

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E ACÚMULO DE SAIS NO SOLO PELA IRRIGAÇÃO

Severino Borges da Silva Filho

*Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual da Paraíba
CEP.:58.109-000. Campina Grande – PB.*

Lourival Ferreira Cavalcante

*Departamento de Solos e Engenharia Rural/Centro de Ciências Agrárias – UFPB.
Fone: 0xx(83) 3622300. Fax: (83) 3622259. E-mail: lofeca@cca.ufpb.br. Areia-PB.*

Francisco Assis de Oliveira

*Departamento de Solos e Engenharia Rural/Centro de Ciências Agrárias – UFPB.
CEP.: 58.397 – 000. Areia-PB*

Ely Martins de Lima

*Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER-PB. Rua José Américo de Almeida.
Fone: 0xx(83) 3622286. CEP.: 58.397 – 000. Areia-PB*

José Ronaldo Medeiros Costa

CPGPV/CCA/UFPB, 58.397 – 000. Areia-PB.

1 RESUMO

Mensalmente, no período de novembro/95 a abril/97, amostras de água do açude Epitácio Pessoa, situado no município de Boqueirão, região semi-árida do Estado da Paraíba, foram coletadas, analisadas para fim agrícola e estudados os riscos potenciais de salinização e alcalinização do solo. O transporte de sais ao solo foi avaliado a partir da condutividade elétrica do extrato de saturação e teores de cátions e ânions, após quatro anos consecutivos de irrigação pelo método de infiltração por sulco, em quatro áreas irrigadas, num total de 10 hectares, cultivados com bananeira em comparação com uma área virgem. A variação da qualidade da água foi baixa, uma vez que durante dezoito meses de monitoramento a condutividade elétrica variou de 0,89 para 1,13 dSm⁻¹, apresentando, mesmo nos períodos críticos da estiagem, possibilidade de uso para agricultura com riscos moderados para a salinização e alcalinização do solo. O incremento de sais no solo após quatro anos de irrigação, apesar de percentualmente alto em todas as áreas, em relação a área não irrigada, não atingiu o nível salino, isto é, a condutividade elétrica do extrato de saturação foi inferior a 4 dSm⁻¹. O acúmulo salino foi mais expressivo da primeira para a segunda camada do solo, refletindo carreamento com as sucessivas irrigações.

UNITERMOS: salinidade da água de irrigação, transporte de sais ao solo pela irrigação.

SILVA FILHO, S. B., CAVALCANTE, L. F., OLIVEIRA, F. A., et al. MONITORING OF WATER QUALITY AND SALT INCREMENT TO SOILS BY WATER IRRIGATION.

2 ABSTRACT

During the period of november/95 to april/97 samples of water were of collected monthly one damp from municipality of Boqueirão, region semi-arid of Paraíba state-Brazil, in order to evaluate the potencial dangers of salinization and alkalization of soils by irrigation. The salt transport to soil was studied from electric conductivity on saturated extect of the soil and also on contents of cations and anions, after four years of cultivation with banana (*Musa sp*) by furrow water infiltration method in one total area of 10 ha in area non irrigated. The variability of water quality for irrigation during the period of 18 months of monitoring was low, the eletcric conductivity increased from 0.89 to 1.13 dSm⁻¹, showing comparison to a non irrigatial area the possibility of use in

agriculture during critical period of drought with moderate dangers to salinization e alkalization of the soil. The salt increment to soil after four years of irrigation in spite of percentualy height in all areas, the data of electric conductivity of the soil were equal ou lower to 4 dSm^{-1} . The salt accumulation into the soil was more expressive of first to second depth of profile showing carryning of the salts into soil with the successive irrigations.

KEYWORDS: Salinity water irrigation, transport of salts to soil by water irrigation.

3 INTRODUÇÃO

Toda água, por qualquer que seja o método de irrigação, transporta sais solúveis ao solo ao longo do período de cultivo. Isto significa que potencialmente a irrigação exerce efeito sobre salinização e alcalinização das terras, mas não implica que transforme obrigatoriamente um solo sem problemas de sais em salinizado ou alcalinizado, a ponto de torna-lo impróprio para a agricultura (Cavalcante et al., 1998; Maia et al., 1998).

Nas regiões semi-áridas do mundo e do Brasil a carência de precipitação, durante pelo menos em seis meses do ano, provoca deficiência hídrica no solo inviabilizando o sistema produtivo (Amaro, 1981; Nunes Filho et al., 1991; Holanda & Amorim, 1997). Nestas situações a irrigação se constitui em importante fator de produção de cereais e hortifrutigranjeiros para atender a atual e futura população humana e o suporte forrageiro para alimentação dos rebanhos (Szabolcs & Darab, 1979; Gheyi et al., 1997). Em função destas exigências e da adversidade climática, a expansão das áreas irrigadas do mundo (Rhoades, 1984) e do Brasil (Freire, 1992; Costa, 2000) torna-se um recurso de sobrevivência e, com efeito, o incremento de sais aos solos, numa realidade (Pizarro, 1985; Ayers & Westcot, 1991; Dias, 1998; Cavalcante & Lima, 2000).

Com a exploração das áreas irrigadas o acúmulo de sais aos solos independe do método de irrigação e da qualidade da água (Biggar et al., 1984). Após irrigarem, durante sete anos, um Oxissol normal quanto à salinidade com água sem risco potencial de salinização e alcalinização Pereira & Siqueira (1978) constataram que a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) do solo aumentou de 0,15 para 0,40 dSm^{-1} . Na realidade 0,40 dSm^{-1} não representa concentração salina que interfira negativamente na fisiologia e bioquímica das plantas e nem nas propriedades físico-químicas dos solos. No entanto, a diferença entre os dois valores da CE_{es} representa aumento de 160% proporcionado pela água de irrigação.

Os incrementos de sais às terras são resultados de uma série de fatores, como a qualidade inicial e o aumento da salinidade da água durante o período de estiagem, natureza física e química dos solos, método de irrigação, pouca importância ou impossibilidade de proteção contra as perdas hídricas por evaporação. Neste sentido Freire (1992) irrigou um solo não salino com água C_3S_2 (Ayers & Westcot, 1991) de condutividade elétrica 2,0 dSm^{-1} e relação de adsorção de sódio (RAS) de 6,50 (mmol.L^{-1})^{1/2}, verificando, após dois anos de cultivo, que a condutividade elétrica da pasta saturada do solo aumentou de 0,58 para até 13,00 dSm^{-1} . Aumentos desta amplitude refletem que quando a qualidade da água é limitada, os efeitos nocivos da salinidade surgem em menor período de utilização, como observado por Cavalcante & Lima (1993) ao monitorarem a qualidade da água de vários mananciais durante o período crítico da estiagem.

Este trabalho teve como objetivos avaliar a qualidade da água durante dezoito meses e diagnosticar o aumento do nível de salinidade, através da irrigação, de um solo cultivado durante quatro anos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com amostras de um LUVISSOLO (Silva Filho, 1997) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, no mês de setembro/96, em quatro áreas irrigadas por sulcos ($A_1=2,0\text{ha}$; $A_2=2,0\text{ha}$; $A_3=2,0\text{ha}$ e $A_4=4,0\text{ha}$), exploradas com bananeira (*Musa sp*) cultivar Pacovan durante quatro anos e uma não irrigada, ou virgem (ANI), tomada como padrão. As áreas são situadas

à margem esquerda do açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão) que tem capacidade para 570 milhões de m³ de água, pertencente à Fazenda Parmado no sentido Boqueirão–Cabaceiras, na região semi-árida do Estado da Paraíba.

As amostras superficiais de solo foram coletadas nos sulcos e nos camalhões, a partir do centro de cada área no sentido dos pontos cardeais e transformadas em amostras compostas, de cada quadrante, para avaliação do incremento da salinidade decorrente da irrigação. Em seguida, foi aberta uma trincheira representativa de cada área para comparação do estado salino do solo ao longo do perfil em relação a área não irrigada.

O monitoramento da qualidade da água do manancial foi feito mensalmente, no período de novembro/95 a abril/97.

As determinações da condutividade elétrica e dos teores solúveis de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, carbonato, bicarbonato e sulfato da água do açude e da solução do solo, obtida do extrato de saturação nas amostras superficiais e nas diferentes profundidades de cada área, foram feitas empregando-se a metodologia de Richards (1954).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Monitoramento da qualidade da água

O comportamento da salinidade da água não revelou grande variabilidade (Quadro 1) no período de novembro/95 a abril/97. Ao considerar que a concentração salina aumenta ao longo da estiagem, em função das perdas hídricas por evaporação (Cavalcante, 2000), as variações da condutividade elétrica, dos teores de cátions, de ânions e da relação de adsorção de sódio (RAS), foram baixas. A condutividade elétrica, que representa a concentração de sais transportados ao solo pelas irrigações, cresceu de 0,89 para 1,13 dSm⁻¹, nos dezoito meses de monitoramento, apresentando incremento máximo da ordem de 27%. Estes resultados foram inclusive superiores aos de Freire (1992) quando constatou, na época de maior demanda evaporativa, que a condutividade elétrica da água de uma barragem aumentou de 2,0 para 2,3 dSm⁻¹ com acréscimo de apenas 15%.

Pelos resultados do Quadro 2 e de acordo com Richards (1954) e Cavalcante et al. (1985), o risco da água salinizar o solo é alto e de alcalinizar é baixo. Ao efetuar o ajustamento da RAS pelo índice de Langelier [$1 + (8,4 - \text{pH}_c)$] – RASaj, como propuseram Ayers & Westcot (1976), verificou-se que o perigo de salinização da água aumentou de baixo para médio, superestimando o valor original da RAS (Quadro 1) em mais de 97%. Quando a RAS foi corrigida (RAS^o) com base na relação bicarbonato/cálcio (Suarez, 1981) e nos valores da condutividade elétrica da água (CE_a) a superioridade comparada ao valor inicial (Richards, 1954) foi de apenas 6%. Desta forma a combinação dos riscos potenciais de salinização (C) e de alcalinização do solo, (S) classifica a água estudada para fins agrícolas, em C₃S₁ (Richards, 1954), C₃S₂ (Ayers & Westcot, 1976) e C₂S₂ por Suarez (1981) citado em Ayers & Westcot (1991). Dentre os procedimentos de correção da RAS o de Suarez (1981) parece o mais coerente não apenas pelo menor incremento, mas também no que se refere a precipitação de cálcio na forma de bicarbonato e nos teores médios de sódio (Quadro 1) que conforme Ayers & Westcot (1991), águas com estes conteúdos representam nível de restrição moderado à agricultura.

Apesar da água não exibir crescimento acentuado dos teores iônicos totais, durante os dezoito meses de monitoramento, nem mesmo nos meses de maior aridez como novembro, dezembro e janeiro (Quadro 1), os conteúdos de cloreto e de sódio terem sido sempre inferiores a 10,0 mmol.L⁻¹ e os de bicarbonato abaixo de 8,5 mmol.L⁻¹ com pH<8,4 conforme diretrizes para interpretação da qualidade da água para agricultura apresentados por Ayers & Westcot (1991), de acordo com os critérios de Rhoades (1972), a água pode causar riscos de salinidade e sodicidade ao solo e de toxidez às plantas. Esta preocupação procede ao verificar-se que a ordem dos cátions foi: Na⁺>Ca²⁺>Mg²⁺>K⁺ e dos ânions: Cl⁻>HCO₃⁻>SO₄²⁻>CO₃²⁻. A grande superioridade do sódio entre os cátions e do cloreto em relação aos ânions indica que o uso desta água na irrigação torna-se mais agressiva quanto a ação específica dos respectivos íons do que propriamente da salinidade. Este aspecto está mais relacionado com a sensibilidade específica das plantas a determinadas espécies iônicas do que ao complexo salino (cátions e ânions) como um todo (Strogonov, 1964; Maas, 1984). Quanto aos danos que pode causar

ao solo, percebe-se o desequilíbrio entre as concentrações de cálcio e bicarbonato (Quadro 3), com valores de 21,07 e 37,84%, refletindo riscos de precipitação de cálcio. Neste sentido o perigo de alcalinização de uma área não salina quando submetida à irrigação existe em termos concretos (Richards, 1954; Tanji, 1991; Cavalcante et al., 1998; Maia et al., 1998).

5.2. Transporte de sais ao solo pela irrigação

Independente da área irrigada, os valores da condutividade elétrica, de cátions e ânions, da relação de adsorção de sódio (RAS) e da percentagem de sódio intercambiável (PSI), foram superiores nos camalhões. Esta superioridade, como apresentada no Quadro 4, em geral é devido ao solo nos sulcos permanecer mais úmido por mais tempo e está sempre menos aquecido e mais protegido, pelas plantas de bananeira (*Musa sp*), das perdas de água por evaporação e, nos camalhões, o umedecimento ser feito pela ascensão capilar e o solo está, sempre mais exposto à ação direta dos raios solares, resultando em menor conteúdo de umidade. Nestas situações, onde a umidade for mais baixa, a concentração salina é mais alta, como constataram Lacerda et al. (1998) e Dias (1998) após irrigarem solos não salinos com lâminas decrescentes, a partir da capacidade de campo; concluírem que os solos irrigados com os menores volumes de água apresentaram as maiores valores de condutividade elétrica. Este comportamento foi também registrado por Freire (1992) que após submeter três áreas de um solo normal, quanto aos efeitos da salinidade, à irrigação pelo método de infiltração por sulco, aspersão e localizada por gotejamento, verificou que o método de irrigação por gotejamento elevou o nível salino do solo mais que por aspersão e este mais que na infiltração por sulco. O volume de água aplicado pelos respectivos métodos obedece a ordem: gotejamento < aspersão < infiltração por sulco. Pelo exposto, nas regiões semi-áridas, o método de irrigação localizada, apesar de ser o mais eficiente em termos de economia da água, pode ser o mais agressivo quanto ao aumento da concentração salina na superfície do solo e no ambiente radicular das plantas. Para diminuir o efeito desta adversidade, onde a demanda evaporativa é alta (Amaro, 1981), torna-se necessário a proteção do solo pela cobertura morta evitando as perdas mais intensas do reduzido volume de água aplicado (Bernardo, 1989; Andrade, 1998; Araújo et al., 2000).

5.3. Situação salina do solo ao longo do perfil

O acúmulo de sais, em geral, foi mais expressivo (Quadro 5) da primeira para a segunda profundidade das áreas irrigadas, mas sem atingir ainda o nível salino. A irrigação por sulco durante quatro anos com água C_2S_2 (Suarez, 1981), mesmo elevando consideravelmente a condutividade elétrica, não afetou drasticamente o caráter iônico do solo (Pereira & Siqueira, 1978; Amora & Cavalcante, 1981). A superioridade percentual do índice de aumento das variáveis de salinidade (Quadro 5) mostra que em todas as áreas a irrigação promoveu o incremento e o carreamento de sais da superfície para as camadas subseqüentes do solo, em relação a área não irrigada.

A adição de sais pela água, nos quatro anos de irrigação, não elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação para valores acima de 4 dSm^{-1} e nem a percentagem de sódio intercambiável para níveis superiores a 15% (Richards, 1954). De acordo com os índices adotados por aquele autor, apesar dos incrementos, as áreas em todas as profundidades apresentaram-se normais quanto aos efeitos da salinidade. Por outro lado, conforme Massoud (1971) quando o solo possui teor de sais solúveis que expresse condutividade elétrica superior a $2,0 \text{ dSm}^{-1}$ e percentagem de sódio intercambiável maior que 7% pode exercer efeitos tóxicos e osmóticos às plantas e depauperantes em suas propriedades físicas, como dispersão das argilas (Rhoades, 1972; Freire, 1992). Pela classificação simultânea (Quadro 5) observa-se que nas áreas A_2 e A_3 , em ambas as profundidades, o solo foi classificado como não salino por Richards (1954), sódico e salino-sódico por Massoud (1971). A diferença entre os autores não representa um conflito de interpretação, significa uma medida de precaução contra os efeitos salinos dos solos às plantas.

6 CONCLUSÕES

A variação sazonal da qualidade da água para fins de irrigação foi baixa, no período de avaliação.

A ordem decrescente dos constituintes iônicos da água no período de dezoito meses foi: a) $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$; b) $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3^{2-}$

A irrigação provocou acúmulo de sais ao solo e carreamento ao longo do perfil em relação a área não irrigada.

A água apresentou risco potencial alto para salinização e médio para alcalinização do solo.

Quadro 1. Caracterização química da água do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão-PB) o período de novembro de 1995 a abril de 1997.

ANO	Mês	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CE ^a 25°C (dS/m)	RAS (mmol/L) ^{1/2}
-----mmol/L-----												
1995	Nov.	6,80	2,40	2,10	5,00	0,23	traços	3,75	0,63	6,90	0,89	3,33
	Dez.	7,30	2,10	2,20	4,88	0,21	traços	3,60	----	6,85	0,89	3,32
1996	Jan.	7,00	2,20	2,80	4,94	0,21	traços	3,00	1,25	7,50	0,98	3,12
	Fev.	7,00	2,60	2,40	5,38	0,20	traços	2,60	0,31	7,00	1,03	3,40
	Mar.	7,20	2,40	2,40	5,63	0,18	traços	3,00	----	7,50	1,07	3,63
	Abr.	7,30	2,20	2,50	4,63	0,18	traços	2,80	0,31	7,00	1,04	3,02
	Mai.	7,30	2,60	2,75	4,76	0,18	traços	2,75	0,31	6,75	1,06	2,70
	Jun.	7,60	2,50	2,50	4,88	0,15	traços	2,75	0,31	6,75	0,98	3,08
	Jul.	6,90	2,50	2,30	4,76	0,14	0,15	2,60	0,31	6,70	0,95	3,07
	Ago.	7,80	2,10	2,70	5,13	0,15	traços	2,90	0,31	6,80	1,00	3,30
	Set.	7,80	2,10	2,20	4,88	0,16	traços	2,60	0,31	6,70	1,07	3,32
	Out.	8,10	2,10	2,30	6,20	0,19	0,05	2,50	0,31	7,15	1,12	4,19
	Nov.	8,00	2,00	2,50	4,51	0,13	0,08	2,82	0,31	7,06	1,00	3,01
	Dez.	8,20	2,10	2,70	5,20	0,15	traços	2,70	0,63	7,50	1,02	3,35
1997	Jan.	7,80	2,10	2,60	5,26	0,15	0,05	2,70	0,31	7,45	1,06	3,43
	Fev.	8,20	2,80	3,10	3,51	0,12	traços	2,75	0,31	7,50	1,12	2,24
	Mar.	7,80	2,20	2,70	4,88	0,14	0,30	3,00	0,31	7,60	1,13	3,12
	Abr.	7,60	1,90	2,30	4,38	0,13	traços	2,50	0,31	6,65	0,89	1,34

CE = Condutividade elétrica da água a 25° C;

RAS=Relação de adsorção de sódio.

Quadro 2. Soma de cátions e ânions, e relação de adsorção de sódio da água do açude Epitácio Pessoa, no período de novembro de 1995 a abril de 1997.

Amostra	Σcátions	Σânions	RAS-aj	RAS°
Data	-----mmol/L-----		----- (mmol/L) ^{1/2} -----	
nov/95	9,73	11,28	6,66	3,71
dez/95	9,39	11,42	7,30	3,62
jan/96	10,15	11,75	6,24	3,28
fev/96	10,58	9,91	6,46	3,59
mar/96	10,61	10,50	7,26	3,76
abr/96	9,51	10,11	6,04	3,17
mai/96	10,29	9,81	5,67	3,07
jun/96	10,03	9,81	7,60	3,22
jul/96	9,70	9,61	5,53	3,21
ago/96	10,08	10,01	6,60	3,51
set/96	9,34	9,61	6,31	3,46
out/96	70,79	10,01	7,54	4,18
nov/96	9,14	10,27	6,02	3,16
dez/96	10,15	10,83	6,36	3,47
jan/97	10,11	10,46	6,52	3,55
fev/97	9,53	10,56	4,70	2,18
mar/97	10,92	11,21	6,24	3,26
abr/97	8,71	9,46	2,55	3,06
Classificação:			a) Richards (1954)	C ₃ S ₁
			b) Ayers & Westcot (1976)	C ₃ S ₂
			c) Suarez (1981)	C ₂ S ₂

CEa- condutividade elétrica da água a 25° C;

RAS – com base em Richards (1954);

RAS-aj – com base em Ayers & Westcot (1976);

RAS° – com base em Suarez (1981).

Quadro 3. Valores médios dos constituintes catiônicos e aniônicos da água no período de novembro de 1995 a abril de 1997.

Íon	Cátions			Íon	Ânions		
	mmolc/L	mg/L	%		mmolc/L	mg/L	%
Cálcio	2,08	41,60	21,07	Carbonato	0,03	0,90	0,21
Magnésio	2,50	30,00	15,19	Bicarbonato	2,70	164,70	37,84
Sódio	5,20	119,60	60,58	Cloreto	7,11	252,41	57,98
Potássio	0,16	6,24	3,16	Sulfato	0,36	17,28	3,97
Total	9,94	197,44	100,0	Total	10,20	435,29	100,00

Quadro 4. Valores de pH e incrementos de sais solúveis transportados ao solo pela água de irrigação determinados nos sulcos e camalhões da camada superficial do solo.

Áreas Irrigadas	PH	CE a 25°C (dS/m)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	VARIÁVEIS						PSI
							CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	RAS	PSI	
			mmolc/L						mmolc/L) ^{1/2}		%		
ANI	8,10	0,85	4,13	3,37	1,50	0,40	traços	8,00	5,75	0,94	0,77	-	
S	8,10	2,53	7,45	15,30	2,63	1,88	1,50	20,81	8,56	1,10	0,78	-	
A1 Is	-	198,00	80,00	345,00	75,00	370,00	100,00	160,00	49,00	17,00	1,00	-	
C	8,82	4,60	10,16	15,33	18,53	1,11	1,06	15,25	30,06	3,60	5,19	6,01	
Is	-	441,00	146,00	355,00	1135,0	177,00	71,00	91,00	423,00	283,00	574,00	-	
S	8,28	1,75	5,70	9,69	3,96	0,64	1,16	13,10	5,07	0,90	1,43	0,84	
A2 Is	-	106,00	38,00	188,00	164,00	60,00	100,00	64,00	-	-	86,00	-	
C	8,76	2,48	6,49	7,46	13,20	0,44	0,67	11,22	13,01	1,80	5,00	5,76	
Is	-	192,00	57,00	121,00	780,00	10,00	58,00	40,00	126,00	91,00	549,00	-	
S	7,63	1,66	5,32	6,75	2,82	1,05	traços	8,94	9,31	1,25	1,15	0,43	
A3 Is	-	95,00	29,00	100,00	88,00	162,00	traços	12,00	62,00	33,00	49,00	-	
C	7,64	2,95	6,75	9,35	13,04	0,57	1,06	9,00	20,44	2,70	4,60	5,24	
Is	-	247,00	63,00	177,00	769,00	42,00	100,00	12,00	255,00	187,00	497,00	-	
S	7,81	1,07	3,83	3,89	4,35	0,32	0,53	8,08	5,90	0,71	2,16	1,89	
A4 Is	-	26,00	7,00	15,00	190,00	-	100,00	-	3,00	-	180,00	-	
C	7,51	2,45	7,83	5,30	10,02	0,35	traços	2,92	17,23	1,64	3,91	4,31	
Is	-	188,00	-	57,00	568,00	-	traços	-	200,00	74,00	408,00	-	

CEa = Condutividade elétrica da água a 25° C; RAS = Relação de adsorção de sódio; PSI = percentagem de sódio intercambiável; Is = incremento de sais (%); ANI = área não irrigada; S = sulco; C = camalhão.

Quadro 5. Valores de pH, condutividade elétrica e teores de sais solúveis do extrato de saturação do solo nas diferentes profundidades das áreas irrigadas em relação a não irrigada.

Camada	Variável	ÁREAS IRRIGADAS									
		ANI	A1	Is	A2	Is	A3	Is	A4	Is	
0-20 cm	pH	8,10	7,90	-	7,80	-	7,70	-	7,50	-	
	CE (dS/m 25°)	0,85	1,12	32,00	1,09	28,00	3,00	253,00	0,86	1,00	
	Ca ²⁺ (mmolc/L)	4,13	3,13	-	2,05	-	5,30	28,00	2,25	-	
	Mg ²⁺ (mmolc/L)	3,37	2,37	-	2,86	-	7,12	111,00	2,13	-	
	Na ⁺ (mmolc/L)	1,50	6,77	351,00	10,60	607,00	15,03	902,00	5,00	233,00	
	K ⁺ (mmolc/L)	0,40	0,06	-	0,05	-	0,07	-	0,07	-	
Classificação	PSI (%)	-	4,54	-	8,73	-	7,14	-	3,59	-	
	a) Richards (1954)	NS	NS	-	NS	-	NS	-	NS	-	
	b) Massoud (1971)	NS	NS	-	SS	-	SSS	-	NS	-	
20-40 cm	pH	7,40	7,40	-	7,80	-	8,70	-	7,20	-	
	CE (dS/m 25°)	0,36	1,20	233,00	1,25	247,00	2,80	678,00	0,72	-	
	Ca ²⁺ (mmolc/L)	1,67	2,00	20,00	1,58	-	4,88	192,00	1,67	100,00	
	Mg ²⁺ (mmolc/L)	1,83	1,83	0,00	1,91	4,00	4,25	132,00	1,34	0,00	

	Na ⁺ (mmol/L)	1,31	7,35	461,00	8,89	579,00	14,69	1021,00	4,63	-
	K ⁺ (mmol/L)	0,09	0,06	-	0,05	-	0,04	-	0,04	253,00
	PSI (%)	0,20	6,70	3250,00	8,04	3920,00	8,16	3980,00	4,12	-
Classificação	a) Richards (1954)	NS		-	NS	-	NS	-	NS	1960,00
	b) Massoud (1971)	NS		-	SS	-	SSS	-	NS	-
			NS							

PSI= percentagem de sódio intercambiável; Is = incremento de sais (%); ANI = área não irrigada; NS = solo não salino; S = solo salino; SSS = solo salino sódico; SS = solo sódico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, L. M. *Estimativa do balanço hídrico em cinco solos e três culturas para o Município de Patos-PB*. Areia, 1981. 80p. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solos). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- AMORA, L. G., CAVALCANTE, L. F. Análise de solo e água para fins de irrigação em Algodão de Jandaíra. *Anais do Curso de Pós-graduação em Manejo e Conservação de solo*, Areia, v.3, p.99-108, 1981.
- ANDRADE, R. *Respostas do maracujazeiro amarelo ao manejo e salinidade da água de irrigação em um solo não salino*. Areia, 1998. 60p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.
- ARAÚJO, D. C., SÁ, J. R., LIMA, E. M., CAVALCANTE, L. F., BRUNO, G. B., BRUNO, R. L. A., QUEIRÓS, M. S. Efeito do volume de água e da cobertura morta sobre o crescimento inicial do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.4, n.1, p.121-24, 2000.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. *FAO Irrig. Drain. Pap.*, n.29 (Revisado 1), p.1-218, 1991.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. *FAO Irrig. Drain. Pap.*, n.29, p.1-97, 1976.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1989. p.488.
- BIGGAR, J. W., ROLSTON, D. E., NIELSEN, D. R. Transport of salts by water. *California Agric.*, v.38, n.10, p.10-1. 1984.
- CAVALCANTE, L. F. *Sais e seus problemas nos solos irrigados*. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 2000. 71p.
- CAVALCANTE, L. F., ARRUDA, N. T., SANTOS, J. B. et al. Práticas agrícolas para o controle preventivo à salinidade dos solos em áreas irrigadas do semi-árido paraibano. *Bol. Tec. Cient. Cien. Agrar. Univ. Fed. Paraíba*, n.3, p.1-23, 1998.
- CAVALCANTE, L. F., LIMA, E. M. *Algumas frutíferas tropicais e a salinidade*. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 2000. 91p.
- CAVALCANTE, L. F., LIMA, E. M. Transporte de sais aos solos pelas águas de irrigação. *Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de solos*, Areia, v.15, p. 9-16, 1993.

- CAVALCANTE, L. F., SOUZA, L. F. P., AMARO FILHO, J. *Evolução de sais e adequabilidade da água do açude Jatobá, Patos-PB, em distintas épocas do ano. Bol. Tec. Cient. Esc. Sup. Agr. Mossoró*, n.1, p.1-29, 1985.
- COSTA, J. R. M. *Efeito do revestimento lateral de covas e volumes de água salina sobre a produção e qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo. Areia, 2000. 72p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.*
- DIAS, I. M. *Ação da água salgada na salinização de um solo não salino cultivado com sorgo forrageiro. Areia, 1998. 33p. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.*
- FREIRE, M. F. da S. *Manejo de um solo com água salgada submetido a três métodos de irrigação. Areia, 1992, 51p. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solos). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.*
- GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., BATISTA, M. A. .F. *Prevenção, manejo e recuperação dos solos salinos e sódicos. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 60p.*
- HOLANDA, J. S., AMORIM, J. R. A. *Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI et al. (Editores). Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.137-69.*
- LACERDA, D. A., CAVALCANTE, L. F., VIEIRA, J. E. *Dispersão de argila e acúmulo de sais em dois solos não salinos irrigados com água salgada. Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Areia, v.20, p.11-22. 1998.*
- MAAS, E. U. *Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B. R. The handbook of plant science in agriculture. Florida: CRC Press. 1984. 178p.*
- MAIA, E. C., MORAIS, E. R. C., OLIVEIRA, M. *Qualidade da água para fertirrigação por gotejamento. II. Região do Baixo Assu-RN. Eng. Na Agric., Botucatu, v.6, n.1, p. 12-26, 1998.*
- MASSOUD, F. I. *A note on the need for accepted difinitions and methods of characterization of salt-affected soils. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE. REUNION DE LA SUBCOMICIÓN DE SUELOS SALINOS, 1971, Sevilla. Resumem... Sevilla, 1971. p.8-13.*
- NUNES FILHO, J., GUERRA, C. A. M., SOUZA, A. R., SÁ, et al. *Qualidade da água de açudes para fins de irrigação no sertão de Pernambuco. ITEM-Irrig. Tecnol. Mod., n.44, p.35-9. 1991.*
- PEREIRA, J. R., SIQUIERA, F. B. *Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS. 1978, Anais... Fortaleza: EMBRAPA, 1978. p.35-45.*
- PIZARRO, F. *Drenagem agrícola y recuperación de suelos salinos. 2. ed. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1985. 542p.*
- RHOADES, J. D. *Quality of water for irrigation. Soil Sci., v.113, p.277-84. 1972.*
- RHOADES, J. D. *Use of the saline water for irrigation. California Agric., v.38, n.10, p. 42-3. 1984.*
- RICHARDS, L. A. *Diagnosticos y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. Mexico: Agencia para el Desarrollo Internacional. 1954. 172p. (Manual de agricultura, 60.)*

SILVA FILHO, S. B. *Interação solo água, qualidade e adequação da água do açude Epitácio Pessoa-PB para fins de irrigação*. Areia, 1997. 62p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

STROGONOV, B. D. *Physiological basis of salt tolerance of plants*. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1964. 279p.

SUAREZ, D. L. Relation between pH and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.45, p.469-75. 1981.

SZABOLCS, I., DARAB, K. Water quality for irrigation and salinization problems. In: SYMPOSIUM OF C.I.E.C. ON WATER AND FERTILIZER USE FOR FOOD PRODUCTION IN ARID AND SEMIARID ZONES, 3, 1979, Benghazi, *Proceedings...* Benghazi: University of Garzounis, 1979, p.51-69.

TANJI, K. K. *Agriculture salinity assessment and management*, New York: American Society of Civil Engineers, 1991. 614p. (Manual and reports on Engineering practice, 71)