

USO MÚLTIPLO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS ÁREAS DE DOMÍNIO DO PROGRAMA XINGÓ, COM ÊNFASE NO DESENVOLVIMENTO DE HALÓFITAS

Abelardo Montenegro¹; Suzana Montenegro²; Vicente de Paula e Silva³; Isabel de Sá Marinho⁴; José Gomes da Silva⁵; Ricardo Bezerra⁵ & Marcos Kleber Barros⁶

Resumo - O Programa Xingó vem desenvolvendo atividades em diversas áreas do conhecimento (recursos hídricos, educação, turismo, entre outras) visando desenvolvimento sócio-econômico da região semi-árida da Bacia do Rio São Francisco, nos Estados de Pernambuco, Bahia, Sergipe e Alagoas. Este artigo aborda as ações e metodologias que vêm sendo adotadas no Projeto Uso e Eficiência da Água em Meios Rurais, da Área Temática de Recursos Hídricos, no domínio supracitado. Em particular, são apresentados dados de qualidade das águas subterrâneas e metodologias para reuso de rejeitos de dessalinizadores, estes últimos instalados pelos Estados e pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas). As águas da região são cloretadas sódicas, com condutividade elétrica variando de 0,71 a 20 dS/m. Os rejeitos dos dessalinizadores vêm sendo utilizados para cultivo de halófitas (*Atriplex*), implantadas em área de solo salino, com condutividade elétrica média de 6,03 dS/m. Particular ênfase será dada à área experimental situada na comunidade de Morro Vermelho, município de Poço Redondo, Sergipe. Os solos são rasos, e com teor de areia superior a 58%. A média dos logaritmos da condutividade hidráulica média saturada (em cm/s) foi estimada em -4.15, com desvio-padrão de 0.25, considerando o modelo de Saxton et alli (1986). As culturas apresentaram bom desenvolvimento, crescendo de 15 cm de altura até 118 cm, no período de 6 meses, tendo sido irrigada com água de condutividade elétrica média de 15 dS/m.

¹ DTR/ UFRPE- Av D.Manoel de Medeiros, s/n, Recife-PE, CEP 52171-900 Monte@hotlink.com.br, fone/fax ***814454418

² DEC/UFPE- Av. Hélio Ramos, Cid. Universitária, Recife-PE, CEP 50000-000 - smglm@npd.ufpe.br, fone/fax ***814454418

³ DTR/UFRPE- Av D.Manoel de Medeiros, s/n, Recife-PE, CEP 52171-900 - Vicpaula@hotlink.com.br

⁴ PESCA/UFRPE- Av D.Manoel de Medeiros, s/n, Recife-PE, CEP 52171-900 - Saisabel@elogica.com.br

⁵ Instituto Xingó/CNPq- Acampamento Xingó, Piranhas-AL

⁶ Instituto Xingó/CNPq- Bolsista IC, Rua G. Júnior 298, apt.301, Recife-PE - CEP 50720-740 - Mkddb@bol.com.br

Palavras-chave - saline water; halophytes; semi-arid

INTRODUÇÃO

As águas do cristalino são, via regra, salinas, requerendo tratamento antes de sua utilização em abastecimento humano, dessedentação animal, e irrigação. Conforme destacado por Leite (1997), as águas fissurais do Nordeste apresentam teores de até 10000mg/l de resíduo seco (aproximadamente 17dS/m de condutividade elétrica). Valores superiores a 5dS/m limitam fortemente o uso dessas águas para consumo humano, animal e em irrigação de culturas em geral, requerendo-se metodologias que reduzam o seu conteúdo salino.

Áreas-piloto de uso múltiplo estão sendo implantadas pela UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO e UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, próximas aos poços instalados no âmbito do Programa Xingó, que já dispõem de unidades de dessalinização de água, estas últimas instaladas pelo DNOCS. Tais áreas estão localizadas no município de Poço Redondo, Estado de Sergipe, Pão de açúcar, Estado de Alagoas e Jatobá, Estado de Pernambuco, a distâncias superiores a 15km do Rio São Francisco, e vêm sendo utilizadas como unidades demonstrativas para as pequenas comunidades da região.

Além de serem utilizadas para a irrigação de culturas resistentes à salinidade, as águas salobras das Unidades de Uso Múltiplo são utilizadas para a piscicultura. Um banco de proteína vegetal, através de cultivos de plantas halófitas (do gênero *Atriplex*) permitirá pastagem adicional para bovinos e caprinos.

QUALIDADE DE ÁGUA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PROGRAMA XINGÓ

Caracterização química detalhada da água subterrânea da região foi realizada em Abril de 1999, além da análise de extratos de saturação de solos das unidades, ambas seguindo metodologia da Embrapa (1997). As análises foram realizadas para os teores de cátions (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e K^+) e ânions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}). Para se comparar as composições iônicas da água em diferentes níveis de salinidade, calculou-se os valores percentuais de cátions e ânions em relação à respectiva soma, para os diversos valores de CE. As águas estudadas são basicamente cloretadas sódicas, conforme evidenciado pela figura 1. Águas de condutividade elétrica superior a 5 dS/m apresentam teores de

cloretos superiores a 40%, e relativa tendência a decréscimo nos teores de sódio, acompanhando tendência crescente nos teores de magnésio. Deve-se salientar a coerência destes resultados com os publicados por Silva JR et al. (1999), utilizando-se um banco de dados de 557 resultados de análises químicas de diversas fontes, com condutividades de até 5.000 μ S/cm ou 5 mS/cm (ou 5dS/m). Saliente-se, entretanto, que as análises aqui apresentadas se estendem até aproximadamente 20dS/m. A importância econômica de tais águas torna-se evidente quando se considera a possibilidade de instalação de equipamentos de dessalinização. Adiante discutidos, estão os procedimentos de dessalinização adotados no domínio em estudo. As figuras 2 e 3 apresentam a correlação entre condutividade elétrica e concentração de íon cloreto e íon sódio, respectivamente, em meq/l. Ajustes lineares foram realizados, produzindo coeficientes lineares iguais a zero (a reta intercepta o eixo das condutividades quando a concentração é nula), e coeficientes de determinação $r^2 \cong 0,96$. Este resultado sugere que as percentagens de cloreto e de sódio são importantes parâmetros na salinidade total das águas. Weimer(1993) define o coeficiente de determinação como sendo a razão entre a soma dos quadrados explicados pela regressão e a soma total dos quadrados. Desse modo, as equações de regressão tendo como variáveis independentes as percentagens de cloreto e de sódio explicam 96% das variâncias na salinidade total das águas analisadas.

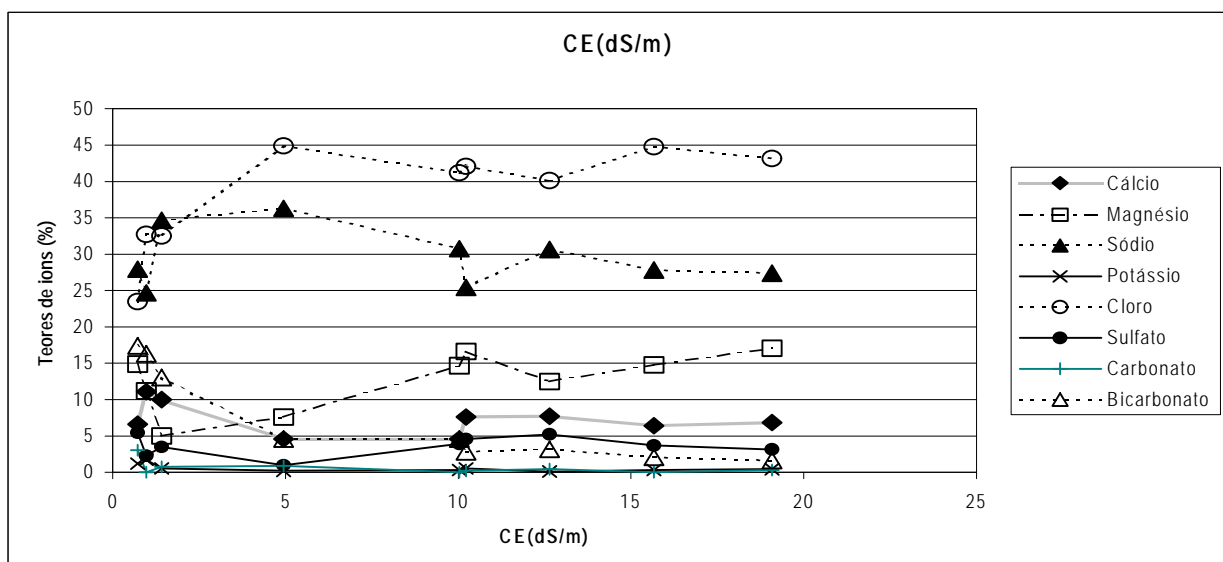
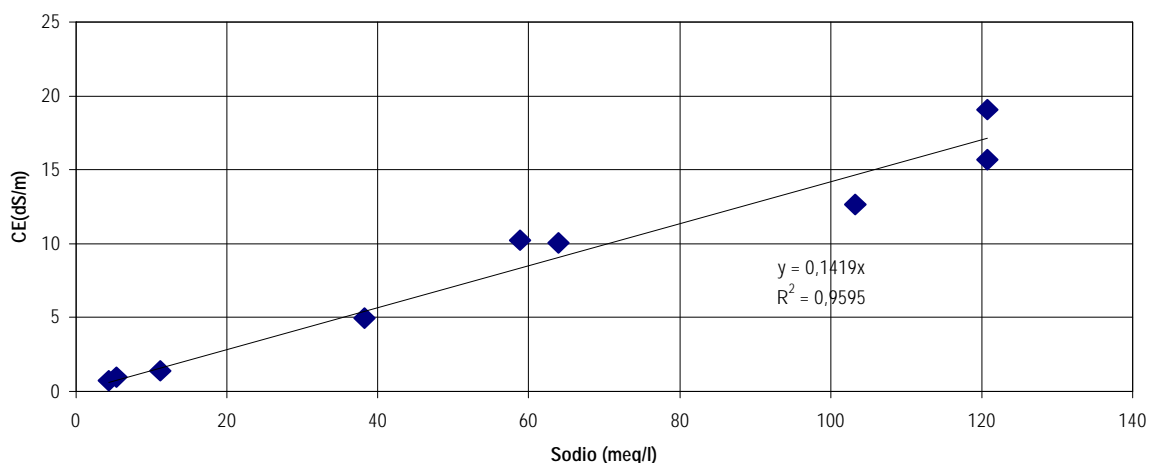
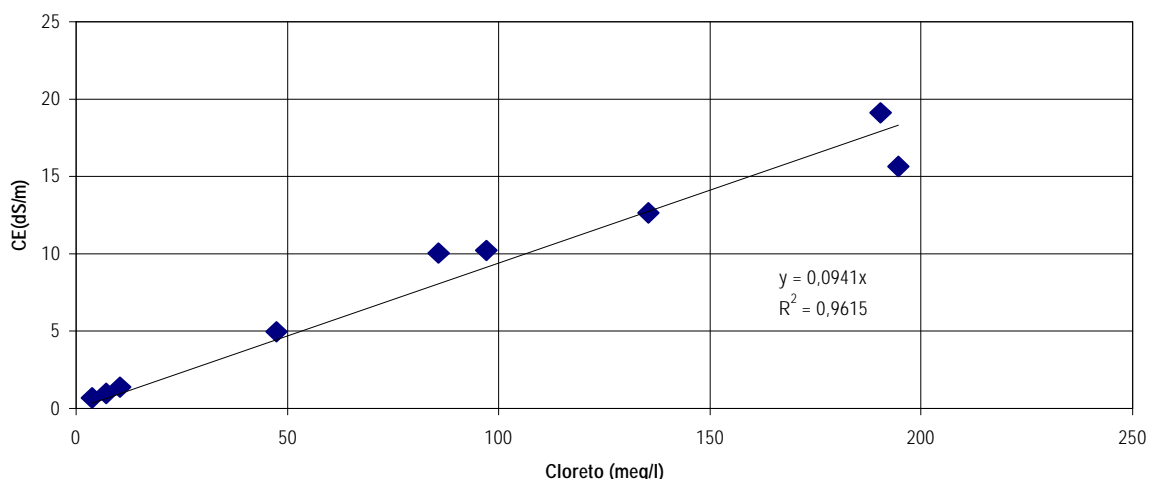


Figura 1- valores percentuais de cátions e ânions em relação à soma total de íons, para os diversos valores de condutividade elétrica (dS/m)



Figuras 2a e 2b- Funções de regressão linear entre as percentagens de cloreto e de sódio e a salinidade total das águas

ANÁLISE DA PRECISÃO DOS RESULTADOS:

A precisão das análises químicas de água foram avaliadas segundo metodologia discutida por Logan (1965), considerando a soma total de cátions e comparando com a soma total de ânions, ambos em miliequivalentes por litro (meq/l). A tabela 1 apresenta os principais cátions e ânions encontrados na composição química destas águas.

Schoeller (1962), admite simplesmente que erros inferiores a 5% são considerados aceitáveis, contudo sabe-se que o limite de erro admissível decresce para determinações de altas concentrações iônicas. Adotando-se tal critério, pode-se observar que cerca de 80% das análises de água realizadas encontram-se dentro da margem de erro admissível.

A classificação destas águas para irrigação, é determinada através da concentração

de determinados íons tais como sódio, cloreto, sulfato, e parâmetros como o total de sais dissolvidos na água, condutividade elétrica e relação de absorção de sódio, que influenciam de forma significativa e diferenciada, no crescimento das culturas e na salinização dos solos. A tabela 2 apresenta os parâmetros e a referida classificação destas águas, segundo metodologia preconizada pelo *United States Salinity Laboratory* (USSL).

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DE MORRO VERMELHO

Os solos da área experimental de Morro Vermelho foram amostrados nas profundidades de 30cm, 60cm, 90cm, e 120cm. O impedimento rochoso situa-se a aproximadamente 2 metros de profundidade, com o terreno apresentando leve declive de 1.80%, em direção ao riacho Jacaré, adjacente à área. A tabela 3 apresenta os resultados da análise textural e da salinidade de tais solos

Tabela 1

Comunidades (Poços analisados)	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio	Cloro	Sulfato	Carbonato	Bicarbonato	Erro
	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	(%)
Boa Vista dos Venturas	9,595012	30,42469	63,94	0,639386	85,75458	8,032063	0	9,5544262	1,202703
Caiçara	3,198504	1,601646	11,11087	0,179028	10,43724	1,104934	0,24	4,197541	0,685744
Guaté	2,399002	2,401646	5,313913	0,370844	7,052186	0,488445	0	3,5180328	5,183792
Caqueiro	27,98603	64,05267	120,7717	1,40665	194,6403	16,21507	0	9,1947541	2,65079
Surrão	25,98603	42,03457	103,2609	0,485934	135,402	17,66292	1,6	10,79377	3,67284
Morro vermelho	4,794015	8,006584	38,26087	0,242967	47,39069	1,08578	0,96	4,7972131	5,40116
Mosquito	1,039401	2,321811	4,347826	0,179028	3,667137	0,840308	0,48	2,7183607	2,310589
Fazenda Santa Rosa	17,59102	38,43128	58,82478	1,150895	97,03808	10,56048	0,56	6,6362295	1,037244
Monte Alegre	29,98504	75,06173	120,7717	2,046036	190,409	14,13034	1,6	7,0359016	6,446495

Tabela 2

Comunidades (Poços analisados)	CEa(dS/m)	TDS(mg/l)	RAS	Classificação
Boa Vista dos Venturas	10,02	8016	14,293899	C4S1
Caiçara	1,41	902,4	7,1719235	C2S1
Guaté	0,98	627,2	3,4298844	C2S1
Caqueiro	15,66	12528	17,803076	C4S1
Surrão	12,64	10112	17,706411	C4S1
Morro vermelho	4,94	3161,6	15,123583	C4S1
Mosquito	0,71	454,4	3,3538157	C1S2
Fazenda Santa Rosa	10,23	8184	11,114626	C4S1
Monte Alegre	19,09	15272	16,664373	C4S1

pontos	30cm		Z	CE	pH	% argila	% silte	% areia
	X	Y						
b1	-26.00	-43.00	230.50	1.62	8.37	26.90	7.70	65.40
b2	-95.00	-23.50	230.50	1.64	8.07	6.60	9.50	83.90
b3	-141.50	-10.50	231.30	0.92	8.77	32.10	9.50	58.50
b4	-23.00	-2.50	229.70	1.26	8.33	27.50	8.60	63.90
b5	-91.50	2.00	230.60	13.63	7.96	27.70	7.80	64.50
b6	-140.00	3.50	231.25	1.13	8.65	27.50	9.90	62.70
b7	-32.50	39.00	230.25	3.01	7.95	19.90	8.30	71.80
b8	-87.50	27.50	230.70	1.05	8.29	10.00	6.80	83.20
b9	-139.00	16.00	231.20					

	60cm		Z	CE	pH	% argila	% silte	% areia
	X	Y						
b1	-26.00	-43.00	230.20	13.00	7.64	18.80	9.30	71.90
b2	-95.00	-23.50	230.20	5.70	8.29	22.10	8.40	69.40
b3	-141.50	-10.50	231.00	3.13	8.39	30.60	7.50	61.90
b4	-23.00	-2.50	229.40	2.53	8.29	24.90	7.50	67.50
b5	-91.50	2.00	230.30	6.99	7.94	27.10	6.90	66.00
b6	-140.00	3.50	230.95	0.66	8.60	30.30	11.30	58.40
b7	-32.50	39.00	229.95	0.39	8.00	32.50	7.90	59.60
b8	-87.50	27.50	230.40	17.36	8.02			
b9	-139.00	16.00	230.90	3.15	8.37	27.50	5.20	67.30

	90cm		Z	CE	pH	% argila	% silte	% areia
	X	Y						
b1	-26.00	-43.00	229.90					
b2	-95.00	-23.50	229.90	6.88	8.23	15.10	4.50	80.40
b3	-141.50	-10.50	230.70					
b4	-23.00	-2.50	229.10	6.39	8.20	18.70	18.90	62.40
b5	-91.50	2.00	230.00	4.37	7.80	14.70	12.70	72.60
b6	-140.00	3.50	230.65					
b7	-32.50	39.00	229.65					
b8	-87.50	27.50	230.10	9.63	6.86	12.20	12.80	75.00
b9	-139.00	16.00	230.60	3.15	7.71	31.30	4.20	64.50

	120cm		Z	CE	pH	% argila	% silte	% areia
	X	Y						
b1	-26.00	-43.00	229.60					
b2	-95.00	-23.50	229.60	7.21	8.19	14.10	4.00	81.90
b3	-141.50	-10.50	230.40					
b4	-23.00	-2.50	228.80	3.50	7.76	8.70	6.00	85.30
b5	-91.50	2.00	229.70	15.14	7.71	11.30	9.90	78.80
b6	-140.00	3.50	230.35					
b7	-32.50	39.00	229.35					
b8	-87.50	27.50	229.80					
b9	-139.00	16.00	230.30	10.90	8.25	27.50	1.30	71.20

Tabela 3- Informações físico-química dos solos de Morro Vermelho, Poço Redondo, SE (“Z” é a cota em metros, em relação ao nível do mar; “CE” é a condutividade elétrica em decisiemens por metro; as coordenadas X e Y estão medidas em relação ao dessalinizador, próximo ao riacho)

A análise da Tabela 3 permite concluir que a área experimental apresenta alta salinidade natural, sendo imprópria para cultivo de culturas sensíveis. O teor de areia médio é de 69,24%, 64,96%, 70,98%, e 79,30%, para as profundidades de 30cm, 60cm, 90cm e 120cm, respectivamente, apresentando portanto boa drenabilidade natural.

30cm		1		Z	CE	pH	Umidade de saturacao	K(cm/s)
X	Y	Z	CE					
b1	-26,00	-43,00	230,50	1,62	8,37	54,41625307	4,89E-05	
b2	-95,00	-23,50	230,50	1,64	8,07	57,26863662	2,13E-04	
b3	-141,50	-10,50	231,30	0,92	8,77	53,42133785	3,88E-05	
b4	-23,00	-2,50	229,70	1,26	8,33	54,24416595	4,65E-05	
b5	-91,50	2,00	230,60	13,63	7,96	54,28145496	4,69E-05	
b6	-140,00	3,50	231,25	1,13	8,65	54,13910882	4,54E-05	
b7	-32,50	39,00	230,25	3,01	7,95	55,44119891	7,25E-05	
b8	-87,50	27,50	230,70	1,05	8,29	56,97567364	1,85E-04	

60cm		2		Z	CE	pH	Umidade de saturacao	K(cm/s)
X	Y	Z	CE					
b1	-26,00	-43,00	13,00	7,64	55,52867264	7,49E-05		
b2	-95,00	-23,50	5,70	8,29	55,09327584	6,23E-05		
b3	-141,50	-10,50	3,13	8,39	53,84316668	4,17E-05		
b4	-23,00	-2,50	2,53	8,29	54,73641714	5,45E-05		
b5	-91,50	2,00	6,99	7,94	54,45235962	4,94E-05		
b6	-140,00	3,50	0,66	8,60	53,54237493	4,04E-05		
b7	-32,50	39,00	0,39	8,00	53,49556727	3,88E-05		

90cm		3		Z	CE	pH	Umidade de saturacao	K(cm/s)
X	Y	Z	CE					
b1	-26,00	-43,00						
b2	-95,00	-23,50		6,88	8,23	56,41616618	1,33E-04	
b3	-141,50	-10,50						
b4	-23,00	-2,50		6,39	8,20	54,75061836	5,58E-05	
b5	-91,50	2,00		4,37	7,80	55,87965428	8,57E-05	
b6	-140,00	3,50						
b7	-32,50	39,00						
b8	-87,50	27,50		9,63	6,86	56,24115972	1,03E-04	
b9	-139,00	16,00		3,15	7,71	54,02041896	4,31E-05	

120cm		4		Z	CE	pH	Umidade de saturacao	K(cm/s)
X	Y	Z	CE					
b1	-26,00	-43,00						
b2	-95,00	-23,50		7,21	8,19	56,59111159	1,51E-04	
b3	-141,50	-10,50						
b4	-23,00	-2,50		3,50	7,76	57,20807264	2,26E-04	
b5	-91,50	2,00		15,14	7,71	56,58031154	1,32E-04	
b6	-140,00	3,50						
b7	-32,50	39,00						
b8	-87,50	27,50						
b9	-139,00	16,00		10,90	8,25	54,84361972	5,88E-05	

Tabela 4- Umidade de saturação e condutividade hidráulica saturada, segundo Saxton et alli (1986)

Aplicando-se o modelo de Saxton et alli (1986) para umidade e condutividade hidráulica saturadas, pode-se verificar a elevada capacidade de retenção de tais solos quando saturados, bem como uma condutividade hidráulica de média magnitude. A condutividade hidráulica estimada acima é aproximadamente log-Normal, conforme pode ser visualizado na figura 3. Pode-se verificar a alta homogeneidade do solo, evidenciado por um desvio-padrão dos logaritmos das condutividades hidráulicas “K” baixo (0.25, quando se utiliza “K” em cm/s) e pela verticalidade da distribuição acumulada experimental apresentada na figura 3.

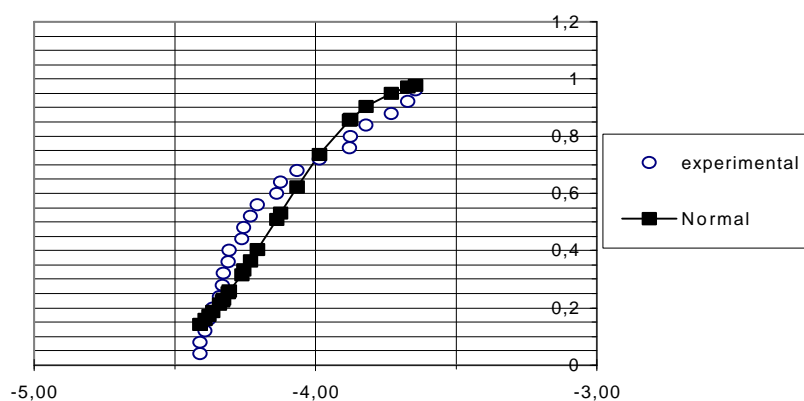


Figura 3 - Distribuição acumulada dos logaritmos das condutividades hidráulicas em cm/s

DESENVOLVIMENTO DE *ATRIPLEX NUMMULARIA* NO DOMÍNIO:

Os rejeito do dessalinizador vem sendo utilizado na irrigação de halófitas *Atriplex Nummularia*, aplicando-se uma lâmina média de 25,81 mm, com turno de rega de 3 dias. A condutividade elétrica média do rejeito é 15dS/m, sendo aplicado de forma localizada através de um sistema de irrigação tipo xique-xique. A cultura foi implantada com espaçamento 5m por 5m, tendo sido plantadas um total de 91 unidades. A lâmina é aplicada em microbacias de diâmetro 0,62 m. A precipitação total no ano de 1999 está apresentada na figura 4.

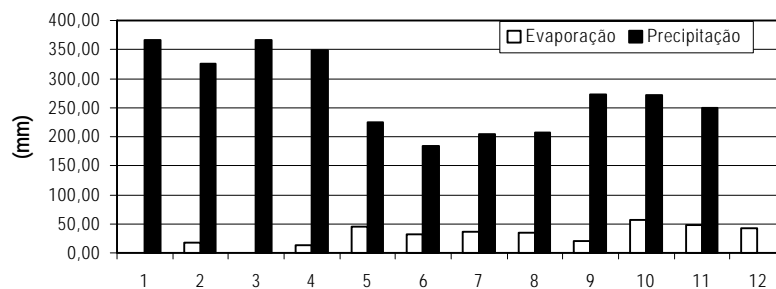


Figura 4- Lâminas totais mensais de precipitação e evaporação (em mm) na Estação do Projeto Califórnia, em Canindé do São Francisco-SE

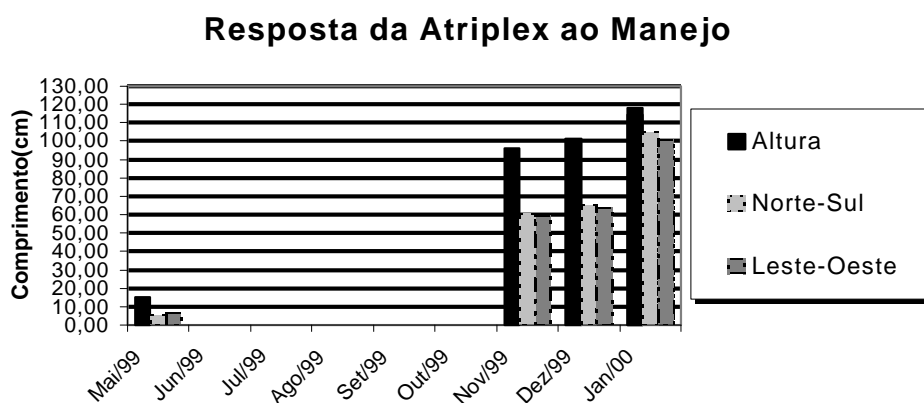


Figura 5- Desenvolvimento da *Atriplex Nummularia* na área experimental de Morro Vermelho, SE.

A cultura tem apresentado bom desenvolvimento desde a sua implantação, conforme pode ser visualizado na Figura 4. As plantas vem sendo monitoradas mensalmente quanto a sua dimensão Norte-Sul e Leste-Oeste, bem como quanto a seu comprimento. Conforme apresentado na Figura 5, no mês de Dezembro de 1999 (6 meses após plantio), as plantas já apresentavam um comprimento médio de 118 cm. A tabela 5 mostra as principais estatísticas dos critérios de crescimento.

Tabela 5- Estatísticas de crescimento da *Atriplex Nummulária* em Morro Vermelho, SE

Data	média			desvio padrão			máximo			mínimo		
	Altura	N-S	L-O	Altura	N-S	L-O	Altura	N-S	L-O	Altura	N-S	L-O
21/05/99	1500	500	700									
18/11/99	9628	6076	5939	1759	1650	1760	15500	14400	14300	5000	4000	3000
18/12/99	10134	6543	6369	1832	1712	1815	16100	15400	15000	5600	4300	3400
04/01/00	11424	9760	9767	1644	2423	2477	8600	22000	22300	8600	6000	7000
30/01/00	11797	10474	10060	1767	2331	1966	8200	22000	21000	8200	6000	3700

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas da região em estudo apresentam, em geral, elevados teores de sais dissolvidos, com condutividade elétrica variando de 0,71 a 20 dS/m. Caracterizam-se como águas salobras de baixa ou nenhuma potencialidade para usos convencionais diretos.

A partir da caracterização físico-química destas águas, conclui-se que a salinidade das mesmas é em grande parte explicada pela presença dos íons Cl^- e Na^+ , em elevadas concentrações, apresentando coeficientes de determinação de 0,9615 e 0,9595, respectivamente (quando se relaciona tais concentrações com a condutividade elétrica).

A partir do levantamento da área, pode-se observar que o solo apresenta nível de condutividade elétrica médio de 6,03 dS/m, conferindo-lhe caráter salino de origem natural.

Os altos teores de areia presentes no perfil de solo nas profundidades de 30, 60, 90 e 120 cm, atribuem a esta área boa drenabilidade natural e mediano valor de condutividade hidráulica.

A premente necessidade de instalação de unidades dessalinizadoras na região semi-árida nordestina tem acarretado uma crescente preocupação, no que diz respeito ao alto volume de efluentes salobros gerados durante o processo de dessalinização. Estes efluentes, com alto risco de produzir degradação ambiental, podem ser utilizados na geração de bancos de proteína vegetal e animal, a partir da irrigação de culturas halófitas conforme apresentado neste artigo.

AGRADECIMENTOS:

Ao CNPq, CHESF e SUDENE, pelo apoio financeiro a este projeto. Especial agradecimento às Professoras Lady Mary Caraciollo e Rejane Galindo, do Departamento

de Biologia da UFRPE, pelo fornecimento das mudas de *Atriplex* e pelas recomendações. Finalmente, um reconhecimento à dedicação do Prof. Jaime Cabral (DEC/UFPE), sem a qual este estudo não teria sido viabilizado.

BIBLIOGRAFIA

- Saxton, K.E., W.J.Rawls, J.S. Romberger, e R.I. Papendick (1986)- Estimating Generalized Soil-water Characteristics from Texture. *Soil Sci.Society American Journal*, Vol 50:1031-1036
- Gonzaga, L. S. J, Raj. H. G, e Francismar. J. M (1999). Composição Química de Águas do Cristalino do Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v 3, n1, p 11-17.
- Leite, C.E.S., (1997). O Potencial de Água subterrânea do Semi-Árido Brasileiro. *1º Simpósio Sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro*, p 35-45. Petrolina, Pernambuco, Brasil.
- Porto, E. R, Amorim, M. C. Com, Araújo, O J, e Silva Júnior, L. G. A (1997) Aproveitamento dos Rejeitos da dessalinização. *1º Simpósio Sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro*, p 51-57. Petrolina, Pernambuco, Brasil.