

Uso de Água Subterrânea Salina em Halófitas no Semi-árido Nordestino

Abelardo Antônio de Assunção Montenegro

Departamento de Tecnologia Rural/Área Recursos Hídricos/Universidade Federal Rural de Pernambuco
monte@hotlink.com.br

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Departamento de Engenharia Civil/Centro de Tecnologia/Universidade Federal de Pernambuco

Isabel Marinho

Instituto Xingó; Coordenação de Recursos Hídricos

Vicente de Paula Silva

Departamento de Tecnologia Rural/Área Recursos Hídricos/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Auro Andrade e José Gomes da Silva

Instituto Xingó

Recebido: 12/01 - revisão: 06/02 - aceito: 04/03

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, na Unidade-Piloto de Morro Vermelho-SE. Em particular, são apresentados dados de reuso de rejeitos de dessalinizadores, estes últimos instalados pelos Estados e pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas). Os rejeitos dos dessalinizadores vêm sendo utilizados para cultivo de plantas que absorvem sal, ou halófitas (*Atriplex nummularia*), implantadas em área de solo salino, e irrigada com água de condutividade elétrica média de 26 dS.m⁻¹. Avaliou-se a evapotranspiração real da cultura, obtendo-se máximo coeficiente de cultura de 1,03. Após a poda, a recuperação física da cultura foi rápida, retomando a altura anterior em 3 meses, sugerindo que até quatro podas anuais são possíveis, incrementando o benefício econômico do aproveitamento dos rejeitos dos dessalinizadores. O aproveitamento dos rejeitos é de fundamental importância do ponto de vista ambiental, evitando a degradação dos recursos hídricos e do solo.

Palavras-chave: semi-árido; balanço hídrico; halófitas.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas do semi-árido nordestino são, via regra, salinas, requerendo tratamento antes de sua utilização para abastecimento humano, dessedentação animal, e irrigação de culturas em geral. Valores de condutividade elétrica superiores a 5 dS.m⁻¹ limitam fortemente o uso dessas águas, requerendo-se metodologias que reduzam o seu conteúdo salino, dentre elas o tratamento com dessalinizadores de osmose reversa, em ampla disseminação na região. A utilização de tais dessalinizadores, entretanto, gera rejeitos com alta concentração de sais, capazes de degradar os cursos d'água e solo quando dispostos sem controle. Faz-se necessário assim, a adoção de técnicas de gestão de tais rejeitos, que protejam o meio ambiente.

As plantas halófitas são consideradas culturas com alto potencial de desenvolvimento em ambientes salinos e sob

irrigação (Mudie, 1974; Glenn et al., 1991; Miyamoto et al., 1996), constituindo-se em alternativa para recuperação de áreas degradadas, devido ao seu mecanismo de extração de sais do solo (Squires e Ayoub, 1994). As halófitas crescem com irrigação limitada, mesmo com água salina, podendo remover sais solúveis numa razão entre 5 a 10 toneladas por hectare, anualmente (Miyamoto et al., 1996). Em experimento com rejeitos de dessalinizadores em Petrolina-PE, Porto et al. (2001) avaliaram taxas de absorção de sais pela *Atriplex nummularia* em cerca de 1,15 toneladas/hectares/ano.

Desse modo, a utilização do rejeito dos dessalinizadores para irrigação de halófitas representa importante alternativa de gestão integrada dos recursos hídricos subterrâneos do semi-árido, inclusive agregando valor econômico ao sistema de dessalinização, face às características forrageiras de algumas halófitas para bovinos e caprinos (Cabral, 1998). Um dos fatores que restringem o cultivo de halófitas sob irriga-

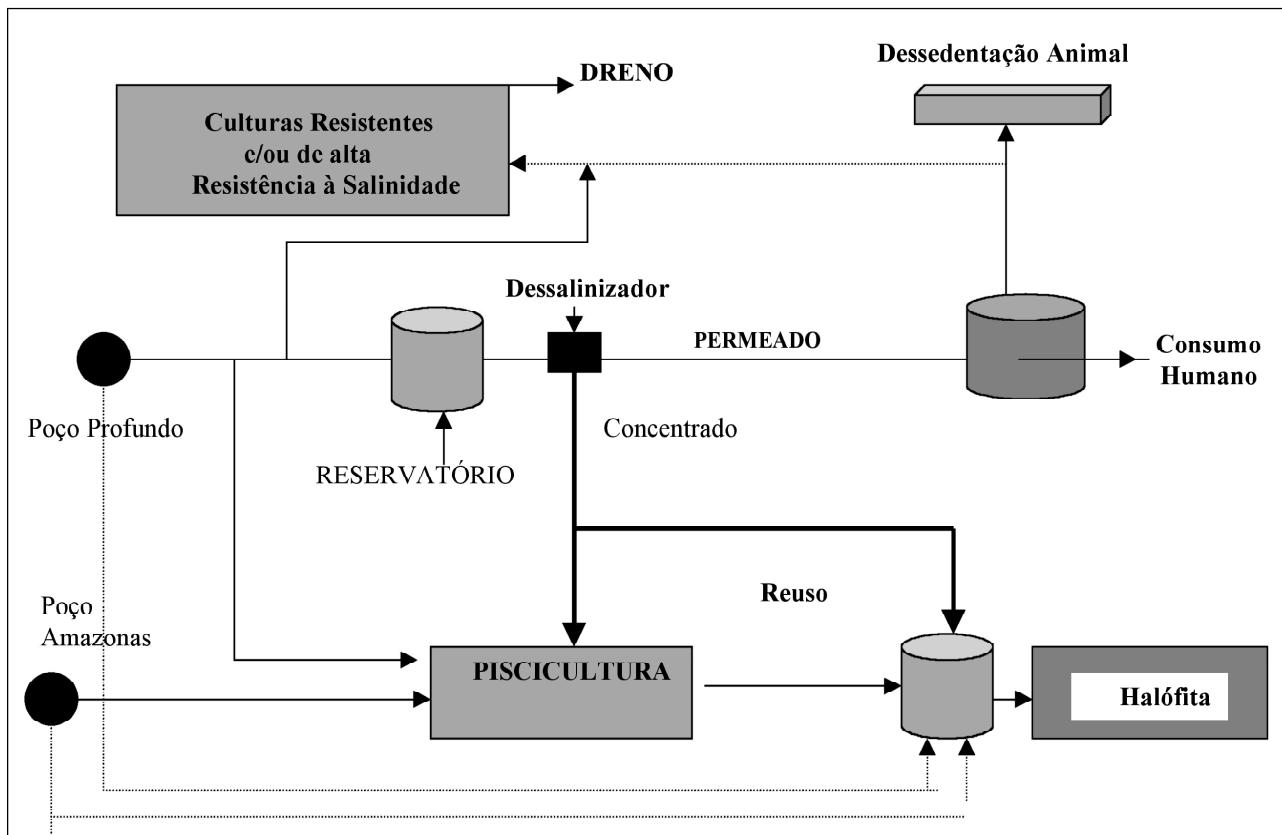


Figura 1. Uso múltiplo de água salina e disposição controlada de rejeito salobro no solo.

ção com água salina é o limitado conhecimento da tolerância aos sais e o consumo hídrico destas culturas, em particular no semi-árido do Nordeste do Brasil. Tais parâmetros são essenciais para o dimensionamento das taxas de aplicação dos rejeitos ao solo. Porto et al. (2001), utilizando irrigação por sulcos em halófitas da espécie *Atriplex nummularia* (vulgarmente conhecida como “erva-sal”), com água de rejeito de dessalinizador com $11,38 \text{ dS.m}^{-1}$, verificaram adequado desenvolvimento da cultura durante doze meses de monitoramento, em Petrolina, Pernambuco. Todavia, conforme destacado por aqueles autores, não há informações sobre o comportamento da *Atriplex nummularia* quando irrigadas com rejeitos de condutividade elétrica superiores a 20 dS m^{-1} .

Áreas-piloto de uso múltiplo de recursos hídricos foram implantadas no domínio do Programa Xingó (projeto de pesquisa e extensão no semi-árido do vale do São Francisco), dispondo de unidades de dessalinização de água por osmose reversa, estas últimas instaladas pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras contra as secas). Conforme destacado por Montenegro et al. (2000), as águas subterrâneas do domínio do Programa Xingó são cloretadas sódicas, com condutividade elétrica variando entre 1 e 29 dS/m . Uma destas áreas está localizada no município de Poço Redondo, Estado de Sergipe, a aproximadamente 30 km do Rio São Francisco, e vem sendo utilizada como unidade piloto de pesquisa.

Além da utilização na irrigação de *Atriplex nummularia*, as águas salobras da Unidade de Uso Múltiplo já vêm sendo utilizadas para a piscicultura e carcinocultura. A irrigação da *Atriplex nummularia* com rejeito de condutividade elétrica superior a 20 dS m^{-1} é discutida neste artigo, constituindo-se em alternativa para disposição controlada dos mesmos nos solos rasos do semi-árido nordestino.

MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo detalha experimento conduzido na Unidade de Uso Múltiplo de Morro Vermelho, município de Poço Redondo, extremo noroeste do Estado de Sergipe, microrregião homogênea do Sertão do São Francisco. Segundo Köppen, o clima da sub-área é do tipo 3 aTh- mediterrâneo quente, de seca acentuada no verão. O índice xerotérmico oscila entre 100 e 150, com 7 a 8 meses considerados mais secos. Em posto pluviométrico situado a aproximadamente 30 km a nordeste da área em estudo, a precipitação pluviométrica anual média é de 533,7 mm, para um período de observação de 23 anos. No que concerne às temperaturas médias do ar, a área está compreendida entre as isotermas 25°C e 26°C para a temperatura média anual, com média das temperaturas mínimas mensais entre 18°C e 22°C , e das máximas mensais compreendidas entre 28°C e 34°C (Barbosa, 1998).

Segundo Disney (1989) predominam na área solos transitórios rasos, média do perfil de 60 cm, com horizonte A moderado matiz vermelho-amarelo, areno-argiloso, seguido de horizonte B textural contendo plintita e camada regolítica C precedida de horizonte argilo-siltoso compacto quando seco, podendo-se assim enquadrar-se como Luvisolo transitório. A vegetação é do tipo caatinga, com predominância de caducifólia.

Os recursos hídricos disponíveis são essencialmente subterrâneos, dispondo-se na área de poço tubular de 60 m de profundidade para captação de água do cristalino, com vazão média de 1,7 m³/h, bem como de poço Amazonas localizado no leito de riacho próximo (riacho Jacaré), a jusante da área experimental (vazão média do poço de 153 l/h). As águas subterrâneas de cristalino são dessalinizadas em unidade de osmose reversa instalada pelo DNOCS, com o objetivo de atender ao consumo humano e à dessedentação animal. Uso múltiplo em área piloto foi implantado por Montenegro et al. (2000), visando utilização racional dos recursos hídricos, bem como redução de impactos ambientais resultantes da disposição indiscriminada no solo de rejeitos do dessalinizador. A Figura 1 apresenta a concepção adotada, devendo-se destacar a unidade de irrigação de halófitas, com sistema de irrigação localizada do tipo “xique-xique” em microbacias, e com coeficiente de uniformidade de 71%. O espaçamento adotado entre plantas foi de 5 m x 5 m.

O solo da unidade de halófitas de Morro Vermelho vem sendo amostrado periodicamente na profundidade de 30 cm, e nas microbacias onde se localizam as culturas. A salinidade do solo é avaliada através da condutividade elétrica do extrato de saturação, conforme metodologia sugerida pela EMBRAPA (1997). O impedimento rochoso situa-se, em média, a aproximadamente 60 cm de profundidade, com o terreno apresentando leve declive de 1,80%, em direção ao riacho Jacaré. Tal profundidade limita o desenvolvimento da raiz da cultura na direção vertical.

A Figura 2 apresenta a caracterização das águas da Unidade. A irrigação da *Atriplex* com o rejeito salino se dá a cada dois dias, durante 30 minutos, em média. Utilizando-se sistema de irrigação tipo xique-xique, em microbacias, não é gerado defluvio de superfície. A evaporação na unidade vem sendo monitorada através de Tanque Classe A, instalado em fevereiro de 2001. O tanque está instalado em solo nu, com bordadura de 1 metro. Com base na umidade relativa média da área e ventos moderados, pode-se adotar coeficiente do tanque Kt de 0,75 (Barbosa, 1998). Duas estações tensiométricas foram instaladas na unidade de *Atriplex*, utilizando manômetros de mercúrio, com profundidades de monitoramento de 20 cm, 40 cm e 60 cm. A estação 1 está situada na cota 215,84 m, enquanto a estação 2, a montante da anterior, está na cota 216,26 m. As estações distam entre si 31,5 metros. As leituras foram realizadas diariamente, com o objetivo de caracterizar o perfil de umidade e os potenciais totais da água no solo, e assim

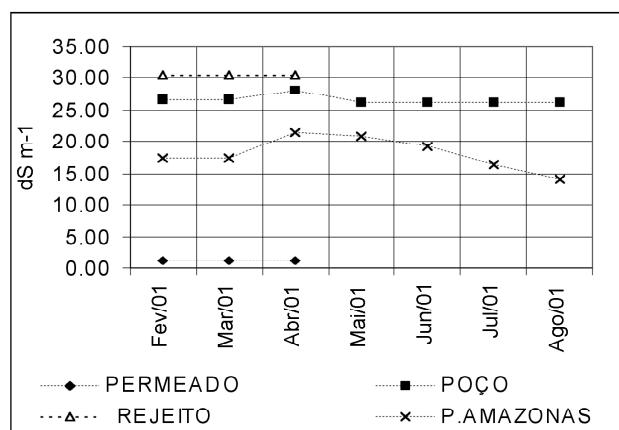


Figura 2. Qualidade da água do poço profundo, do rejeito e do permeado, bem como do poço tipo Amazonas.

permitir avaliação do balanço hídrico da camada de solo ocupada pela vegetação.

As estações tensiométricas foram constituídas de tensiômetros de PVC com cápsula de porcelana em sua extremidade, interligados por capilares a manômetros de mercúrio, apresentando cubeta aberta para a atmosfera. As leituras de tensão em tais dispositivos são confiáveis para tensões inferiores a 0,8 atm (atmosferas), a partir da qual pode ocorrer entrada de ar no sistema (Reichardt, 1985). Os tensiômetros também permitem avaliar possível ocorrência de saturação no perfil do solo. Tal saturação é indesejável tanto do ponto de vista agronômico, à medida que reduz a aeração na zona radicular, quanto do ponto de vista hidrológico, por permitir a ocorrência de altas lixiviações dos resíduos salobros. A Figura 3 ilustra a irrigação da *Atriplex* e uma das estações tensiométricas.

As características físicas texturais do solo foram avaliadas em laboratório (Tabela 1), separando-se primeiramente a fração areia por peneiramento e com as frações de argila e silte sendo determinadas por sedimentação, após dispersão com hexametafosfato de sódio, utilizando-se o método da pipeta (Loveland e Whalley, 1991). O solo tem teor médio de areia de 71% (desvio-padrão de 8,6%), apresentando porosidade total média de 0,55 cm³/cm³, medida pelo método do torrão (EMBRAPA, 1997). As características de retenção de água no solo foram avaliadas indiretamente, utilizando-se a metodologia de Saxton (Saxton et al., 1986) e de Rawls et al. (1982). Estas metodologias, embora desenvolvidas para os solos dos Estados Unidos, têm sido utilizadas com relativo sucesso em solos do semi-árido brasileiro (Montenegro e Montenegro, 1997), bem como nos solos tropicais da Amazônia (Tomasella e Hodnett, 1997). Com base nas leituras tensiométricas diárias, agrupadas em períodos de 5 dias, avaliou-se o potencial total de água no solo, assumindo-se desprezível o gradiente osmótico ao longo do perfil. Esta hipótese tem sido adotada com freqüência na literatura, utilizando-se os dados de potencial osmótico apenas nas funções de extração de água pelas plantas (Cardon e



Figura 3. Disposição controlada de rejeitos do dessalinizador através de irrigação Xique-Xique.

Tabela 1. Características físicas de camadas do solo nas estações de monitoramento.

Estação	Camada	Amostra	Funções principais		
			Argila %	Silte %	Arcia %
1	(0 - 15 cm)	1	27,9	6,9	65,2
1	(15 - 30 cm)	2	29,4	7,4	63,2
1	(30 - 45 cm)	3	29,9	7,0	63,1
2	(0 - 15 cm)	4	23,6	8,4	68,0
2	(15 - 30 cm)	5	22,2	7,1	70,7
2	(30 - 45 cm)	6	23,0	7,8	69,2

Letey, 1992; Nimah e Hanks, 1973). A partir dos potenciais totais e utilizando-se a função de Brooks e Corey com parâmetros de Saxton et al. (1986), os conteúdos de umidade do solo nos dois perfis foram estimados, para um período de monitoramento de 20/02/2001 (quando a planta sofreu sua primeira poda visando produção de estacas e manutenção de seu equilíbrio), até 28/08/2001.

A curva característica do solo parametrizada segundo a função de Brooks e Corey (1964) pode ser expressa por:

$$\psi = \psi_e [(\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r)]^{(-1/\lambda)} \quad (1)$$

onde ψ representa o potencial de água no solo, θ é a umidade volumétrica e λ o índice de poros, com os subscritos r e s denotando valores residuais e na saturação, respectivamente (Saxton et al., 1986).

Na estimativa das umidades, utilizou-se também a função de Van Genuchten (1980), com parâmetros avaliados por Rawls et al. (1982), dado por:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + |\alpha\psi|^n)^m} \quad (2)$$

onde α , n e m são parâmetros.

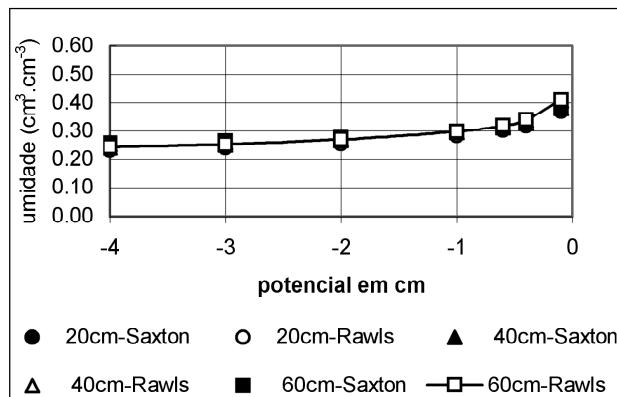


Figura 4. Curva característica do perfil da Estação tensiométrica 1 (E1).

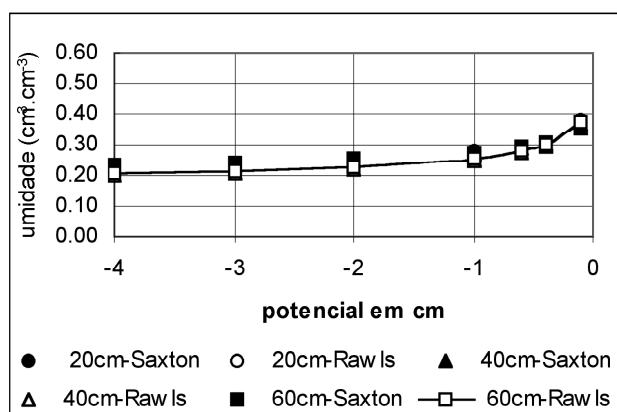


Figura 5. Curva característica do perfil da Estação tensiométrica 2 (E2).

As Figuras 4 e 5 apresentam as curvas características do solo, no ramo úmido para tensões inferiores a 400 cm.

A partir da equação do balanço hídrico (Ritzema, 1994), a evapotranspiração real da halófita ETR foi estimada, segundo a equação simplificada:

$$ETR = P + I - \Delta Z \quad (3)$$

onde P e I representam a pluviometria e a lâmina de irrigação, respectivamente, e ΔZ indica a variação de lâmina d'água no perfil do solo, assumindo-se desprezíveis a percolação profunda e o escoamento superficial. Todos os termos da Equação (3) estão expressos em unidade de comprimento, por exemplo, milímetros.

O balanço hídrico nas duas estações tensiométricas foi avaliado de modo independente e agrupando-se os dados disponíveis em subperíodos de 15 dias, como sugerido por Antonino et al. (2000).

De modo a avaliar o nível de estresse hidrossalino da *Atriplex*, estimou-se o coeficiente cultura (K_c) através da relação entre a evapotranspiração real avaliada através da Equação (3) e a evapotranspiração de referência ETo medida no Tanque Classe "A". Doorenbos e Kassam (1979) apre-

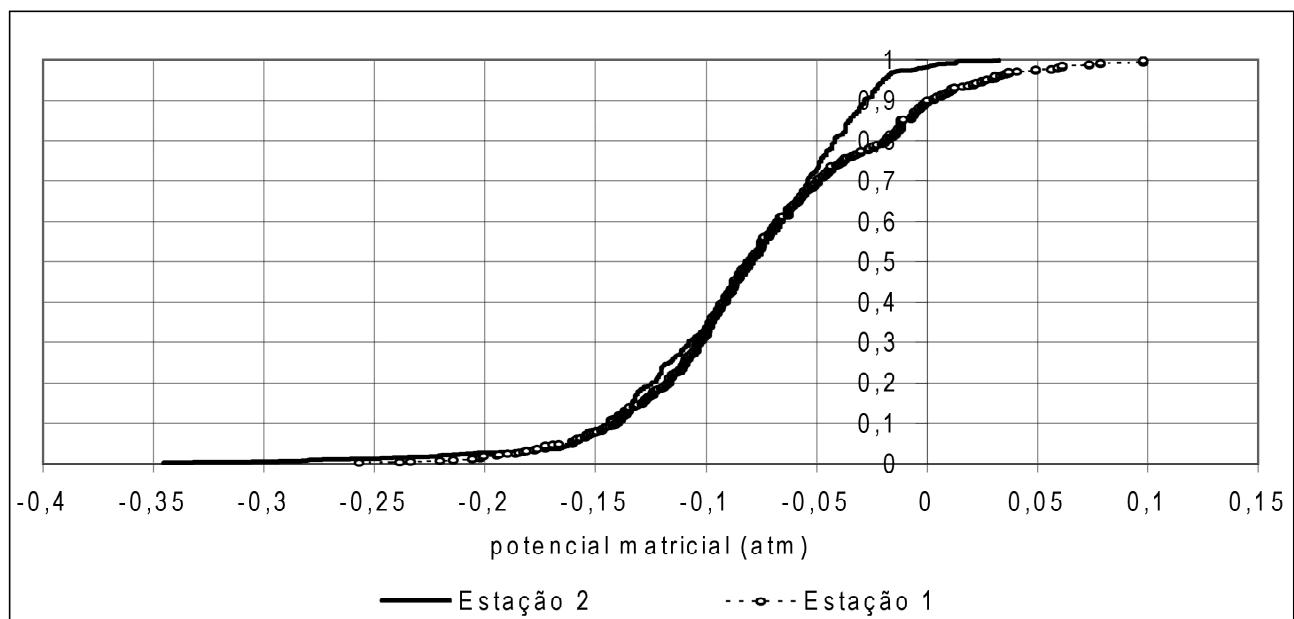


Figura 6. Distribuição acumulada de freqüência dos potenciais matriciais a 20 cm, 40 cm, e 60 cm de profundidade, nas estações 1 e 2 (medidas diárias).

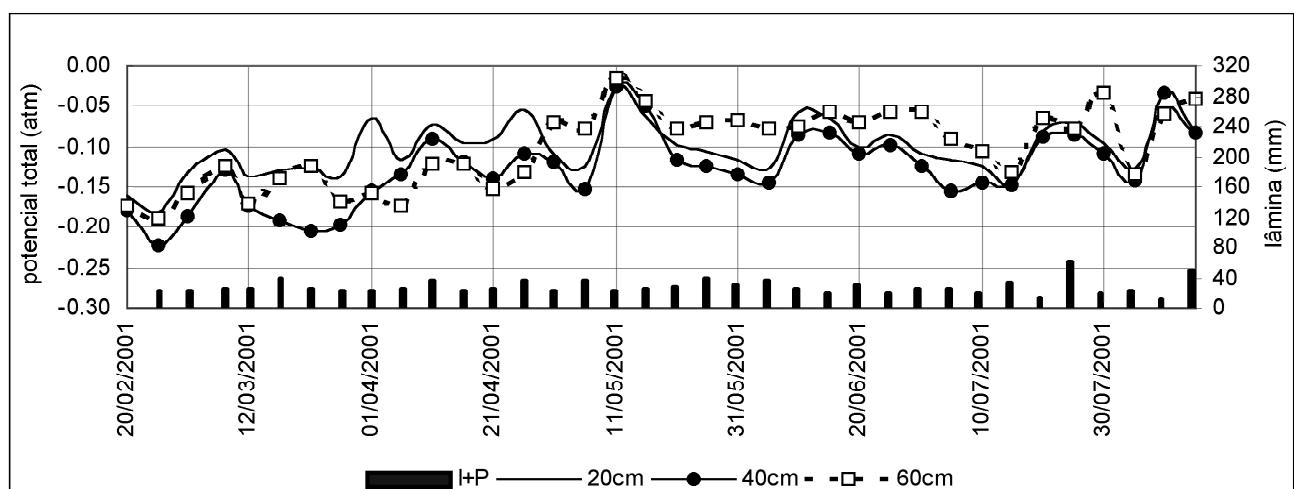


Figura 7. Distribuição de potencial total médio nas profundidades 20 cm, 40 cm, 60 cm, na estação 1, para subperiódicos de 5 dias (I + P) representa a soma da lâmina de irrigação e da precipitação).

sentam valores de Kc para diversas culturas e estádios de desenvolvimento. Para a *Atriplex*, poder-se-ia adotar valores de Kc iguais à unidade, de leguminosas em pleno estádio de desenvolvimento, e na ausência de estresse hídrico. Esta hipótese será avaliada nas seções seguintes.

As plantas de *Atriplex* foram monitoradas mensalmente, medindo-se os seus comprimentos Norte-Sul e Leste-Oeste, além de sua altura.

A irrigação da *Atriplex* foi realizada com rejeito salino, sem mistura, cuja condutividade elétrica está apresentada na Figura 2. Entretanto, devido a problemas de funcionamento do dessalinizador, as irrigações a partir de 09/03/2001 foram realizadas com água bruta do poço de cristalino, também sem mistura.

Para avaliação do teor de água das folhas da *Atriplex nummularia*, pesou-se o material verde e, após secagem em estufa por 24 horas, pesou-se novamente. A diferença entre pesos equivale à massa de água contida nas folhas, de fundamental importância para seu uso como forragem. Porto e Araújo (1999) avaliaram um teor de matéria seca de 30,7% na *Atriplex nummularia*, quando irrigada com água com 11,38 dS m⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 mostra a distribuição de freqüência dos potenciais totais no solo nas profundidades de 20 cm, 40 cm, e 60 cm. De um modo geral, ambas as estações apresentam

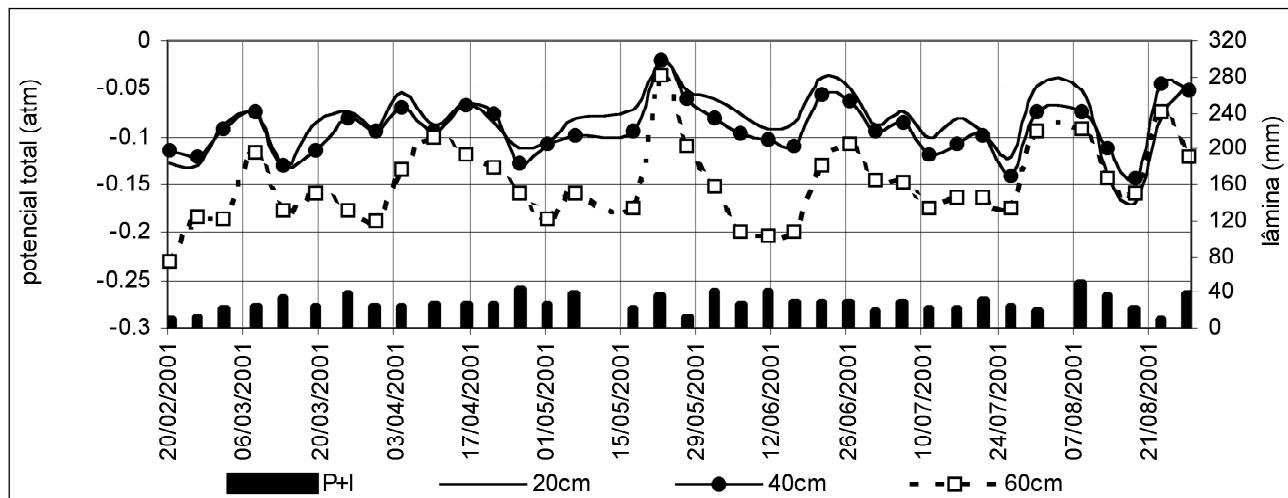


Figura 8. Distribuição de potencial total médio nas profundidades 20 cm, 40 cm, 60 cm, na estação 2, para subperíodos de 5 dias ((I + P) representa a soma da lâmina de irrigação e da precipitação).

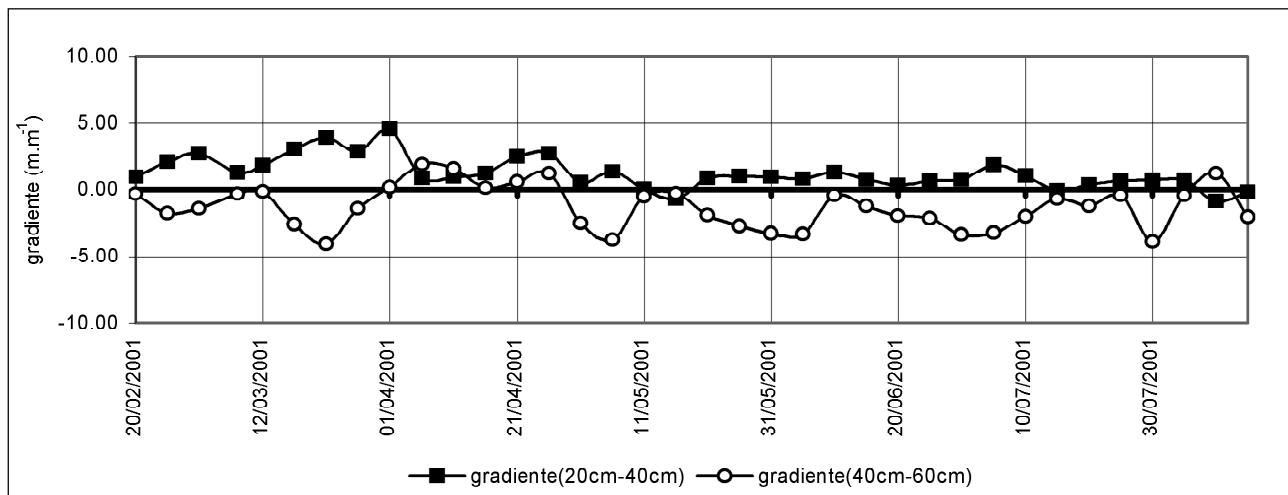


Figura 9. Distribuição dos gradientes hidráulicos médios na estação 1, para subperíodos de 5 dias.

potenciais matriciais menores que zero e superiores a -0,2 atm, com alguns eventos de saturação. A estação 1 apresentou mais eventos de saturação que a Estação 2, provavelmente por se situar em cota inferior e a jusante desta última. Com efeito, as freqüências de excedência da tensão zero foram de 10% e 2% para as estações 1 e 2, respectivamente. Por outro lado, 98,1% e 97,5% dos eventos apresentaram potencial matricial superior a -0,2 atm, para as estações 1 e 2 respectivamente. Desse modo, pode-se assumir desprezível a ocorrência de estresse hídrico na *Atriplex* como resultado da tensão matricial, seja por excesso, ou por deficiência hídrica.

As Figuras 7 e 8 apresentam a distribuição temporal do potencial total, nas estações 1 e 2, respectivamente. Os resultados foram obtidos agrupando-se as leituras diárias em subperíodos de cinco dias.

Comparando-se as Figuras 7 e 8 pode-se notar o comportamento distinto da tensão total na camada 60 cm, entre

as duas estações. Com efeito, a tensão total a 60 cm, medida em relação à superfície do terreno nas duas estações, apresenta uma tendência de maiores valores na estação 2, quando comparada com as camadas de 20 cm e 40 cm. Este comportamento tende a se inverter na estação 1, em particular para períodos posteriores a 01 de Maio. As Figuras 9 e 10 apresentam os gradientes hidráulicos entre as camadas de 20 cm, 40 cm e 60 cm. Os gradientes foram calculados adotando-se o sentido ascendente como positivo. Pode-se notar que o perfil da estação 1 tende a apresentar plano de fluxo zero, próximo a 40 cm, enquanto a estação 2 apresenta perfil essencialmente drenante. Utilizando-se as curvas características estimadas, a umidade média das duas estações pode ser avaliada, e consequentemente as lâminas totais no perfil (Figura 11), permitindo assim a aplicação da Equação (3). Agrupando-se os dados em períodos de 15 dias para estimativa de balanço hídrico, avaliou-se a evapotranspiração real da cultura a partir da Equação (3). A

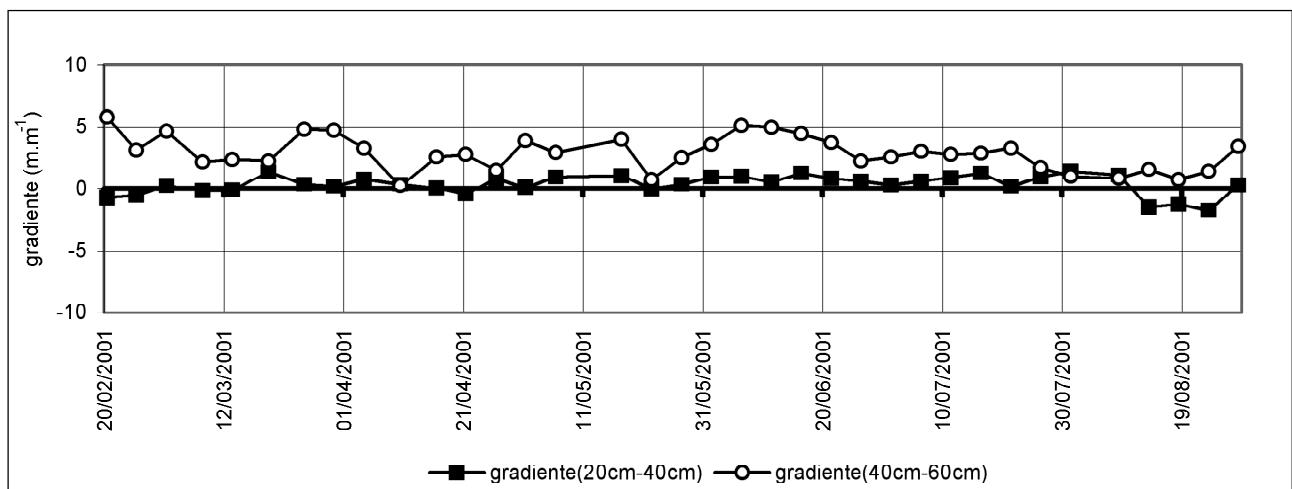


Figura 10. Distribuição dos gradientes hidráulicos médios na estação 2, para subperíodos de 5 dias.

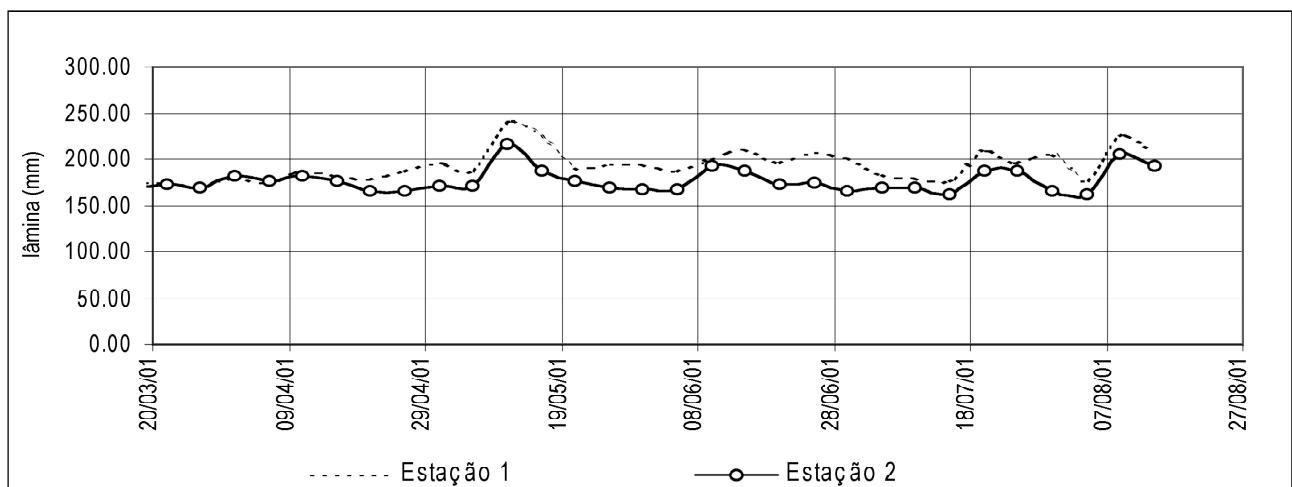


Figura 11. Distribuição de lâmina d'água total no perfil, para as estações 1 e 2.

Figura 12 apresenta os dados de precipitação e de irrigação nos subperíodos, e a Figura 13 apresenta os valores de variação de armazenamento e de evapotranspiração de referência.

Dividindo-se a ETR pelo valor de referência ET₀, estimado a partir das leituras no tanque, pode-se avaliar o coeficiente de cultivo K_c da cultura. A Figura 14 apresenta a distribuição de K_c no período estudado, desde a poda da cultura.

A Figura 15 apresenta os dados de crescimento da cultura, desde a sua implantação em Maio de 1999.

Os resultados da análise de massa seca estão apresentados por fileira de cultura, cada fileira com uma média de 14 plantas.

A média global do teor de matéria seca é de 31,07%, para as 101 plantas cultivadas, próximo ao encontrado por Porto e Araújo (1999).

Considerando-se os potenciais totais negativos na profundidade de 60 cm (ausência de marcante saturação) e o gradiente descendente entre 40 cm e 60 cm (tendência à ascensão capilar), pode-se concluir que eventos de lixiviação

vertical são de baixa a moderada magnitude próximo à estação 1. Entretanto, para a estação 2, embora os potenciais sejam em sua maioria negativos, o gradiente entre as profundidades de 40 cm e 60 cm se inverte. Tal fato pode estar relacionado ao grau de fraturamento do embasamento cristalino (que tende a aumentar próximo à estação 2), reduzindo a capacidade da camada de 60 cm em reter umidade.

Dinâmica hidrossalina

No início do experimento, a condutividade elétrica média do perfil de solo era 24,30 dS.m⁻¹, com desvio-padrão de 6,63 dS.m⁻¹. Ao final do período de observação, a salinidade média valia 25,48 dS.m⁻¹, com desvio-padrão 6,28. Aproximadamente 12 kg/m² de sal foi introduzido no solo, em cada microbacia, por irrigação, entre 14 de Fevereiro e 07 de Junho, provocando um incremento médio de 5% na condutividade elétrica do extrato saturado. A Figura 17 apresenta a distribui-

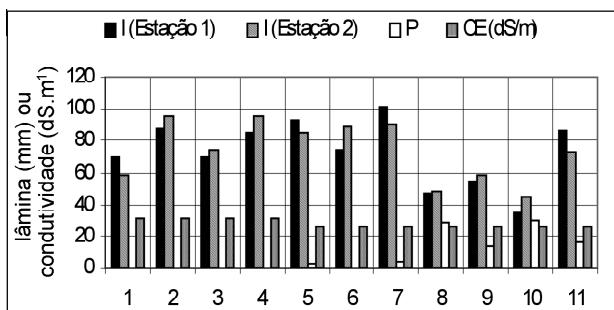


Figura 12. Lâminas de irrigação e precipitação, em mm; Condutividade elétrica da água de irrigação, em $dS.m^{-1}$.

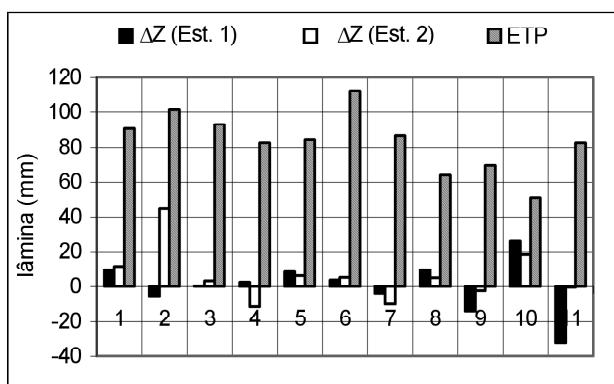


Figura 13. Variação de armazenamento e evapotranspiração de referência (mm).

ção da condutividade elétrica do extrato saturado do solo na área para tais meses, podendo-se observar o aumento da salinidade próximo às plantas (situadas em espaçamentos regulares de 5 m), bem como uma moderada dispersão lateral de sais. Não se observa condutividades superiores a 40 $dS.m^{-1}$. Cabral (1998) cita que as halófitas do gênero *Atriplex* podem absorver entre 5 a 10 toneladas/hectare/ano de sais solúveis no solo, em áreas degradadas por salinização. Porto et al. (2001), utilizando irrigação por inundação, avaliaram a absorção de sais pela halófita em 1,15 toneladas/hectare/ano.

Considerando que as aplicações de sais são aqui realizadas de modo localizado, e tendo em vista a profundidade da zona radicular da halófita, faz-se necessária uma revisão das taxas de absorção de sais pela *Atriplex*. Com efeito, a máxima variação em concentração nas microbacias foi de 11,46 $dS.m^{-1}$, ou aproximadamente 7,33 g/l, entre 14 de Fevereiro e 07 de Junho (período sem chuvas). Considerando uma camada efetiva de solo de 60 cm e tomando-se a porosidade total do solo, a máxima variação de massa no solo foi da ordem de apenas 2.42 kg/m², durante 114 dias.

CONCLUSÕES

O estudo apresentou uma análise da irrigação de *Atriplex nummularia* com rejeito salino oriundo de dessalini-

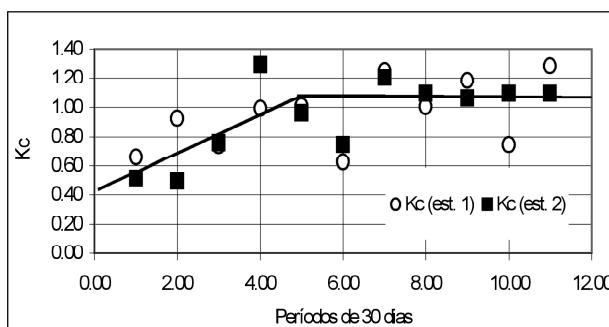


Figura 14. Coeficiente de cultura Kc, estimado independentemente para as estações 1 e 2.

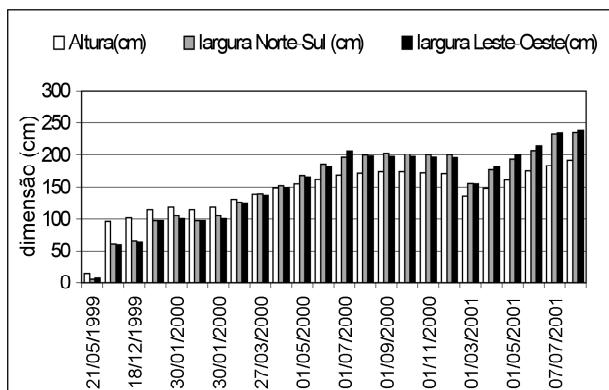


Figura 15. Crescimento da *Atriplex nummularia* em Poço Redondo-SE (altura e larguras nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste).

zador de osmose reversa em solo do semi-árido, na Unidade Demonstrativa de Poço Redondo, Sergipe, e no âmbito do Programa Xingo. As análises procedidas referem-se à tolerância aos sais e consumo hídrico dessas culturas, tendo-se monitorado a distribuição de tensões no perfil de solo e de condutividades elétricas do extrato saturado.

Os resultados demonstram que a irrigação vem seguindo, em ordem de grandeza, a evapotranspiração da *Atriplex*, sem acarretar saturação do perfil de solo e sem produzir lixiviações significativas. Em média, para as duas estações monitoradas, 97,80% das medidas tensiométricas apresentaram potencial matricial superior a -0,20 atm, não tendo ocorrido estresse hídrico na *Atriplex* durante o experimento.

Embora a irrigação com rejeito salino represente inviávelmente a introdução de sais no solo, verifica-se que para as condições do experimento, o incremento de salinidade próximo às plantas foi significativamente inferior à massa de sal introduzida, ressaltando a elevada taxa de absorção pela *Atriplex* durante o estudo.

A metodologia utilizada possibilitou verificar que a *Atriplex nummularia* apresenta adequado desenvolvimento, com coeficiente de cultura máximo de 1,03, quando irrigada com água de salinidade de 26 $dS.m^{-1}$. Após a poda, a recupe-

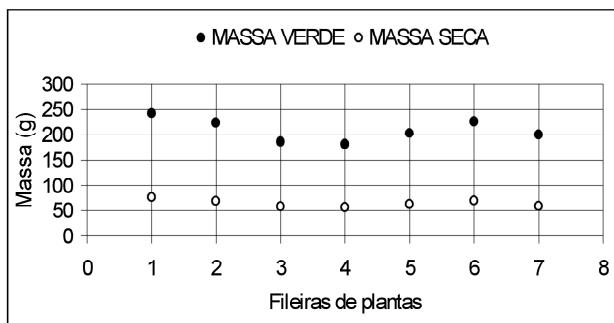


Figura 16. Massa da matéria verde e da matéria seca das folhas da *Atriplex nummularia*.

ração física da cultura foi rápida, retomando a altura atingida antes da poda em 3 meses, sugerindo que até quatro podas anuais são possíveis.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CHESF e SUDENE, pelo apoio financeiro, e ao Programa Xingó. Especial agradecimento às Professoras Lady Mary Caraciollo e Rejane Galindo, da UFRPE, pelo fornecimento das mudas de *Atriplex* e pelas recomendações. Finalmente, um reconhecimento ao Dr. Moisés Aguiar, Coordenador Geral do Programa Xingó, sem o qual este estudo não teria sido viabilizado.

REFERÊNCIAS

- ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DALL'OLIO, A. e SALCEDO, I. H. (2000). Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(1), p. 29-34.
- BARBOSA, E. P. (1998). Relatório informativo sobre os perímetros irrigados de Sergipe COHIDRO. Aracaju, SE, 45 p.
- BROOKS, R. H. & COREY, A. T (1964). Hydraulic properties of porous media. *Hydrology Papers*. 3, Colorado State University, Fort Collins, Co. USA.
- CABRAL, C. D. (1998). *Dinâmica da salinidade no sistema solo-planta sob cultivo de Atriplex spp.* Dissertação de Mestrado UFRPE. Ciências do Solo. Recife, PE, 80 p.
- CARDON, G. E. & LETEY, J. (1992). Soil-based irrigation and salinity management model: II. Water and solute movement calculations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, p. 1887-1892.
- DISNEY, W. (1989). Manual de manejo de solo e água para os perímetros irrigados do estado de Sergipe. ENCO/TAHAL - Estudos Básicos, Tomo I. Aracaju, SE, 48 p.
- DOORENBOS, J & KASSAM, A. H. (1979). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma, Estudios FAO: Riego y Drenaje, 33, 193 p.
- EMBRAPA (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. Brasília: EMBRAPA, 212 p.
- GLENN, E. P.; O'LEARY, J. W.; WATSON, M. C.; THOMPSON, T. L. & KUEHL, R. O. (1991). *Salicornia bigelovii* Torr.: an oilseed halophyte for seawater irrigation
- Science, 251: p. 1065-1067.
- LOVELAND, P. J. & WHALLEY, R. W. (1991). Particle size analysis. In: Smith, K. A. & Mullins, C. E. (ed.). *Soil Analysis-Physical methods*. New York: Marcel Dekker, Inc, cap. 6, p. 271-328.
- MIYAMOTO, S.; GLENN, E. P. & OLSEN, M. W. (1996). Growth, water use and salt uptake of four halophytes irrigated with highly saline water. *Journal of Arid Environments*, 32: 141-159.
- MONTENEGRO, S. e MONTENEGRO, A. (1997). Uso de funções de transferência hidropedológica em uma área irrigada do estado de Pernambuco visando aplicação em modelagem espacial estocástica. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES, Brasil. *Anais 1*, p. 395-402.
- MONTENEGRO, A.; MONTENEGRO, S.; SILVA, V. P., MARINHO, I.; SILVA, J. G.; BEZERRA, R. e BARROS, M. K. (2000). Uso múltiplo da água subterrânea nas áreas de domínio do Programa Xingó, com ênfase no desenvolvimento de Halófitas. In: I Congresso Mundial de Águas Subterrâneas, Fortaleza, CE. *Anais*, CD-ROM Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.
- MUDIE, P. J. (1974). The potential economic uses of halophytes. In: Reimold, R. J. e Queen, W. H. (ed), *Ecology of Halophytes*, p. 565- 597. New York: Academic Press. 605 p.
- NIMMAH, M. N. & HANKS, R. J. (1973). Model for estimating soil water, plant, and atmospheric interrelations: I. Description and sensitivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37, p. 522-527.
- PORTO, E. R. e ARAÚJO, G. G. L. (1999). *Erva-sal, instruções técnicas da EMBRAPA semi-árido*, 22, Petrolina, PE. 25 p.
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. e SILVA JÚNIOR, L. G. de A. (2001). Uso de rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex Nummularia*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(1), p. 111-114.
- RAWLS, W. J.; BRAKENSIEK, D. L. & SAXTON, K. E. (1982). Estimation of soil water properties *transactions of ASAE* 25, p. 1316-1320.
- REICHARDT, K. (1985). *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Fundação Cargill, 4º edição. Piracicaba, 445 p.
- RITZEMA, H. P. (1994). *Drainage principles and applications*. ILRI Pub. 16, Holanda, 1107 p.

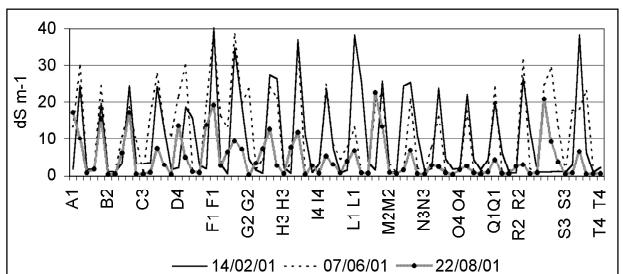


Figura 17. Distribuição da condutividade elétrica do extrato saturado durante o período de monitoramento (amostras de 0 a 30 cm).

GLENN, E. P.; O'LEARY, J. W.; WATSON, M. C.; THOMPSON, T. L. & KUEHL, R. O. (1991). *Salicornia bigelovii* Torr.: an oilseed halophyte for seawater irrigation, *Science*, 251: p. 1065-1067.

LOVELAND, P. J. & WHALLEY, R. W. (1991). Particle size analysis. In: Smith, K. A. & Mullins, C. E. (ed.). *Soil Analysis-Physical methods*. New York: Marcel Dekker, Inc, cap. 6, p. 271-328.

MIYAMOTO, S.; GLENN, E. P. & OLSEN, M. W. (1996). Growth, water use and salt uptake of four halophytes irrigated with highly saline water. *Journal of Arid Environments*, 32: 141-159.

MONTENEGRO, S. e MONTENEGRO, A. (1997). Uso de funções de transferência hidropedológica em uma área irrigada do estado de Pernambuco visando aplicação em modelagem espacial estocástica. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES, Brasil. *Anais 1*, p. 395-402.

MONTENEGRO, A.; MONTENEGRO, S.; SILVA, V. P., MARINHO, I.; SILVA, J. G.; BEZERRA, R. e BARROS, M. K. (2000). Uso múltiplo da água subterrânea nas áreas de domínio do Programa Xingó, com ênfase no desenvolvimento de Halófitas. In: I Congresso Mundial de Águas Subterrâneas, Fortaleza, CE. *Anais*, CD-ROM Associação Brasileira de Águas Subterrâneas.

MUDIE, P. J. (1974). The potential economic uses of halophytes. In: Reimold, R. J. e Queen, W. H. (ed), *Ecology of Halophytes*, p. 565- 597. New York: Academic Press. 605 p.

NIMMAH, M. N. & HANKS, R. J. (1973). Model for estimating soil water, plant, and atmospheric interrelations: I. Description and sensitivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37, p. 522-527.

PORTO, E. R. e ARAÚJO, G. G. L. (1999). *Erva-sal, instruções técnicas da EMBRAPA semi-árido*, 22, Petrolina, PE. 25 p.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. e SILVA JÚNIOR, L. G. de A. (2001). Uso de rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex Nummularia*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(1), p. 111-114.

RAWLS, W. J.; BRAKENSIEK, D. L. & SAXTON, K. E. (1982). Estimation of soil water properties *transactions of ASAE* 25, p. 1316-1320.

REICHARDT, K. (1985). *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Fundação Cargill, 4º edição. Piracicaba, 445 p.

RITZEMA, H. P. (1994). *Drainage principles and applications*. ILRI Pub. 16, Holanda, 1107 p.

- SAXTON, K. E.; RAWLS, W. J.; ROMBERGER, J. S. & PAPENDICK, R. I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, p. 1031-1036.
- SQUIRES, V. R. e AYOUB, A. (eds.) (1994). *Halophytes as a resource for livestock and for approach*. New York: McGraw-Hill. 481 p.
- TOMASELLA, J. & HODNETT, M. G. (1997). Estimating unsaturated hydraulic conductivity of Brazilian soils using soil-water retention data. *Soil Science*, 162(10), p. 703-712.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. (1980). A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. A. J.* 44, p. 892-898.

Saline Groundwater Use in Halophytes in the Northeastern Semi-arid

ABSTRACT

The Xingó Program has been undertaking studies in several subjects (water resources, education, tourism) for the economic development of the semi-arid zone of the São Francisco Basin, in the states of Pernambuco, Bahia, Sergipe and Alagoas. In particular, the project "Water Use and Efficiency in Rural Areas" has characterized the quality of groundwater in the fissured aquifer, which is the only medium available in the domain, and has made efforts to reuse highly saline water resources. Groundwater with an average electrical conductivity of 26 dS m⁻¹ has been used to irrigate halophytes (*Atriplex nummularia*) at the Morro Vermelho Pilot Station, in the state of Sergipe. Actual evapotranspiration was evaluated with a maximum crop coefficient of 1,03. The halophytes developed well, recovering physical development within three months after pruning. This result suggests that up to four prunings a year are feasible, increasing the economic benefit of saline water use. The reuse of effluents from desalination plants is essential for environmental protection, preventing water resources and soil degradation.

Key words: semi-arid; water budget; halophytes.