

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

EFEITO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE ATRIBUTOS HÍDRICOS DE UM NEOSSOLO⁽¹⁾

Edison Fernandes da Silva⁽²⁾, Raimundo Nonato de Assis
Júnior⁽³⁾ & José Ivo Gonçalves Sousa⁽⁴⁾

RESUMO

Duas fontes de água (rio e poço raso) foram testadas quanto à ação de seus sais sobre atributos hídricos de um Neossolo Flúvico textura franco-argilosa, durante o biênio 2000/2001. O experimento foi realizado numa área de 5.000 m² cultivada com a bananeira *Musa sp* cultivar pacovan, num esquema fatorial 2 x 3, com duas fontes d'água e três lâminas de irrigação (L1, L2 e L3), via microaspersão. Os resultados mostraram que as lâminas e a qualidade da água não tiveram efeitos significativos sobre a condutividade hidráulica. As curvas de retenção de água apresentaram variações nos valores de umidade retida abaixo da capacidade de campo durante o período de estiagem; no período chuvoso, foram observadas diferenças nas tensões acima da capacidade de campo. A predominância de argila e silte na fração textural, bem como os ciclos de expansão e contração do solo estudado, muito provavelmente, definiu a expressão dos atributos hídricos avaliados, uma vez que a concentração eletrolítica e a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) do solo não atingiram valores suficientes para influir nas variáveis analisadas.

Termos de indexação: salinidade, sodicidade, condutividade hidráulica.

⁽¹⁾ Extraído da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal do Ceará – UFC. Financiado pelo Programa PROCAD 0095/00-1, CAPES/ESALQ/UFC. Recebido para publicação em fevereiro de 2003 e aprovado em março de 2005

⁽²⁾ Mestre em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal do Ceará – UFC. Campus do PICI, Bloco 807, CEP 60455-760 Fortaleza (CE). Bolsista FUNCAP. E-mail: edibocaiuva@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor adjunto do Departamento de Ciências do Solo, UFC. E-mail: assisjr@ufc.br

⁽⁴⁾ Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas, UFC. E-mail: ivobio@bol.com.br

SUMMARY: EFFECT OF THE WATER IRRIGATION QUALITY ON HYDROPHYSICAL ATTRIBUTES OF A NEOSSOL

The influence of the salt content of two contrasting water sources (river and shallow well) on the hydraulic attributes of a clay loam Fluvic Inceptisol were tested. The experiment was carried out in 2000/2001 agricultural year on a 5,000 m² plantation of Musa sp banana, cultivar pacovan. It consisted of a 2 x 3 factorial arrangement of two water sources and three irrigation levels (L1, L2 and L3), applied via microsprinkling. Results showed that the different irrigation levels and water quality did not influence the hydraulic conductivity significantly. Soil water retention curves presented variations in the moisture content retained below field capacity during the dry season, while differences were observed in the tensions above field capacity during the rainy season. The predominance of silt and clay combined with the expansion and contraction cycles of the investigated soil probably determined the expression of the evaluated hydraulic properties since the levels of the electrolyte concentration and the soil Sodium Adsorption Ratio (SAR) were not high enough to influence the analyzed variables.

Index terms: salinity, sodicity, hydraulic conductivity.

INTRODUÇÃO

Neossolos formados a partir de depósitos fluviais são áreas de terra quimicamente mais férteis e mais bem localizados em relação às principais fontes d'água do semi-árido nordestino. Nessas áreas, as fontes d'água alternam-se, de acordo com a época do ano, entre rios temporários e poços rasos. São necessários a caracterização e o monitoramento contínuos destas águas, visto que fatores climáticos locais podem favorecer o acúmulo de sais no solo, comprometendo as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos irrigados com estas águas.

Os aluviões de textura argilosa são, em grande parte, fisicamente limitados, favorecendo a retenção de água e comprometendo a condutividade hidráulica (K) sob condição de solo saturado. Esta limitação pode mascarar, muitas vezes, o efeito dos sais sobre suas propriedades (Saunders et al., 1980; Silva, 1988; Lima et al., 1990). Contudo, quando os sais encontram-se em concentrações elevadas, o fluxo d'água no solo pode ser fortemente comprometido (Frenkel et al., 1978; Coelho, 1981; Melo, 1987; Hernandez et al., 1991; Amezketá & Aragues, 1995). Concentrações salinas que afetam o fluxo da água no solo não estão totalmente definidas, mas Moutier et al. (1998) verificaram reduções de K quando concentrações eletrolíticas estavam abaixo do nível crítico de floculação de 0,25 mmol_c L⁻¹ em Vertissolos. Russo & Bresler (1977) e Keren & Singer (1988) encontraram valor crítico de floculação de 5 mmol_c L⁻¹ em um sistema Na/Ca-montmorilonita-areia. Além de fatores químicos, Reichardt (1996) considera que fatores físicos e o manejo adotado são responsáveis pelos elevados coeficientes de variação de K, impedindo o uso de concentrações eletrolíticas como médias para grandes áreas (Cadmá et al., 1980).

A curva de retenção da água (CRA) no solo é definida como a relação entre o potencial matricial e o conteúdo de água no solo; o potencial matricial da água no solo resulta da interação de fenômenos de adsorção e de capilaridade. Saunders et al. (1980, 1981) observaram uma relação entre o diâmetro de poros inferiores ou iguais a 30 micrômetros e o conteúdo de água no solo retido por capilaridade em solos Aluviais eutróficos de textura franco-arenosa. Conforme Gavande (1972) e Arruda et al. (1987), a classe textural e a natureza das argilas também influem na retenção de água de modo que solos com grandes teores de argila do tipo 2:1, como montmorilonita, retêm mais água que solos arenosos. Russo & Bresler (1977) e Lima et al. (1990) observaram alterações no volume de microporos, afetando a quantidade de água retida por capilaridade, à medida que os sais de Na promoviam a dispersão dos colóides do solo.

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de fontes de água (rio e poço raso), do tempo de irrigação, de lâminas d'água e das chuvas sobre atributos hídricos de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico do município de Quixeré, Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado numa área experimental de 5.000 m² cultivada com banana (*Musa* sp.), no município de Quixeré, no Estado do Ceará, situado a 5 ° 06 ' 38 " de Ls e 37 ° 56 ' 05" Lnw e a 23 m de altitude. O solo da área de estudo é um Neossolo Flúvico Ta eutrófico (Embrapa, 1999). Foram coletadas 10 amostras na camada de 0–20 cm, as quais foram secas ao ar, destorroadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta (Quadro 1).

O experimento foi efetuado durante dois ciclos estacionais: o 1º ciclo de junho a dezembro de 2000 (período de estiagem) e o 2º ciclo de janeiro a junho de 2001 (período chuvoso). Foi analisada a água de duas fontes: rio Jaguaribe (tratamento rio) e poço raso (tratamento poço). Utilizou-se sistema de irrigação automatizado do tipo microaspersão com dois aspersores para cada três plantas e três níveis de irrigação (L1, L2 e L3), correspondendo, respectivamente, a 75, 100 e 125 % da lâmina ideal. A lâmina considerada ideal (L2) correspondente a 32 L/planta/dia, foi estimada com base na avaliação do sistema de irrigação e nos dados de evapotranspiração máxima, realizada com base no coeficiente de cultivo (kc) da bananeira, da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de redução da evapotranspiração (K_r). Os tratamentos receberam água de irrigação das respectivas fontes durante todo o período de estiagem (1º ciclo), enquanto, no 2º ciclo, a principal fonte d'água foram as precipitações do período. Nota-se que, no período chuvoso (2º ciclo - 2001) (Quadro 2), as precipitações foram bastante incipientes, não atendendo à demanda hídrica da cultura da bananeira, exigindo a reativação do sistema de irrigação. A qualidade da água das fontes do rio e poço foi monitorada, tanto no período de estiagem como no período chuvoso (Quadro 3).

O delineamento experimental seguiu um esquema fatorial 2 x 3 em blocos inteiramente casualizados (duas qualidades de água, três lâminas de irrigação) com quatro repetições para cada lâmina. Ao final de cada ciclo estacional, amostras de solo com estrutura deformada e indeformada foram coletadas na camada de 0-20 cm; as amostras indeformadas foram coletadas com amostrador tipo Uhland, com anéis de 347 cm³, para a determinação da condutividade hidráulica, e de 68,1 cm³, para as determinações de curva de retenção de água,

porosidade total, macro e microporosidade. Para determinar a curva de retenção, utilizaram-se amostras indeformadas que foram submetidas ao funil de Haines, nas tensões de 0,002, 0,004, 0,006, 0,008 e 0,01 MPa, e ao extrator de placa porosa de Richards, nas tensões de 0,033, 0,05, 0,1, 0,5 e 1,5 MPa. Para determinar a condutividade hidráulica, utilizou-se permeômetro de carga constante com uma lâmina de 2,55 cm de água.

A porosidade total (α_{total}) foi obtida após secagem, a 105 °C, de amostras de solo natural previamente saturadas durante 72 h. A microporosidade ($\alpha_{microporos}$) foi obtida aplicando-se tensão de 0,006 MPa sobre amostras indeformadas até que restasse somente a água correspondente aos microporos, posteriormente quantificada após secagem das respectivas amostras em estufa a 105 °C. A macroporosidade ($\alpha_{macroporos}$) foi obtida pela diferença entre α_{total} e $\alpha_{microporos}$. A análise granulométrica das amostras foi feita pelo método da pipeta (Embrapa, 1997) e a classe textural a partir do triângulo textural.

As análises químicas (pH, Ca²⁺ e Mg²⁺, Na⁺ e K⁺) foram realizadas em extratos de pasta de saturação 1:2 (40 g de TFSA e 80 mL de água destilada), segundo método proposto por Richards (1954). O pH foi medido em água, usando-se peagômetro com medidor de eletrodo de vidro. Cátions solúveis Ca e Mg foram determinados no extrato por absorção atômica, e o teor de Na e K, por fotometria de chama. A RAS (Relação de Adsorção de Sódio) foi

determinada a partir da fórmula: $RAS = Na \sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}$.

Na mesma amostra, foi medida a condutividade elétrica, utilizando-se condutivímetro com célula de medição tipo pipeta.

Os dados foram submetidos a análises de variância dos dados, usando o teste F, para contrastar as

Quadro 1. Caracterização química e granulometria de amostra de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico, na profundidade de 0-20 cm

Granulometria													
pH H ₂ O	CE	Areia grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila							
	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹											
7,5	2,17	116	202	318	356	326							
Complexo sortivo													
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H + Al	Al ³⁺	S	T	V	PST	C	N	MO	C/N
cmol. kg ⁻¹								%		g kg ⁻¹			
14,8	0,9	1,4	0,59	0,33	0,0	17,6	18,0	98	3	7,7	0,8	13,3	10

CE (condutividade elétrica), S (bases trocáveis), T (capacidade de troca catiônica), V (percentagem de saturação por bases) PST (percentagem de sódio trocável), C (carbono orgânico), N (nitrogênio) e MO (matéria orgânica).

variâncias. Nos dados de condutividade hidráulica, foi aplicada a função logarítmica (log), a fim de lhes conferir distribuição normal. As diferenças entre médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5 e 1 %, utilizando-se o programa ESTAT. Correlações entre as variáveis estudadas foram feitas, utilizando-se o programa BIOESTAT 2.0 (Ayres et al., 2000), aplicando-se o teste de correlação Linear de Pearson com nível de decisão de alfa a 5 e 1 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de condutividade hidráulica variaram de 0 a 1,236 mm h⁻¹ (Quadro 4). Estes resultados mostram que o solo estudado apresentou sérias restrições ao fluxo d'água: Saunders et al. (1980) registraram, para a mesma classe de solo, valores entre 0,033 e 0,12 mm h⁻¹. É provável que a textura e os processos de expansão e contração destes solos,

durante o processo de saturação das amostras, tenham sido determinantes para o registro de valores tão baixos de condutividade hidráulica. Nessas condições, as concentrações eletrolíticas teriam pouca efetividade sobre o movimento da água no solo, necessitando de quantidades elevadas para surtir algum efeito (Silva, 1988). Assim, indiferentemente da qualidade da água usada no experimento, não houve diferenças significativas entre lâminas de irrigação e entre os tratamentos rio e poço (Quadro 4).

Considerando que a RAS e as concentrações eletrolíticas não foram tão elevadas (Quadro 5), acredita-se que a textura do solo tenha contribuído para o comprometimento da condutividade hidráulica dos solos estudados. Segundo Frenkel et al. (1978), para o Na agir como dispersante e modificar a condutividade hidráulica de solos expansivos, é necessário que os eletrólitos agregantes tenham valores menores que 10 mmol_c L⁻¹ e a RAS supere 10 mmol_c L⁻¹. Esta hipótese foi confirmada por Abur-Sharar et al. (1987) e Hernandez et al. (1991), ao verificarem, respectivamente, decréscimos e incrementos na *K* à medida que aumentavam os valores da RAS e da CE.

Coefficientes de variação de 186,25 e 296,73 %, registrados no 1º e 2º ciclo, respectivamente, caracterizam o elevado grau de variabilidade desta propriedade. Reichardt (1996) atribui os altos coeficientes de variações de *K* a alterações estruturais, compactação, teor de água no solo, expansão e contração do solo, concentração eletrolítica de sais solúveis entre outras características do meio.

As correlações observadas entre os valores de condutividade hidráulica e porosidade (Quadro 6) indicam que o aumento na macroporosidade estabelece relação positiva e altamente significativa

Quadro 2. Dados de precipitação, em mm, na área do experimento durante o período de junho de 2000 a julho de 2001

Ano 2000		Ano 2001	
Junho	30,7	Janeiro	41,62
Julho	31,3	Fevereiro	11,21
Agosto	89,4	Março	116,6
Setembro	0,00	Abril	187,1
Outubro	0,00	Maior	0,000
Novembro	0,00	Junho	0,000
Dezembro	0,00	Julho	0,000

Quadro 3. Teores de cátions e ânions solúveis, CE, RAS e pH das águas das fontes poço e do rio Jaguaribe em diferentes datas ao longo do experimento

Característica	Data da coleta															
	21/07/00		18/08/00		23/10/00		20/11/00		20/12/00		02/01/01		26/03/01		25/05/01	
	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio	Poço	Rio
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	9,2	1,1	7,0	0,6	6,2	0,8	2,3	0,6	3,5	0,9	4,8	1,1	0,7	0,8	6,0	1,0
Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	4,6	1,3	6,0	1,1	2,9	0,7	2,3	1,0	2,0	1,1	2,3	1,0	0,9	0,6	4,5	1,2
Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	8,6	1,3	6,4	0,9	7,5	1,2	2,6	1,1	2,2	1,0	2,7	0,9	1,3	0,4	9,5	1,7
K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	5,7	2,3	14,8	1,9	4,5	2,1	3,1	1,9	3,9	2,0	4,3	2,2	1,8	1,1	4,8	1,9
Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	16,5	1,6	4,1	1,0	12,0	0,8	4,0	1,0	3,8	1,0	5,5	1,2	0,1	0,8	14,8	2,0
SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	0,5	0,1	0,7	0,1	0,4	-	0,3	-	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	0,2
RAS (mmol _c L ⁻¹)	3,75	1,20	2,51	1,00	3,53	1,33	1,71	1,37	1,34	1,00	1,44	0,88	1,43	0,53	4,12	1,62
CE (dSm ⁻¹)	2,27	0,39	1,91	0,29	1,75	0,29	0,74	0,28	0,80	0,32	1,02	0,34	0,29	0,19	2,06	0,41
pH	6,9	6,8	8,0	8,1	7,7	7,4	8,0	7,1	7,3	8,1	7,5	7,6	8,0	7,3	8,0	8,1

Quadro 4. Valores médios de porosidade (α) e condutividade hidráulica (K) de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico do município de Quixeré (CE), amostrado durante 1º e 2º ciclo, na profundidade de 0–20 cm

	1º Ciclo				2º Ciclo			
	α_{Total}	$\alpha_{\text{Microporos}}$	$\alpha_{\text{Macroporos}}$	K	α_{Total}	$\alpha_{\text{Microporos}}$	$\alpha_{\text{Macroporos}}$	K
	cm ³ cm ⁻³			mm h ⁻¹	cm ³ cm ⁻³			mm h ⁻¹
Rio								
L1 ⁽¹⁾	0,53 a	0,41 a	0,12 a	0,778 a	0,52 a	0,47 a	0,05 a	0,00 a
L2	0,53 a	0,44 a	0,09 a	0,939 a	0,53 a	0,46 a	0,07 a	0,00 a
L3	0,53 a	0,45 a	0,08 a	0,320 a	0,52 a	0,47 a	0,05 a	0,50 a
Médias	0,53 A	0,43 a	0,10 B*	0,679 A	0,52 A	0,47 A	0,06 A	0,16 A
Poço								
L1	0,53 a	0,38 a	0,15 a	1,236 a	0,52 a	0,46 a	0,06 a	0,30 a
L2	0,54 a	0,43 a	0,11 a	0,426 a	0,53 a	0,48 a	0,05 a	0,20 a
L3	0,55 a	0,38 a	0,17 a	0,532 a	0,54 a	0,48 a	0,06 a	0,00 a
Médias	0,54 A	0,40 a	0,14 A*	0,731 A	0,53 A	0,47 A	0,06 A	0,16 A
C.V. (%)	6,43	9,92	16,63	186,25	4,59	8,17	24,62	296,73

⁽¹⁾ Médias de lâminas d'água dentro da mesma fonte, seguidas de letras minúsculas iguais e de letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente.

* e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente.

a 1 %, com a condutividade hidráulica, ao passo que para a microporosidade a relação foi inversa e com o mesmo nível de significância. Isto mostra que aumentos no volume de macroporos combinados com diminuição do volume de microporos determinam aumentos na K (Prevedello, 1996). Por outro lado, as correlações entre a K e as variáveis químicas do solo não foram significativas (Quadro 6).

O curto espaço de tempo a que o solo foi submetido a diferentes qualidades de água e lâminas de irrigação não foi suficiente para causar modificações na K . Além disso, as águas pluviais, apesar de incipientes (Quadro 2), diluíram, significativamente, os sais acumulados no solo e nos reservatórios rio e poço (Quadros 3 e 5), minimizando os efeitos dos sais sobre K . Costa & Gheyi (1984) verificaram os efeitos da alternância de ciclos chuvosos e de estiagem no equilíbrio das concentrações salinas nos solos e em fontes fluviais (rios) e estacionárias (açudes e poços) do semi-árido brasileiro. Estes ciclos podem potencializar as concentrações e ação de eletrólitos floclulantes e desagregantes. Melo (1987), Lima et al. (1990) e Moutier et al. (1998) atribuíram a redução da condutividade hidráulica dos solos ao decréscimo dos sais agregantes e ao incremento da RAS. Segundo esses autores, tais correlações são significativas e confiáveis, quando as variáveis químicas relacionadas apresentam concentrações elevadas o suficiente para alterar as modificações nas condições de fluxo saturado.

As curvas de retenção de água (Figura 1) revelaram umidades volumétricas médias de 18, 16, 16 e 18 %, no ponto de murcha permanente

Quadro 5. Valores médios de porosidade (α), condutividade hidráulica (K) e propriedades químicas no estrato 1:2 água-solo e em amostras indeformadas de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico do município de Quixeré (CE), obtidos no 1º 2º ciclo, na profundidade de 0–20 cm

Parâmetro	1º Ciclo ⁽¹⁾	2º Ciclo	C.V. (%)
$\alpha_{\text{Microporos}}$ cm ³ cm ⁻³	0,41 A**	0,47 B**	9,0
$\alpha_{\text{Macroporos}}$ cm ³ cm ⁻³	0,11 A**	0,6 B**	20,2
α_{Total} cm ³ cm ⁻³	0,53 A	0,52 A	5,3
K mm h ⁻¹	0,705 A	0,106 A	226,4
Ca ²⁺ mmolc L ⁻¹	2,17 A**	1,66 B**	19,3
Mg ²⁺ mmolc L ⁻¹	0,54 A**	0,39 B**	28,4
Na ⁺ mmolc L ⁻¹	2,30 A**	2,63 B**	12,9
K ⁺ mmolc L ⁻¹	0,20 A	0,19 A	34,0
CE 1:2 dS m ⁻¹	0,64 A**	0,53 B**	19,3
CEes dS m ⁻¹	1,91 A**	1,60 B**	19,3
RAS mmolc L ⁻¹	2,01 A**	2,63 B**	15,8
pH H ₂ O	7,71 A	7,61 A	4,1

⁽¹⁾ Médias de ciclos, com letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente.

* e ** diferenças significativas a 5 e 1 %, respectivamente, RAS (Relação de Adsorção de Sódio), CE (Condutividade Elétrica), (es – estrato saturação).

(1,5 MPa), e de 32, 29, 29 e 30 %, na capacidade de campo (0,033 MPa), disponibilizando 14, 13, 13 e 12 % de água, respectivamente, para os tratamentos que receberam águas de rio e poço, durante o 1º e 2º ciclo. Os valores de umidade nas tensões menores

que 0,033 MPa ficaram próximos de 40 %, aproximando-se dos registros feitos por Saunders et al. (1980; 1981) em solos aluviais de textura franco-arenosa.

No primeiro ciclo, o teor de água retida nas tensões abaixo da capacidade de campo diferiu entre os dois tratamentos, uma vez que as parcelas que receberam água da fonte poço apresentaram menores percentuais de água retida (Figura 1). Considerando que abaixo dessas tensões a água, em seu maior volume, é retida por capilaridade, os microporos passam a assumir papel relevante neste processo, a ponto de causarem diferenças nos percentuais de água retida. Desta forma, os menores valores de microporosidade (Quadro 4) justificaram a redução dos percentuais de água retida no tratamento poço. No segundo ciclo, o comportamento da água, para as tensões menores que 0,033 MPa foi bastante similar entre os dois tratamentos (Figura 1), visto que, de forma contrária ao observado no primeiro ciclo, os volumes de poros não diferenciaram entre tratamentos, conservando, praticamente, as mesmas proporções entre macro e microporos (Quadro 5).

Para as tensões acima da capacidade de campo, em que a água retida deve-se a fenômenos de adsorção, a textura do solo passou a exercer papel relevante de forma que a predominância da fração argila (Quadro 1) determinou maiores volumes de água retida, como mostram as correlações (Quadro 7) e a curva de retenção (Figura 1). Estes resultados harmonizam-se com as observações de Gavande (1972), Arruda et al. (1987) que afirmaram existir correlação positiva entre a percentagem de argila e os limites (superior e inferior) de disponibilidade de

água no solo.

Com relação às concentrações salinas, tanto no primeiro como no segundo ciclo, pode-se observar que os dados químicos do solo (Quadro 5) mostraram valores de RAS abaixo de $5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $\text{CE} < 2,0 \text{ dS m}^{-1}$, os quais não são suficientes para promoverem alterações na capacidade de retenção de água no solo, concordando com Russo & Bresler (1977), os quais, aplicando combinações de águas com RAS (0–50 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$) e concentrações eletrolíticas de 2 a 50 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ em colunas de solos de textura franca, concluíram que as associações de águas com RAS elevada e de baixa concentração

Quadro 6. Coeficiente de correlação de atributos químicos, porosidade, matéria orgânica do solo (MOS) e granulometria com a condutividade hidráulica de um Neossolo Flúvico Ta eutrófico do município de Quixeré (CE), durante dois ciclos estacionais: 1º (estiagem) e 2º (chuvoso)

	K	
	1º Ciclo	2º Ciclo
$\alpha_{\text{macro}} \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$	0,66**	0,69**
$\alpha_{\text{micro}} \text{ cm}^3/100 \text{ cm}^3$	-0,72**	-0,71**
CE dS m^{-1}	0,05	-0,01
RAS $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,26	0,02
$\text{Ca}^{2+} \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$	-0,57	0,16
$\text{Mg}^{2+} \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,17	0,28
$\text{K}^+ \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$	-0,08	0,00
$\text{Na}^+ \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$	0,06	-0,07

* e ** significativos a 5 e 1 % respectivamente.

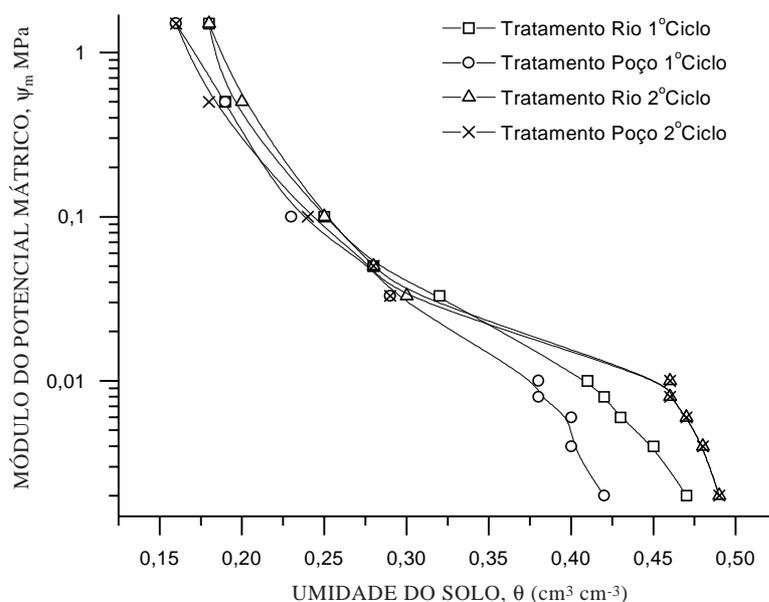


Figura 1. Curvas de retenção de água do Neossolo Flúvico Ta eutrófico para a camada de 0–20 cm irrigado com água das fontes (rio e poço 1º ciclo) e irrigado e recebendo água de chuva (2º ciclo)

Quadro 7. Coeficiente de correlação entre umidade do solo, granulometria e matéria orgânica do solo (MOS) de amostras de solo dos tratamentos (rio e poço), coletadas na camada de 0-20 cm durante o 1º e 2º ciclo, no município de Quixeré (CE)

	Tensão (MPa)									
	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,033	0,050	0,100	0,500	1,500
Areia	0,09	-0,07	-0,03	-0,09	-0,06	-0,12	-0,28	-0,15	-0,20	0,01
Silte	-0,22	-0,01	-0,13	-0,08	-0,09	0,20	0,04	-0,17	0,00	-0,36
Argila	0,20	0,33	0,28	0,31	0,29	0,56	0,58*	0,61*	0,56*	0,57
MOS	0,52	0,55	0,61*	0,6*	0,56	0,40	0,30	0,58*	0,29	0,50

* e ** significativos a 5 e 1 % respectivamente.

eletrolítica é que promoviam o aumento da capacidade de retenção de água destes solos, uma vez que a presença de Na maximizava a porosidade de retenção. Lima et al. (1990) também atribuíram os aumentos nos teores de água em solos franco-argilosos às concentrações crescentes de Na que dispersam os agregados, elevando o volume de microporos, e com isso incrementam a capacidade de retenção de água destes solos.

CONCLUSÕES

1. O curto espaço de tempo ao qual o solo foi exposto à ação de agentes salinizadores não foi suficiente para causar modificações na condutividade hidráulica e na capacidade de retenção de água.

2. As diferentes fontes de água (rio e poço) e as diferentes lâminas de irrigação não modificaram os atributos hídricos estudados.

3. As águas de chuva, apesar de incipientes, alteraram o estado químico do solo, mas não influíram nos atributos físicos avaliados.

4. Os baixos valores de condutividade registrados e o comportamento da curva de retenção de água no solo, muito provavelmente, foram influenciados pelos movimentos de contração e expansão, observados no Neossolo Flúvico estudado.

LITERATURA CITADA

ABU-SHARAR, T.M.; BINGHAM, F.T. & RHOADES, J.D. Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and desagregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:342-345, 1987.

CADMA Z.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, no campo. *R. Bras. Ci. Solo*, 4:63-66, 1980.

AMÉZKETA, E. & ARAGÜÉS, R. Hydraulic conductivity, dispersion and osmotic explosion in aride-zone soils leached with electrolyte solutions. *Soil Sci.*, 159:287-293, 1995.

ARRUDA, F.B.; ZULLO Jr., J. & OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:11-15, 1987.

AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. *Bioestat 2.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém, Sociedade Civil Mamirauá; Brasília, CNPq, 2000, 272p.

COELHO, M.A. Variabilidade de características físicas e químicas em solo salino-sódico. *Ci. Agron.*, 12:37-43, 1981.

COSTA, R.G. & GHEYI, H.R. Variação da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha, PB. *Pesq. Agropec. Bras.*, 19:1021-1025, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p (Embrapa – CNPS, 2)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação – SPI. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Brasília, 1999. 412p.

FRENKEL, H.; GOERTZEN, O.J. & RHOADES J.D. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:32-39, 1978.

GAVANDE, S.A. Física de suelos: Principios y aplicaciones. México, Limusa-Wiley, 1972. 351p.

HERNANDEZ, F.F.F.; UCHOA, S.C.P. & ASSIS JUNIOR, R.N. Efeito da concentração salina e da relação de adsorção de sódio sobre a condutibilidade hidráulica do solo saturado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. Anais. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.173.

- KEREN, R. & SINGER, M.J. Effect of low electrolyte concentration on hydraulic conductivity of sodium/calcium-montmorillonite-sand system. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:368-373, 1988.
- LIMA, L.A.; GRISMER, M.E. & NIELSEN, D.R. Salinity effect on yolo loam hydraulic properties. *Soil Sci.*, 150:451-458, 1990.
- MELO, F.B. Efeito do gesso e da concentração salina da água na condutibilidade hidráulica do solo. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1987. 48p. (Tese de Mestrado)
- MOUTIER, M.; SHAINBERG, I. & LEVY, G.J. Hydraulic gradient, aging, and water quality effects on hydraulic conductivity of a Vertisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:1488-1496, 1998.
- PREVEDELLO, C.L. Física dos solos com problemas resolvidos. Curitiba, 1996. 446p.
- REICHARDT, K. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas. 2.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996. 505p.
- RICHARDS, L.A., ed. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, 1954.160p. (USDA Agriculture Handbook, 60)
- RITCHIE, J.T.; GERAKIS, A. & SULEIMAN, A. Simple model to estimate field measured soil water limits. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 42:1609-1614, 1999.
- RUSSO, D. & BRESLER, E. Effect of mixed Na⁺-Ca²⁺ solutions on the hydraulic properties of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:713-717, 1977.
- SAUNDERS, L.C.U.; BARBOSA, C.E.; PAIVA, F.L. & ROCHA, V.M.L. Condutividade hidráulica de um Aluvião Fluvial sob condições de campo. *Ci. Agron.*, 11:27-34, 1980.
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T.; BARBOSA, C.E. & FRANCISCO, J.M. Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L) Savi), em Aluvião eutrófico. *Ci. Agron.*, 12:141-148, 1981.
- SILVA, F.R. Efeito da relação de adsorção de sódio e concentração salina da água sobre a condutividade hidráulica e coeficiente de seletividade de Gapon em solos de diferentes texturas. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1988. 56p. (Tese de Mestrado)