

EFEITO DO ESTRESSE SALINO SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL E O CRESCIMENTO DE MUDAS DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva*) CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA¹

Francisca Alcivânia de M. Silva², Rogério Melloni², José Romilson P. de Miranda² e Janice G. de Carvalho²

RESUMO: Com o objetivo de avaliar a resposta da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) a doses crescentes de NaCl, instalou-se, em casa de vegetação, um experimento em solução nutritiva de Hoagland & Arnon. O delineamento foi inteiramente casualizado com doses crescentes de NaCl (0, 50, 100, 150 e 200 mol m⁻³). Aos 77 dias de cultivo, as plantas foram colhidas e avaliaram-se o diâmetro do colo, a matéria seca da raiz, caule e folhas e nutrientes acumulados. Todas as variáveis de crescimento analisadas apresentaram relação inversa ao aumento das doses de NaCl. O mesmo foi observado com relação às quantidades acumuladas de N, P, K, Ca e Mg em todas as partes vegetais analisadas. Um aumento da quantidade acumulada de Na, sobretudo na raiz, foi observado, principalmente na primeira dose de sal. Os sintomas de toxidez de salinidade foram caracterizados. A aroeira não tolerou doses acima de 50 mol m⁻³ de NaCl, sugerindo que sua utilização em solos salinos é limitada e passível de mais estudos. O NaCl reduziu os índices de eficiência de utilização dos nutrientes, embora sua translocação não tenha sido alterada.

PALAVRAS-CHAVE: essência nativa, NaCl, salinidade.

EFFECT OF SALINE STRESS ON THE MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva*) IN NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: To evaluate the aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) response to salinity, an experiment in a completely randomized design was conducted in Hoagland & Arnon nutrient solution under greenhouse conditions. The treatments corresponded to increasing levels of NaCl (0, 50, 100, 150 and 200 mol m⁻³). Seventy-seven days after the beginning of the treatments, the plants were harvested and the stem diameter, the root, stem and leaf dry matters, and accumulated nutrients evaluated. All parameters presented inverse relation to increasing levels of salt. In all salt levels it was verified a decrease of N, P, K, Ca and Mg accumulated in root, stem and leaves, and an increase of Na accumulation, mainly in root at the first level of NaCl. Symptoms of salt toxicity were identified. Aroeira did not tolerate levels up to 50 mol m⁻³ of NaCl, indicating that its use is limited in saline soils and that additional studies about this subject are necessary. NaCl levels decreased the nutrient utilization indexes, although its translocation did not vary.

KEY-WORDS: NaCl, native tree specie, salinity.

1. INTRODUÇÃO

¹ Apresentado na XII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, em Fortaleza (CE), 1998.

² Departamento de Ciência do Solo/UFLA, CP 37, Lavras/MG, 37200-000, alcivania@hotmail.br; rmelloni@mtv.com.br.

Estima-se em 4 milhões de ha a extensão de terras afetadas por sais no Brasil (Szabolcs, 1989), as quais apresentam baixas produtividades agrícolas ou, mesmo, encontram-se fora do sistema produtivo. As atividades florestais poderiam possibilitar a utilização dessas áreas e certamente teriam reflexos diretos sobre a oferta de produtos de origem florestal na região nordeste e na pressão sobre a vegetação nativa, além de promoverem a recuperação dos solos degradados pela salinidade. Contudo, o sucesso dos reflorestamentos é dependente, entre outros fatores, da produção de mudas capazes de resistirem às condições adversas do meio (Barbosa, 1994).

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) é uma espécie florestal de grande valor econômico, cuja madeira é muito utilizada em propriedades rurais (Costa Filho, 1987; Florshein, 1992; Barbosa, 1994; Medeiros, 1996). Em função da exploração predatória em todo o Brasil, a espécie foi classificada pelo IBAMA (1992) como espécie “vulnerável”, com possibilidade de entrar na categoria de espécie “em perigo de extinção” nos próximos dez anos, se nenhuma providência for tomada (Ribeiro, 1989). A exploração em grande escala dos recursos madeireiros nativos vem acarretando a erosão genética de diversas espécies florestais de reconhecido valor econômico e que, na maioria das vezes, têm a sua estrutura genética desconhecida e o reflorestamento desestimulado pelo lento crescimento.

Devido ao nível de conhecimento técnico sobre esta espécie ser praticamente inexistente, as possibilidades de sua utilização em áreas com problemas de salinidade são desconhecidas. Os objetivos deste trabalho foram: verificar o nível de tolerância da aroeira ao estresse salino, utilizando doses crescentes de NaCl em solução nutritiva e caracterizar os sintomas de toxidez da salinidade, com o intuito de incentivar a

produção e utilização desta espécie e evitar sua extinção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) foram semeadas em bandejas contendo vermiculita como substrato, mantendo-se a umidade com água deionizada. Após trinta dias, as plântulas foram transferidas para bandejas contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon a 20% da concentração, permanecendo por mais trinta dias para desenvolvimento da parte aérea e radicular.

Em outubro de 1997, instalou-se o experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (MG), empregando-se vasos de 0,9 L com solução de Hoagland & Arnon a 50% da concentração e doses crescentes de NaCl (0, 50, 100, 150 e 200 mol m⁻³), mantendo-se o pH das soluções em 5,5 e uma planta por vaso.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo que cada planta constituiu uma parcela, com quatro repetições por tratamento.

A cada dez dias, a solução foi renovada sendo que, ao final de 77 dias de tratamento, mediu-se o diâmetro do colo das mudas e separaram-se raiz, caule e folhas para determinação da matéria seca, após peso constante em estufa a 65°C.

A matéria seca de raiz, caule e folhas foi submetida a análises químicas e determinados N, P, K, S, Ca, Mg e Na (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997). As quantidades de nutrientes acumuladas na matéria seca foram determinadas com base em seus respectivos teores, seguindo-se cálculos de índice de eficiência de utilização de nutrientes na matéria seca da parte aérea (EUPA) e raiz (EUR), conforme Siddiqi e Glass (1981), e índice de translocação de nutrientes

para a parte aérea (T), pelas seguintes expressões:

$$\text{EUPA} = \text{MSPA}^2 / \text{nutriente acumulado na MSPA, em } \text{g}^2 \text{ mg}^{-1}$$

$$\text{EUR} = \text{MSR}^2 / \text{nutriente acumulado na MSR, em } \text{g}^2 \text{ mg}^{-1}$$

$$\text{T} = (\text{nutriente acumulado na MSPA} / \text{nutriente total acumulado na planta}) * 100, \text{ em } \%$$

Os resultados foram submetidos à análises de variância e equações de regressão pelo programa estatístico SANEST (Zonta, Machado e Silveira Júnior, 1984).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de NaCl à solução de cultivo provocou redução no diâmetro do colo, cujo comportamento pôde ser expresso por equação linear ($y = -0,10x + 5,72$ $R^2 = 0,90^{**}$). Para a matéria seca da parte aérea houve redução de cerca de 27% já na primeira dose de NaCl (50 mol m^{-3}) em relação à testemunha (Figura 1).

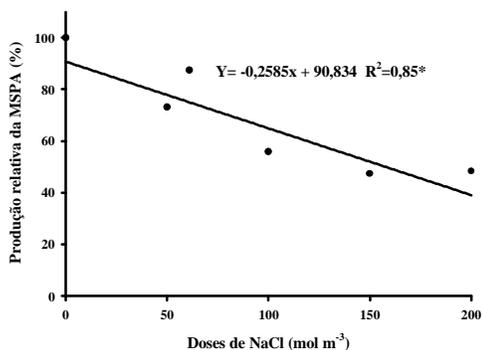


Figura 1. Produção relativa da matéria seca da parte aérea (MSPA), em função das doses de NaCl.

Figure 1. Relative production of aerial part dry matter as a function of NaCl levels

Quando se analisaram isoladamente folha e caule, verificou-se o mesmo comportamento, representado por equações lineares (Figura 2).

O efeito do sal (NaCl) sobre o crescimento de plantas é, atualmente, tema de diversos estudos. A inibição do crescimento e da produção vegetal deve-se à redução no potencial osmótico da solução do solo, provocado pelo excesso de sais e/ou ao efeito tóxico dos mesmos. Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas podem ser resumidos em: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica e à inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e efeito tóxico dos íons sódio e cloreto (Jeffrey e Izquierdo, 1989).

Há diversos outros experimentos que comprovam o efeito negativo do NaCl no crescimento vegetal (Hsiao e Jing, 1988; Pessaraki, Huber e Tucker, 1989; Bressan *et al.*, 1990; Sweby, Hockett e Walt, 1994; Locy *et al.*, 1996; Miranda e Carvalho, 1998; Fernandes *et al.*, 1998a, b).

Apesar de, geralmente, o efeito salino ser negativo, existem plantas classificadas como halófitas ou natrófilas, para as quais o elemento sódio é benéfico (Marschner, 1995), com estímulo ao crescimento. Segundo Bergmann (1992) e Lima (1997), tais plantas têm a capacidade de estabelecer equilíbrio osmótico com o baixo potencial de água no solo. Isto é possível por acumularem os íons absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no citoplasma e nas organelas em baixos níveis, de modo a não interferirem nos mecanismos enzimáticos e metabólicos e na hidratação de proteínas das células.

Em aroeira, no presente estudo, foram observados sintomas de toxidez da salinidade, os quais puderam ser resumidos em manchas avermelhadas ao longo das nervuras foliares,

inicialmente nas folhas velhas, evoluindo para

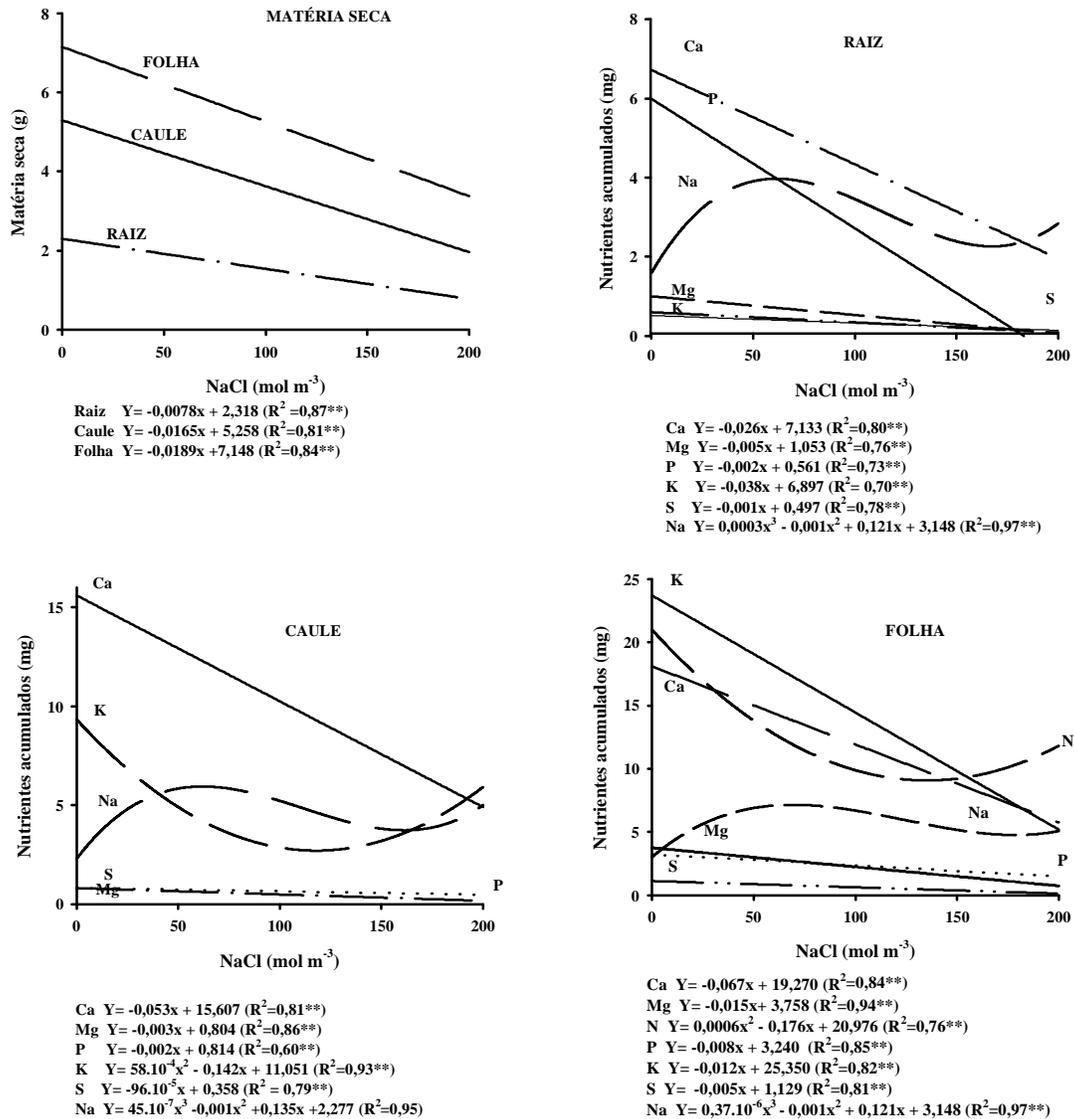


Figura 2. Matéria seca (g) e nutrientes acumulados (mg) na raiz, caule e folhas em função das doses crescentes de NaCl.

Figure 2. Dry matter (g) and accumulated nutrients (mg) on root, stem and leaves as a function of NaCl levels

um amarelecimento/avermelhamento do limbo foliar, queima das bordas e ápice do limbo e queda da folha em estágio mais avançado.

Observou-se que na primeira dose de NaCl houve um decréscimo da quantidade de matéria seca da raiz (Figura 2), comportamento esse semelhante aos dados de matéria seca de caule e folha, com diminuição dos valores já na primeira dose do sal. Nesta dose de sal (50 mol m⁻³) foi observada, para matéria seca de caule e folhas, uma redução inferior a 20%, quando comparada ao tratamento sem adição de sal, sendo que, a partir da segunda dose, esta redução foi superior a 40%. Estes dados permitem afirmar que a aroeira pode ser considerada tolerante ao estresse salino na dose de 50 mol m⁻³ de NaCl em solução, uma vez que reduções inferiores a 20% na produção de matéria seca em relação à testemunha levam a classificar uma planta como tolerante à salinidade (Fageria, 1985).

Com relação aos nutrientes acumulados na raiz, observou-se que a dose de 50 mol m⁻³ provocou significativas reduções nas quantidades de Ca e P, em comparação à testemunha (Figura 2). Houve aumento de 2,8 vezes na quantidade de Na acumulado na raiz das plantas que receberam 50 mol m⁻³ de NaCl em relação à testemunha. Em doses superiores, houve menores acúmulos de Na na raiz, possivelmente devido à exclusão do elemento, conforme observado por Lauchili e Epstein (1984), em outras espécies vegetais.

Nos tecidos foliares, o aumento das doses de NaCl provocou uma redução substancial nas quantidades acumuladas de Ca, Mg, P e K, provavelmente associada ao decréscimo na produção de matéria seca, o que está de acordo com resultados obtidos por diversos autores, utilizando outras espécies (Miranda e

Carvalho, 1998; Fernandes *et al.*, 1998 a, b). O acúmulo de N foliar foi decrescente com as doses de NaCl, atingindo valor mínimo em 146,67 mol m⁻³ e cerca de duas vezes menor que o acumulado pela testemunha (Figura 2).

Independentemente das doses aplicadas de NaCl, verificou-se alta porcentagem de translocação de todos os nutrientes para a parte aérea (Tabela 1), indicando que esse processo não é alterado pelo sal devido ao efeito de concentração. A translocação de K da raiz para a parte aérea pôde ser expressa por equação quadrática ($y = -0,0008x^2 + 0,205x + 81,36$ R² = 0,99**), com maior translocação na dose 150 mol m⁻³ de NaCl.

Com relação aos índices de eficiência de utilização dos nutrientes na matéria seca, verificou-se redução dos valores em função das doses de NaCl (Tabela 1 e Figura 3), com menor intensidade para o Mg na parte aérea (EUPA) e raiz (EUR) e com tendência inversa para o K na raiz. Pela Tabela 1, observa-se que, já na dose 50 mol m⁻³ de NaCl, houve reduções no índice de EUPA de 40%, 11%, 7%, 9% e 4%, respectivamente para os nutrientes P, Ca, Mg e S. Redução de 44% e 12% no índice de EUR para P e S, respectivamente, também foi observada na dose de 50 mol m⁻³ de NaCl, enquanto que a maior queda foi observada no índice de EUR para Ca (41%) na dose 100 de mol m⁻³ de NaCl. Estes dados comprovam a inibição da absorção de nutrientes pelo sódio, como observado por diversos autores com outras espécies vegetais (Botella *et al.*, 1997; Günes, Inal e Alpaslan, 1996; Batra e Dikshit, 1994).

Não foram plotados os índices EUPA, EUR e T para Mg, assim como os índices de T para P, Ca, S e Na, por não se ajustarem ao modelo de regressão utilizado. Os índices de translocação e utilização de N na raiz não foram calculados devido à limitação de matéria seca.

Tabela 1. Eficiência de utilização dos nutrientes na parte aérea (EUPA) e raiz (EUR) e índice de translocação (T) dos nutrientes em função das doses de NaCl.

Table 1. Utilization efficiency of nutrients of stem and leaves,(EUPA), root (EUR) and translocation index (T) of nutrients as a function of NaCl levels.

Na (mol m ⁻³)	EUPA (g ² mg ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
0	8,25	57,69	5,51	5,05	38,17	112,28	
50	13,91	34,34	4,92	4,69	34,74	107,62	
100	5,13	19,32	4,33	3,01	32,43	71,17	
150	3,78	21,61	3,73	3,02	30,33	91,96	
200	4,76	32,37	3,14	3,50	32,69	80,96	
EUR (g ² mg ⁻¹)							
0	-	12,89	0,70	0,78	5,22	14,14	
50	-	7,28	1,61	0,97	5,37	12,46	
100	-	6,63	2,27	0,46	4,99	5,42	
150	-	4,17	1,47	0,36	4,91	4,42	
200	-	5,92	1,12	0,41	4,81	6,65	
T (%)							
0	-	87,18	81,83	84,15	82,61	78,02	78,69
50	-	89,07	88,74	81,79	80,44	72,92	74,91
100	-	91,94	94,60	83,68	86,19	72,83	83,01
150	-	91,38	95,83	86,37	90,29	74,57	73,47
200	-	90,00	91,81	82,13	86,20	74,04	77,91

(-) não calculado por limitação de matéria seca de raiz.

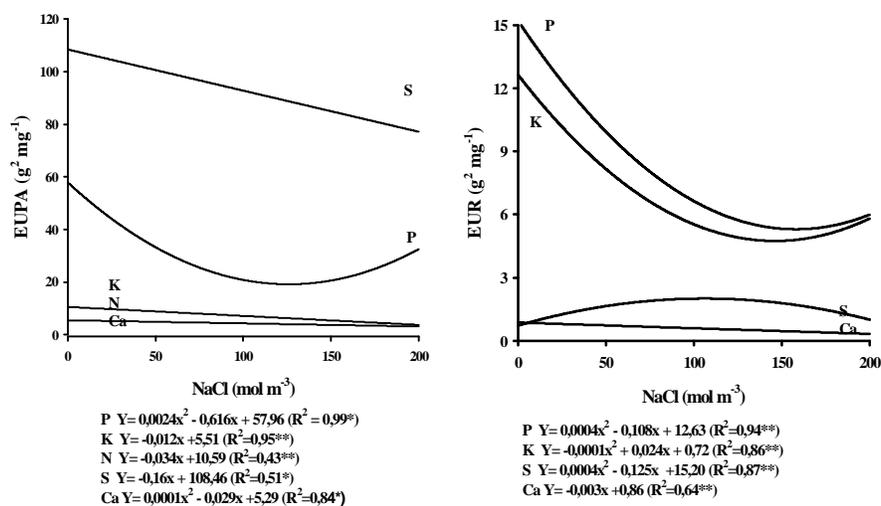


Figura 3. Índices de eficiência de utilização de nutrientes na parte aérea (EUPA) e raiz (EUR), em função de doses crescentes de NaCl.

Figure 3. Utilization efficiency of nutrients of stem and leaves,(EUPA), root (EUR) and translocation index (T) of nutrients as a function of NaCl levels.

4. CONCLUSÕES

A aroeira tolerou até 50 mol m⁻³ de NaCl, indicando que sua utilização em ambientes salinos é limitada.

O NaCl reduziu os índices de eficiência de utilização dos nutrientes, embora sua translocação não tenha sido alterada.

Os sintomas de toxidez da salinidade em aroeira foram caracterizados por manchas avermelhadas ao longo das nervuras foliares, inicialmente nas folhas velhas, evoluindo para um amarelecimento/avermelhamento do limbo foliar, queima das bordas e ápice do limbo e queda da folha em estágio mais avançado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, Z. **Efeito do P e do Zn na nutrição e crescimento de *M. urundeuva* (aroeira do sertão)**. Lavras: ESAL, 1994. 105p. (Dissertação - Mestrado).
- BATRA, L.; DIKSHIT, R.P. Effect of exchangeable sodium on growth and concentration of important macronutrients in needles and stems of four *Casuarina* spp. **Plant and Soil**, The Hague, v.167, p.197-202, Nov. 1994.
- BERGMANN, W. (Ed.). **Nutritional disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.
- BOTELLA, M.A.; MARTÍNEZ, V.; NIEVES, M.; CERDÁ, A. Effect of salinity on the growth and Nitrogen uptake by wheat seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.6, p.793-804, Jun. 1997.
- BRESSAN, R.A.; NELSON, D.E.; IRAKI, N.M.; LAROSA, P.C. Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. In: KATTERMAN, F. **Environmental injury to plants**. Academic Press: San Diego, 1990. cap.7, p.137-171.
- COSTA FILHO, R.T. **Crescimento de mudas de aroeira (*Astronium urundeuva*) em resposta à calagem, fósforo e potássio**. Viçosa: UFV, 1987. 54p. (Tese - MS).
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, The Hague, v.88, n.2, p.237-243, Fev.1985.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; MELO, P.C.; MIRANDA, J.R.P. Efeito de diferentes fontes de sais sódicos sobre a eficiência de utilização, translocação e absorção de K, Ca, Mg e Na em mudas de moringa (*Moringa oleifera*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998a. p.10.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; MELO, P.C.; MIRANDA, J.R.P. Efeito de diferentes fontes de sais sódicos sobre o acúmulo de matéria seca e os teores de K, Ca, Mg e Na em mudas de moringa (*Moringa oleifera*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998b. p.103.
- FLORSHEIN, S.M.B. **Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *M. urundeuva***. Piracicaba: ESALQ, 1992. 252p. (Dissertação - Mestrado).
- GÜNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. **Journal of Plant Nutrition**, Lexington, v.19, n.2, p.389-396, Fev. 1996.
- HSIAO, T.C.; JING, J. Effect of NaCl salinity on growth, developments, ion distribution, and ion translocation in Castor (*Ricinus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.32, p.45-53, 1988.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS-IBAMA. Lista oficial de espécies ameaçadas de extinção. **Diário oficial**, Brasília, 23 de jan. de 19923. 869-873, 1992.
- JEFFREY, W.D.; IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiologia del potencial del rendimiento y la tolerancia al estresé**. Santiago: FAO, 1989. 91p.
- JESCHKE, W.D.; WOLF, O. Effect of NaCl salinity on growth, development, ion distribution, and ion translocation in castor (*Ricinus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.32, p.45-53, 1987.
- LAUCHILI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, Berkely, v.38, n.10, p.18-21, Oct.1984.

- LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.112-136.
- LOCY, R.D.; CHANG, C.; NIELSEN, B.L.; SINGH, N.K. Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.110, n.1, p.321-328, Jun. 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Princípios e aplicações.** 2.ed., Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H.M. **Mineral Nutrition of Higher Plants,** 2.ed., London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva*).** Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1996. 127p. (Tese - Doutorado).
- SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998. p.132.
- PESSARAKLI, M., HUBER, J.T.; TUCKER, T.C. Protein synthesis in green beans under salt stress with two nitrogen sources. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.12, n.11, p.1361-1377, 1989.
- RIBEIRO, J.H. **Aroeira: durável além de uma vida.** Rio de Janeiro: Globo Rural, v.5, p.85-90, 1989.
- SIDDIQI, M.T.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.4, p.289-302, 1981.
- SWEBY, D.L.; HUCKETT, B.I.; WALT, M.P. Effects of nitrogen nutrition on salt-stressed *Nicotiana tabacum* v. Samsun *in vitro* plantlets. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.45, n.276, p.995-1008, Jul.1994
- SZABOLCS, I. **Salt-affected soils.** Florida: Library of Congress, 1989. 274p.

MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G. Efeito do NaCl e do SiO₂ sobre o crescimento e a nutrição mineral de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO