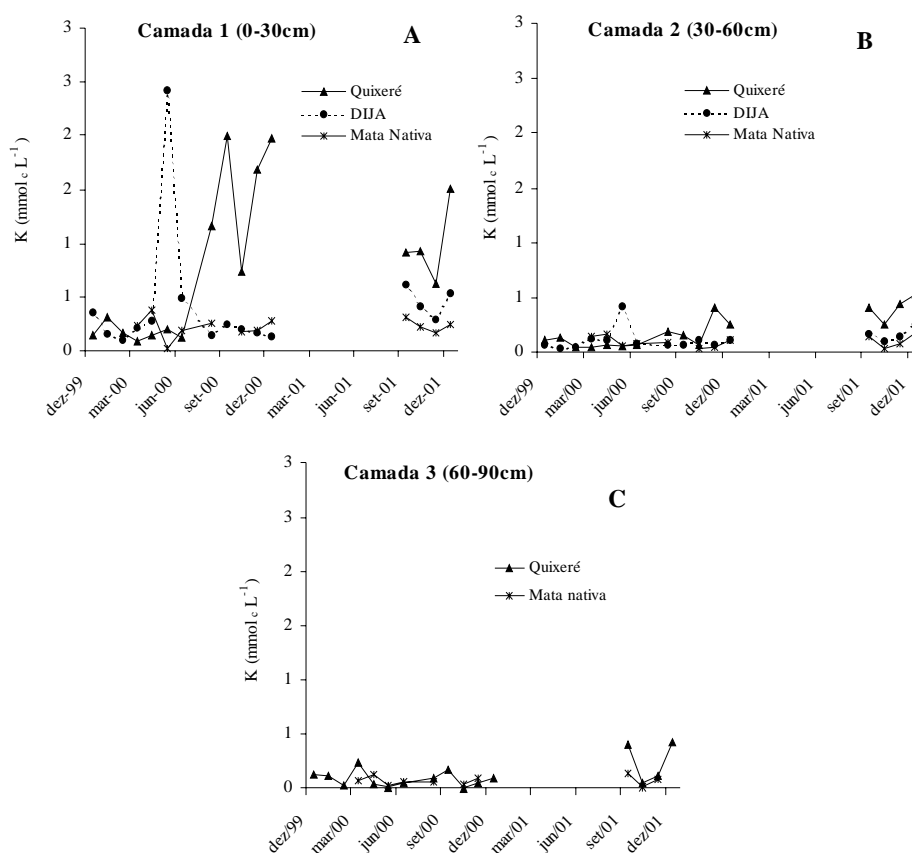


Figura 4 – Variação temporal do íon potássio na Chapada do Apodi, CE, período de dez/99 a dez/01.

Conclusões

Com base no que foi analisado e discutido neste trabalho conclui-se que:

1. O total precipitado na região durante o período estudado foi 62% superior à média da região; no entanto, este não foi suficiente para promover uma

lixiviação significativa dos sais adicionados pela irrigação e, assim, reduzir a salinidade do solo para condição semelhante ao da mata nativa;

2. As concentrações dos íons estudados (Cl^- , Na^+ , $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, K^+ solúveis) de um modo geral, foram maiores na área cultivada de Quixeré, onde a qualidade da água empregada e, provavel-

- mente, a fertirrigação têm sido os principais fatores de influência no acréscimo de sais;
3. O acúmulo dos íons sódio e cloreto, em relação à mata nativa, pode expressar um considerável risco de degradação das áreas cultivadas, já que o excesso destes íons tem efeito prejudicial às plantas e ao solo;
 4. Para os íons estudados as maiores concentrações foram registradas nas camadas superiores;
 5. Ocorreu um acréscimo na composição iônica da solução do solos em todas as camadas estudadas.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; NESS, R. L. L. e CRUZ, M. G. M. Modelagem da concentração de íons no extrato de saturação do solo, na região da Chapada do Apodi. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 33, n.2, p.25-32, 2002.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2ª ed. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F., Damasceno, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999, 218 p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.
- BASTOS E. A., NUNES B. H. E ANDRADE JÚNIOR A. S. **Dados agrometeorológicos para o município de Parnaíba, PI (1990 – 1999)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2000. 27p., Documentos,46.
- 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, p.65-191, 2001.
- CRUZ, M. G. M. **Avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi**. 2001. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. 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.
- MACE, J. E.; AMRHEIN, C. Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.199-204, 2001.
- OLIVEIRA, V. R. **Manejo da água e performance hidráulica de um sistema de irrigação por gotejamento no Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (DIJA)**. 2000. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- 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 Agrônômica**, Fortaleza, v.17, n.1, p.61-65, 1986.
- QUEIROZ, J. H.; GONÇALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade 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, p.69- 111, 1997
- 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, 2000.
- SUASSUNA, J. **A salinidade de águas no nordeste semi-árido**. Mesa Redonda na 4ª Reunião Especial da SBPC em Feira de Santana (BA), ocorrida no período de 24 a 28 de novembro de 1996. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/ Mesa.html>>. Acesso: 02 jan 2002.