

## CRESCIMENTO, CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA PELA MAMONEIRA SOB ESTRESSE SALINO E NITROGÊNIO<sup>1</sup>

REGINALDO GOMES NOBRE<sup>2\*</sup>, GEOVANI SOARES DE LIMA<sup>3</sup>, HANS RAJ GHEYI<sup>4</sup>, LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES<sup>3</sup>, ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA<sup>5</sup>,

**RESUMO** – Considerando as potencialidades da mamoneira como alternativa para a produção de energia renovável e a carência de informações relativas às técnicas de manejo para seu cultivo, realizou-se esta pesquisa visando avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa) associada a doses de adubação nitrogenada (DN), sobre o crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira cv. BRS Energia, em experimento conduzido em lisímetros sob condições de campo, no CCTA/UFMG, adotando-se o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de CEa (0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dSm<sup>-1</sup>) associados a cinco doses de N (50; 75; 100; 125 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de solo). O incremento salino promoveu decréscimo linear da taxa de crescimento absoluto, da área foliar total (AF) aos 35 dias após o semeio (DAS), do consumo e da eficiência de uso da água (EUA) pela mamoneira cv. BRS Energia. Níveis crescentes de salinidade promoveram maior taxa de crescimento relativo (TCRap). Doses de nitrogênio de 114 mg kg<sup>-1</sup> da recomendada propiciam aumento na TCRap e a dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de N promovem maior EUA. Doses crescentes de N atenuaram aos 120 DAS o efeito da CEa, até o nível de 2,4 dS m<sup>-1</sup>, sobre aAF e promoveram maior área foliar específica. Houve efeito significativo da interação entre CEa e doses de N para condutividade elétrica e pH da água de drenagem.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Qualidade de água. Nutrição mineral.

## GROWTH, CONSUMPTION AND THE WATER USE EFFICIENCY FOR CASTOR BEAN UNDER SALINE STRESS AND NITROGEN

**ABSTRACT** – Considering the potential of castor beans as an alternative for the production of renewable energy and the lack of information regarding management techniques for its cultivation, this study was conducted to evaluate the effect of different levels of irrigation water salinity (ECw) associated with nitrogen fertilization rates (DN) on growth, water consumption and efficiency of water use by castor bean cv. BRS Energia. The experiment was conducted in lysimeters under field conditions, at CCTA/UFMG, adopting a randomized block design in 5x5 factorial scheme with three replications. Treatments consisted of five levels of ECw (0.4, 1.4, 2.4, 3.4 and 4.4 dS m<sup>-1</sup>) associated with five doses of nitrogen (50, 75, 100; 125 and 150 mg kg<sup>-1</sup>). The increase in water salinity from 0.4 dS m<sup>-1</sup> caused linear decrease in the absolute growth rate (TCAap), total leaf area (AF) at 35 days after sowing (DAS), the water consumption and water use efficiency (EUA) for castor bean cv. BRS Energia. Increasing levels of water salinity promoted increase in relative growth rate (TCRap). Nitrogen rate of 114 mg kg<sup>-1</sup> increased TCRap and 150 mg kg<sup>-1</sup> of N promoted greater EUA. Increasing levels of nitrogen attenuated at 120 DAS, the effect of electrical conductivity up to salinity level of 2.4 dS m<sup>-1</sup> on the leaf area promoting higher specific leaf area. There was a significant interaction between ECw and nitrogen levels on electrical conductivity and pH of drainage water.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Quality of water. Mineral nutrition.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 14/06/2012; aceito em 24/04/2014.

<sup>2</sup>Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mail: rgomesnobre@pq.cnpq.br.

<sup>3</sup>Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mails: geovanisoareslima@gmail.com, laurispo@hotmail.com.

<sup>4</sup>Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. E-mail: hans@pq.cnpq.br.

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Rua João Bosco Sarmento, Alto Capanema, Sousa, Paraíba, Brasil. E-mail: alex-sandro.vip@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

A irrigação é uma das principais alternativas para garantir a produtividade de cultivos na região semiárida brasileira, devido à ocorrência de insuficiência hídrica envolvendo aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente no que diz respeito à presença de sais nos recursos hídricos decorrentes das características climáticas e geológicas da região (MEDEIROS et al., 2003). Conforme Neves et al. (2009) é comum nesta região, a ocorrência de fontes de água com elevada concentração de sais, sendo frequentemente encontrados valores que chegam a  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ .

As altas concentrações de sais no solo e na água, além de reduzir o potencial hídrico do solo se refletem na inibição e desuniformidade do crescimento, declínio na capacidade produtiva e na qualidade dos produtos obtidos das plantas cultivadas em virtude dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico, desbalanço nutricional e efeito tóxico de íons, sobremaneira o cloreto e o sódio (LACERDA et al., 2003). Em função disso, a adequabilidade da água de qualidade inferior para fins de irrigação deve ser considerada alternativa importante desde que se garanta o uso de tecnologia para evitar maior impacto às áreas irrigadas, através de um manejo cuidadoso (VENGOSH, 2007).

Aliada à irrigação, a nutrição mineral ocupa importante fator ambiental, sendo o nitrogênio o macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, principalmente por participar diretamente no metabolismo das plantas, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais ao vegetal, como aminoácidos, proteínas, dentre muitos outros (MILLER; CRAMER, 2004).

Segundo Fageria (1989) o mecanismo mais importante para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva de íons, pois plantas tolerantes possuem a capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina, onde a concentração de íons não essenciais (tóxicos) é maior. Del Amor et al. (2000) cita que existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma absorção maior de cloreto, pela planta.

Diante da preocupação atual com o efeito estufa, aquecimento global e com a limitação ao uso das reservas de combustível fóssil, os países estão buscando fontes renováveis de energia que não causem impacto negativo ao meio ambiente e, neste sentido, destaca-se a mamoneira (*Ricinus communis* L.) pela possibilidade do uso do óleo extraído de suas sementes para produção de biodiesel (CAVALCANTI et al., 2005) e pelo fato deste óleo ser o único glicérido solúvel em álcool, constituindo-se assim, em uma das melhores matérias-primas para mais de quatrocentos produtos, sendo usado nas indústrias farmacêutica, cosmética, de revestimentos

protetores, vernizes e tintas, ceras impermeabilizantes, de lubrificantes e outras (AZEVEDO; LIMA, 2001).

Considerando a importância social e econômica da mamoneira para região Nordeste do Brasil e devido à carência de estudos relacionando à interação entre qualidade da água de irrigação e nutrição da cultura, sobretudo para a cv. BRS Energia em condições de semiárido brasileiro realizou-se esta pesquisa objetivando avaliar o comportamento da mamoneira em função da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada de outubro de 2010 a fevereiro de 2011, sendo as plantas conduzidas em lisímetros sob condições de campo em área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Pombal, PB, situada a  $6^{\circ}48'16'' \text{ S}$  e  $37^{\circ}49'15'' \text{ W}$ , a uma altitude de 144 m. O clima da região, conforme a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982), é do tipo BSh, que representa clima semiárido quente e seco com precipitação média de  $750 \text{ mm ano}^{-1}$  e evaporação média anual de 2000 mm.

Adotou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados arranjos em esquema fatorial  $5 \times 5$ , com três repetições, em que os tratamentos consistiram na combinação de cinco níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,4 - controle; 1,4; 2,4; 3,4 e  $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) e cinco doses de adubação nitrogenada (50; 75; 100; 125 e  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo, seguindo as recomendações de Novais et al. (1991). A indicação de adubação nitrogenada foi a dose de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo para ensaios em vaso, correspondendo a 4,44 g de uréia e 16,67 g de fosfato monoamônio por vaso. Da adubação com N, 1/3 foi aplicado em fundação e os 2/3 restantes foram parcelados em cinco vezes e aplicados em intervalos de 11 dias a partir de 24 dias após a semeadura (DAS).

Os diferentes níveis de salinidade da água foram obtidos pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (Q) foi determinada com base na equação de Rhoades et al. (2000), sendo  $Q (\text{mg L}^{-1}) = \text{CEa} \times 640$ , em que CEa ( $\text{dS m}^{-1}$ ) representa o nível desejado da condutividade elétrica da água. A água escolhida como controle ( $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) é proveniente do Rio Piranhas, sendo usada no abastecimento de cidades do cariri paraibano e na irrigação de cultivos diversos. Ressalta-se que a cada evento de irrigação eram realizadas aferições da CEa, conforme os tratamentos pré-estabelecidos com o auxílio de condutivímetro portátil.

Usou-se a cv. BRS Energia de mamoneira. Silva et al. (2009) citam que esta cultivar é adaptada

às condições de solo e clima da Região Nordeste, possui porte baixo, em média 106 cm de altura, frutos semi-indeiscentes, produtividade média de 1.940 kg ha<sup>-1</sup> e ciclo de 110 dias.

Nesse estudo foram utilizados lisímetros de drenagem de 100 L de capacidade, preenchidos com 2,0 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do lisímetro mais 107,8 kg do material de solo (Neossolo Regolítico Eutrófico tipo areia franca), não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm e

proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físico-químicas (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) da UFCG, conforme metodologia descrita por Claessen (1997) Cada lisímetro possuía 2 furos em sua base para permitir a drenagem e, abaixo deles, um microtubo (1 cm de diâmetro) conectava sua base a uma garrafa plástica (2 L de capacidade) para acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumo de água pela cultura.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do Neossolo utilizado no experimento.

Densidade	Porosidade Total	Areia	Silte	Argila	M.O.	Complexo Sortivo				pH <sub>ps</sub>	CE <sub>es</sub>
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>		
kg dm <sup>-3</sup>	%		g kg <sup>-1</sup>			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				-	dS m <sup>-1</sup>
1,31	48,22	830	71	99	108	7,50	5,15	0,29	0,29	7,33	0,53

M.O-Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; pH<sub>ps</sub> - pH da pasta de saturação; CE<sub>es</sub>- condutividade elétrica do extrato de saturação

Realizou-se adubação básica com 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2200 g (equivalente a 2%) de vermicomposto (6,3 g de N kg<sup>-1</sup>; 1,28 g de P kg<sup>-1</sup> e 0,53 g de K kg<sup>-1</sup>) por vaso, com vista à melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e infiltração da água. O material de solo após ser acondicionado nos lisímetros foi colocado em capacidade de campo, conforme o método de saturação por capilaridade, seguida por drenagem livre e usando as distintas águas conforme tratamentos.

O semeio foi realizado em 28 de outubro de 2010, colocando-se dez sementes por vaso a uma profundidade de 0,02 m, sendo os lisímetros distribuídos em fileira simples espaçados 0,9 m e 0,7 m entre plantas dentro da fileira. A emergência das plântulas teve início no sexto DAS e continuou até o décimo terceiro dia, tendo-se realizado, aos 14 DAS o primeiro desbaste, deixando-se as quatro plântulas que apresentavam melhor vigor por parcela. Aos 21, 35 e 46 DAS realizaram-se novos desbastes deixando-se uma planta por recipiente.

Aos 29 e 37 DAS, ou seja, período inicial da emissão das flores, foram realizadas adubações foliares com Albatroz (N - 10%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 52%, K<sub>2</sub>O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção de 1 g do adubo para 1 L de água, aplicando-se 5 L distribuídos nas plantas com um pulverizador costal.

As irrigações foram realizadas diariamente às 17 h de acordo com a necessidade hídrica das plantas, sendo a lâmina aplicada mensurada pelo balanço hídrico - volume aplicado menos o drenado, acrescido de fração de lixiviação média de 10%. Na condução do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais: tutoramento das plantas, eliminação manual das plantas daninhas e escarificação superficial do solo antes de cada irrigação, além de duas

pulverizações ao longo da condução, com produto comercial (Vertimec 18EC - 0,5 g L<sup>-1</sup>) indicado para controle preventivo de pragas.

Para análise do efeito dos tratamentos sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira foram analisados, no período de 14 a 120 DAS, a taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) para altura de planta; aos 35 e 120 DAS determinaram-se a área foliar total (AF). Foram mensurados aos 120 DAS, a área foliar específica (AFE), o consumo de água (CA), a eficiência de uso da água pela cultura (EUA) e a condutividade elétrica (CEad) e o pH da água de drenagem (pHad).

A TCAap e a TCRap foram obtidas a partir dos dados de duas avaliações (14 e 120 DAS), determinadas conforme metodologia proposta por Benincasa (2003), onde a TCAap representa a altura da planta para respectivo intervalo de tempo, sendo calculada conforme Eq 1:

$$TCAap = \frac{(AP_2 - AP_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

em que:

TCAap = taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (cm dia<sup>-1</sup>),

AP<sub>1</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>1</sub>,

AP<sub>2</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>2</sub>,

A TCRap expressa o crescimento da planta em determinado intervalo de tempo, em relação à altura de planta no início desse intervalo, emensurada de acordo com metodologia descrita por Benincasa (2003), conforme Eq. 2:

$$TCRap = \frac{(\ln AP_2 - \ln AP_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

em que:  
TCRap = Taxa de crescimento relativo em altura de planta ( $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ),

AP<sub>1</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>1</sub>,

AP<sub>2</sub> = altura de planta (cm) no tempo t<sub>2</sub>,

ln = logaritmo natural.

A área foliar total (AF) foi determinada, segundo metodologia de Severino et al. (2005) conforme Eq 3. Na determinação foram consideradas apenas as folhas com, no mínimo 50% de sua área fotosinteticamente ativa e comprimento mínimo de 3 cm. A área foliar específica foi mensurada conforme descrito por Benincasa (2003), através da relação entre AF e a fitomassa seca de folhas.

$$S = \sum 0,26622 \times P^{2,4248} \quad (3)$$

em que:

S - área foliar total ( $\text{cm}^2$ ),

P - medida do comprimento da nervura principal da folha (cm).

O consumo de água de cada parcela ao longo dos 120 DAS foi determinado pela diferença entre o volume total de água aplicado e o drenado. Já a eficiência deste consumo para o crescimento das plantas de mamoneira foi mensurada pela relação entre a

fitomassa seca total (parte aérea e raízes) e o volume de água efetivamente consumido em cada tratamento, conforme metodologia de Barker et al. (1989).

A condutividade elétrica e o pH da água de drenagem de cada parcela foi determinada aos 120 DAS, utilizando-se de um condutivímetro de bancada (DM 31 Digimed) e um peagâmetro (pHmetro de Bancada Pack pH 21).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F e nos casos de significância ( $p < 0,05$ ), realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, com base nos resultados da análise de variância (Tabela 2), efeito significativo do fator salinidade da água de irrigação (CEa) sobre a taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap), para altura de plantas, e área foliar total (AF) da mamoneira. Em relação ao fator doses de adubação nitrogenada constata-se efeito significativo apenas sobre a TCRap; já a interação entre a CEa e as doses de adubação nitrogenada tiveram efeito significativo sobre a AF e a área foliar específica (AFE) aos 120 DAS.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) para altura de plantas no período entre 14 e 120 dias após semeadura (DAS), área foliar total (AF) aos 35 e 120 DAS e área foliar específica (AFE) da mamoneira aos 120 DAS, sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Fonte de Variação	GL	TCAap <sup>#</sup> $\text{cm dia}^{-1}$	TCRap <sup>#</sup> $\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$	Teste F		
				AF ( $\text{cm}^2$ )		AFE ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )
				35 DAS	120 DAS	120 DAS <sup>1</sup>
Níveis salino (S)	4	0,047**	0,000007*	2305891,64**	1462925,10**	34,10**
Reg. Linear	1	0,172**	0,00001*	8000960,89**	4181981,58**	114,58**
Reg. Quadrática	1	0,005 <sup>ns</sup>	0,000007 <sup>ns</sup>	342616,43*	1425839,85**	2,41 <sup>ns</sup>
Doses nitrogênio (N)	4	0,005 <sup>ns</sup>	0,00001**	95210,39 <sup>ns</sup>	520122,99**	2,79 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,00003**	38012,05 <sup>ns</sup>	1605552,49**	5,78 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0,004 <sup>ns</sup>	0,00001*	134035,52 <sup>ns</sup>	402522,33*	1,96 <sup>ns</sup>
Interação (S x N)	15	0,001 <sup>ns</sup>	0,00004 <sup>ns</sup>	131461,28 <sup>ns</sup>	185617,55**	3,19*
Bloco	2	0,005 <sup>ns</sup>	0,00002**	904646,07**	35954,64 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>
Resíduo	49	0,002	0,000003	115517,71	59178,23	1,68
CV (%)		9,87	8,55	19,96	19,46	14,31

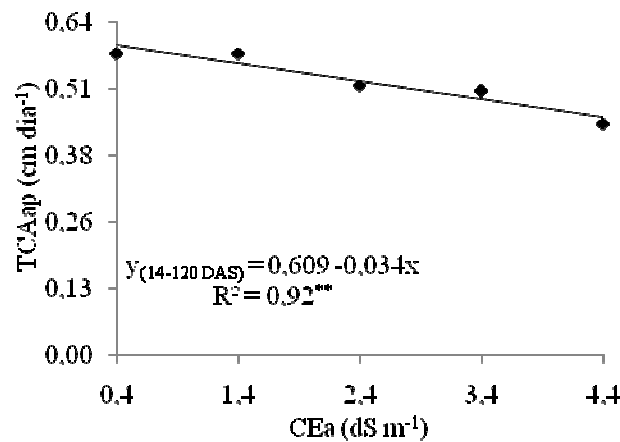
<sup>#</sup> corresponde ao período entre 14 e 120 DAS; ns, \*\*, \*: não significativo e significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; <sup>1</sup> para dados transformados em  $\sqrt{X}$

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente a taxa de crescimento absoluto (Tabela 2) e, onde conforme a equação de regressão (Figura 1), o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o linear, indicando decréscimo da TCAap de 5,71% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 0,14  $\text{cm dia}^{-1}$  na TCAap das plantas irrigadas com CEa de 4,4  $\text{dS m}^{-1}$  em relação às submetidas a 0,4  $\text{dS m}^{-1}$ . O excesso de sais na zona radicular tem, em geral, efeito deletério sobre as plantas, o que se ma-

nifesta por redução na absorção de água, na taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, no crescimento; assim como, o efeito tóxico dos sais absorvidos pelas plantas, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e a baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura também podem ter comprometido as atividades fisiológicas resultando em perdas da capacidade da cultura crescer e desenvolver (ARRUDA et al., 2002). Normalmente, as plantas sob estresse salino têm seu potencial hídrico reduzido, já as forças de retenção de água

pelo solo são acrescidas devido ao efeito osmótico dos sais contribui para que as plantas, na medida que fiquem expostas ao estresse, não tenham energia

suficiente para absorver água em proporção favorável às suas necessidades metabólicas.



**Figura 1.** Taxa de crescimento absoluto para altura de planta (TCAap) da mamoneira, durante o período de 14 a 120 dias após o semeio (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa).

A taxa de crescimento relativo foi influenciada pelos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação (Tabela 2) e de acordo com estudos de regressão (Figura 2A), houve acréscimo linear da TCRap na ordem de 1,63% por aumento unitário da CEa, ou seja, incremento de 6,52% na TCRap das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à testemunha. A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa o aumento, em tamanho, da planta por unidade de material presente no período de observação (SILVA et al., 2005); assim, se constata conforme resultados, que a mamoneira foi eficiente em produzir material novo por unidade de material pré-existente, refletindo-se em tolerância das plantas ao estresse salino. Chiariello et al. (1991), argumentam que esse índice fisiológico é o mais apropriado para comparar efeitos de diferentes manejos agrônomicos, por ser relativo e não depender de pressuposições matemáticas.

Verifica-se (Tabela 2) que a TCRap teve resposta quadrática (Figura 2B) ao fator doses de nitrogênio, onde nota-se que o maior TCRap (0,020 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) foi alcançado com a dosagem de 114 mg kg<sup>-1</sup> de N. A fertilização nitrogenada tem importância fundamental na promoção do crescimento das plantas (FLORES et al., 2001), desde que seja aplicada em quantidades adequadas e no momento oportuno.

Níveis crescentes da salinidade da água de irrigação afetaram a área foliar total da mamoneira cv. BRS Energia, aos 35 DAS e, de acordo com as equações de regressão (Figura 3A) observa-se comportamento linear e decrescente da AF ao incremento da CEa ocorrendo, decréscimos da AF de 10,21% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 931,9 cm<sup>2</sup> da AF das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à sob irrigação com 0,4 dS m<sup>-1</sup>. Segundo Tester e Davenport (2003), o decréscimo da área foliar das plantas em condições salinas pode

estar relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante. Desta forma, a redução da área foliar sob tais condições é relevante para a manutenção de elevado potencial hídrico na planta.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são condizentes com os observado por Cavalcanti et al. (2005) que estudando o efeito de águas salinas (0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>) no crescimento inicial da mamoneira BRS Nordestina observaram que, a área foliar foi afetada pela salinidade, com decréscimo de 6,55% por aumento unitário da CEa. Silva et al. (2005) verificaram aos 60 DAS, que a área foliar da mamoneira sob CEa variando de 0,7 a 8,7 dS m<sup>-1</sup> foi reduzida em mais de 11% por incremento unitário de CEa.

A AF da mamoneira aos 120 DAS sofreu efeito significativo da interação entre salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio e com base nas equações de regressão (Figura 3B), houve comportamento quadrático da AF das plantas submetidas à adubação com 50; 100 e 125 mg kg<sup>-1</sup> de N, onde nota-se respectivamente, que os maiores valores de AF (1232,7; 1549,0 e 1859,5 cm<sup>2</sup>) foram obtidos quando submetem as plantas a irrigação com CEa de 1,7; 2,0 e 1,3 dS m<sup>-1</sup> entretanto, observa-se que apesar da salinidade crescente da água de irrigação ter promovido decréscimos da AF da mamoneira cv. BRS Energia verifica-se (Figura 3B) que até o nível de CEa de 2,4 dS m<sup>-1</sup> as doses crescentes de N promoveram menor variação na AF. Segundo Flores et al. (2001), a fertilização nitrogenada além de promover o crescimento das plantas pode também reduzir o efeito da salinidade sobre os vegetais. Em relação à dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de N constata-se (Figura 3B) decréscimo linear de 15,76% por aumento unitário da CEa ou seja, redução de 975,6 cm<sup>2</sup> na AF das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m<sup>-1</sup> quando comparadas às sob CEa de 0,4 dS m<sup>-1</sup>. Esse decréscimo foi maior do que o promovido pela salinidade

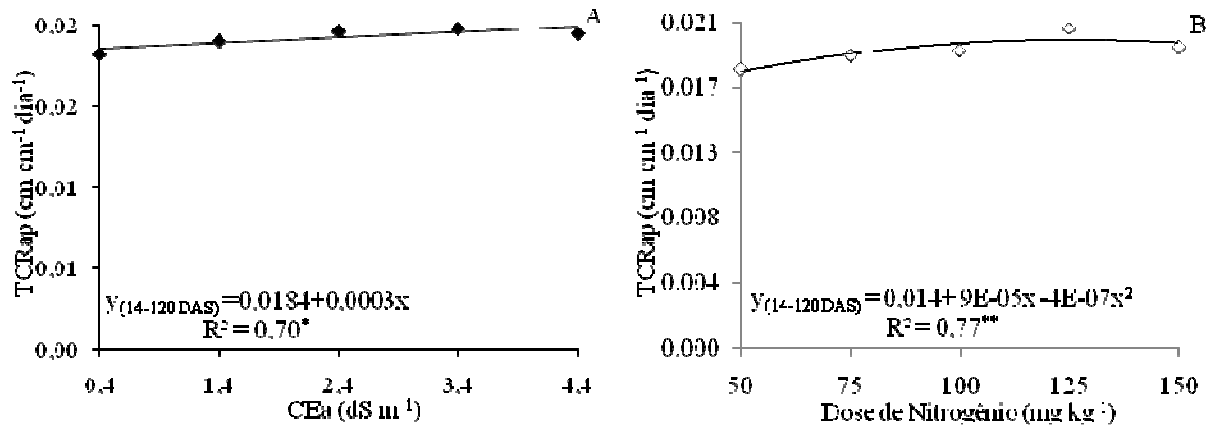


Figura 2. Taxa de crescimento relativo para altura de planta(TCRap) da mamoneira, durante o período de 14 a 120 dias após o semeio (DAS), em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e doses de adubação nitrogenada (B).

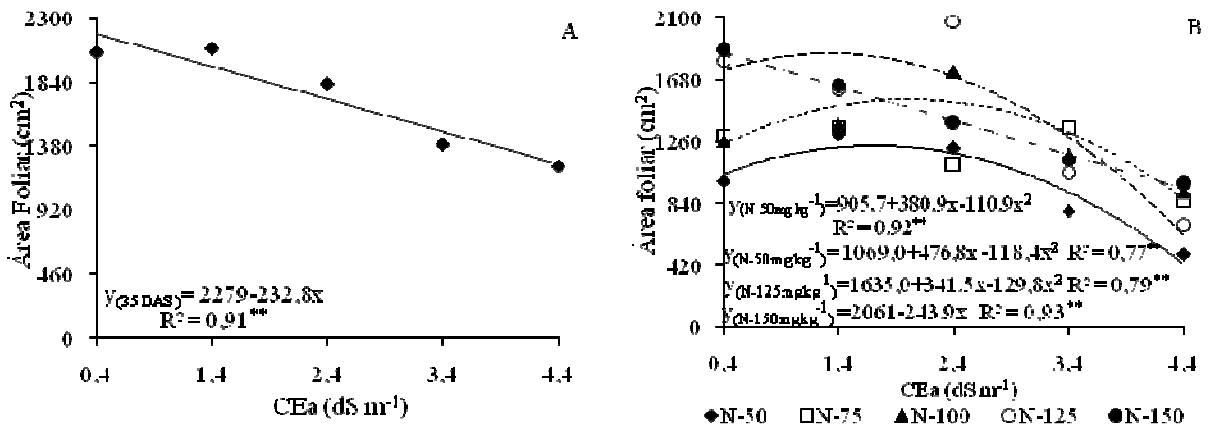


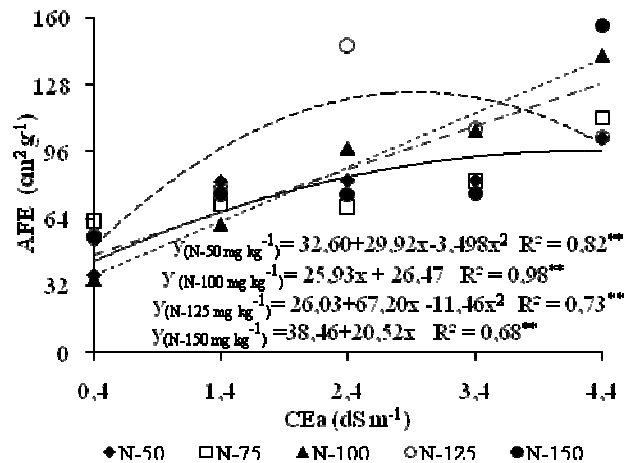
Figura 3. Área foliar total de planta de mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) aos 35 dias após o semeio - DAS (A) e em função da interação entre CEa e doses de adubação nitrogenada aos 120 DAS (B).

(Figura 3A), talvez em função do efeito acumulativo dos sais e excesso de nitrogênio como composto químico.

Constata-se (Tabela 2) que a interação (S x N) promoveu efeitos significativos ( $p < 0,05$ ) sobre a área foliar específica (AFE) e, de acordo com as equações de regressão (Figura 4) verifica-se resposta quadrática das plantas adubadas com 50 e 125  $\text{mg kg}^{-1}$  de N indicando que os maiores valores de AFE (96,5 e 124,5  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) foram obtidos, respectivamente, com CEa de 4,3 e 2,9  $\text{dS m}^{-1}$ . Em relação às plantas submetidas às dosagem de 100 e 150  $\text{mg kg}^{-1}$  de N (Figura 4) houve efeito linear e crescente na AFE na ordem de 98,0 e 51,4% respectivamente, por aumento unitário da CEa ou seja, incremento de 103,72 e 82,08  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  na AFE quando submetem-se as plantas a CEa de 4,4  $\text{dS m}^{-1}$  em relação a testemunha (0,4  $\text{dS m}^{-1}$ ). Tal efeito pode ser atribuído às funções do 'N' nas plantas, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, além do que, estudos têm

demonstrado que o acúmulo desses solutos orgânicos eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade, e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (SILVA et al., 2008). Pinto et al. (2008) avaliando o efeito da deficiência hídrica durante a fase vegetativa em duas cultivares de mamoneira (BRS 149 Nordestina e Mirante 10) em experimento conduzido em casa de vegetação, verificaram aumento na AFE na ordem de 19,39% nas plantas estressadas, confrontadas com as plantas túrgidas.

Conforme os resultados da análise de variância (Tabela 3) vê-se que o fator salinidade da água de irrigação afetou ( $p < 0,01$ ) as variáveis consumo de água (CA) e eficiência de uso da água (EUA), assim como, constata-se efeito ( $p < 0,05$ ) do fator adubação nitrogenada sobre a EUA; já a condutividade elétrica (CEa) e o pH da água de drenagem sofreram efeito ( $p < 0,01$ ) da interação entre os fatores (S x N).



**Figura 4.** Área foliar específica (AFE) da mamoneira em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de adubação nitrogenada aos 120 dias após o semeio.

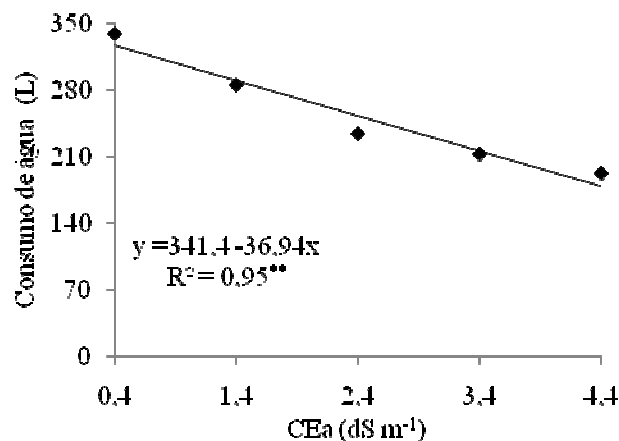
O incremento salino afetou o consumo de água pelas plantas de mamoneira e, de acordo com a equação de regressão (Figura 5), houve decréscimo linear na ordem de 11,31% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 45,24% no consumo de águas plantas irrigadas com água de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação às submetidas a 0,4 dS m<sup>-1</sup>. Denota-se que a ocorrência deste fato esteja relacionada ao acúmulo de sais no solo ao longo do ciclo da cultura, ao qual contribuiu para a redução do potencial osmótico do solo (SOUSA et al., 2011) e, em consequência, as plantas sob estresse salino tinham maior dificuldade

para absorvê-la. Redução no consumo de água de plantas de mamoneira ocasionada pela salinidade também foi constatada por Cavalcanti et al. (2005), avaliando o efeito de águas salinas (CEa 0,7 a 4,7 dS m<sup>-1</sup>) no crescimento inicial da mamoneira BRS Nordestina, onde verificaram que o CA das plantas diminuiu 6,29% por aumento unitário da CEa. Silva et al. (2008) estudando o efeito da irrigação com água de CEa variando de 0,7 a 6,7 dS m<sup>-1</sup> sobre o desenvolvimento e a produção de cultivares de mamoneira (BRS Energia e BRS Paraguaçu), concluíram que o aumento da CEa reduziu o consumo diário de água.

**Tabela 3.** Resumo da análise para consumo de água (CA) e eficiência de uso da água (EUA) pela mamoneira; condutividade elétrica (CEa) e pH (pHad) da água de drenagem aos 120 DAS, sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Fonte de Variação	GL	Teste F			
		CA (L)	EUA <sup>1</sup> (g L <sup>-1</sup> )	CEa (dS m <sup>-1</sup> )	pHad
Níveis salino (S)	4	54804,85 <sup>**</sup>	0,039 <sup>**</sup>	58,70 <sup>**</sup>	0,90 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	201334,26 <sup>**</sup>	0,094 <sup>**</sup>	136,40 <sup>**</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	9835,10 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>**</sup>	28,40 <sup>*</sup>	3,19 <sup>**</sup>
Doses nitrogênio (N)	4	18,59 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>*</sup>	9,79 <sup>*</sup>	0,28 <sup>*</sup>
Reg. Linear	1	1,32 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>**</sup>	29,06 <sup>*</sup>	0,58 <sup>*</sup>
Reg. Quadrática	1	53,25 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Interação (S x N)	15	41,49 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	15,03 <sup>**</sup>	0,19 <sup>**</sup>
Bloco	2	81,50 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	18,92 <sup>*</sup>	0,13 <sup>**</sup>
Resíduo	49	41,96	0,003	3,99	0,10
CV (%)	4	2,57	12,33	20,06	4,14

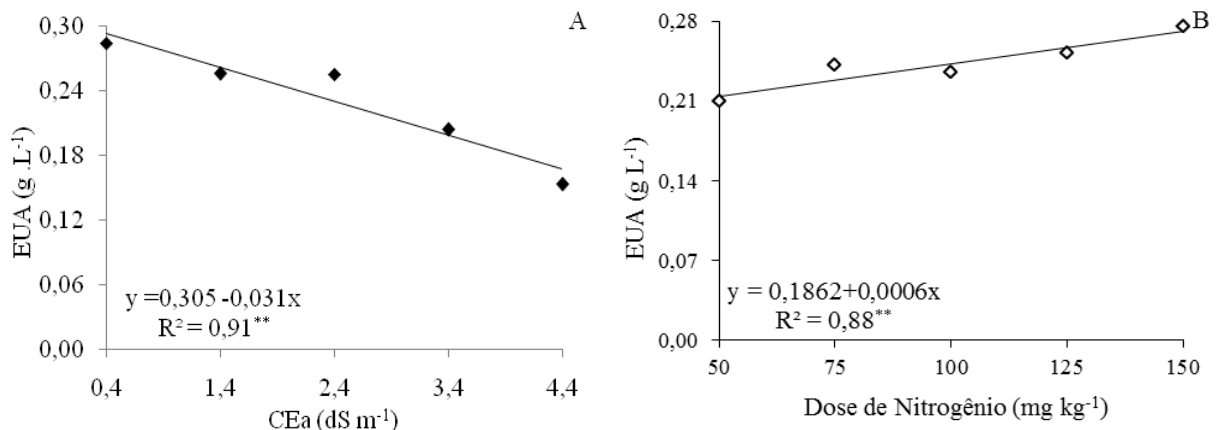
ns, \*\*, \*: não significativo e significativo a p < 0,01 e p < 0,05; <sup>1</sup> para dados transformados em  $\sqrt{X}$



**Figura 5.** Consumo de água (CA) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) aos 120 dias após o semeio.

A eficiência de uso da água pela mamoneira cv. BRS Energia foi influenciada pelos níveis crescentes de salinidade da água de irrigação e, conforme o modelo de regressão (Figura 6A) vê-se declínio

linear da EUA de 10,59% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução na EUA de 0,12 g L<sup>-1</sup> das plantas submetidas a CEa de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à testemunha (0,4 dS m<sup>-1</sup>). A maior EUA (0,293 g L<sup>-1</sup>) foi obtida para plantas sob CEa de 0,4 dS m<sup>-1</sup>.



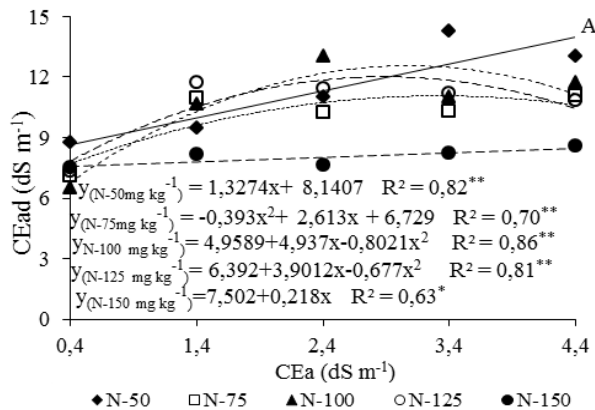
**Figura 6.** Eficiência de uso da água (EUA) de plantas de mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e doses de adubação nitrogenada (B) aos 120 dias após o semeio.

O efeito da adubação nitrogenada sobre a EUA está descrito por uma equação de regressão linear (Figura 6B), verificando-se acréscimo de 8,05% com aumento de 25 mg kg<sup>-1</sup> da dose de nitrogênio, obtendo-se a maior EUA (0,28 g L<sup>-1</sup>) quando submetida à dose de N de 150 mg kg<sup>-1</sup> da dose recomendada. Segundo Fageria e Baligar (2006) o nitrogênio é o nutriente mais limitante para muitas culturas no mundo e seu uso eficiente é de extrema importância econômica para os sistemas de produção. Além do mais, a dinâmica natural do nitrogênio e sua perda no sistema solo-planta, criam um desafio único para seu manejo correto. Chaves et al. (2011) em estudo avaliando o efeito da fertilização nitrogenada sobre a eficiência do uso da água da cultivar de mamona BRS-188 Paraguaçu, observaram que a EUA, determinada em função da produção, aumentou com os níveis de nitrogênio aplicados ao solo.

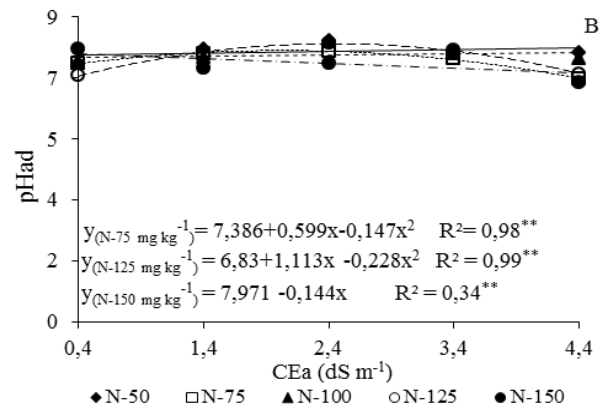
De acordo com o teste F (Tabela 3), a interação entre salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio afetou ( $p < 0,01$ ) a condutividade elétrica da água de drenagem (Figura 7A). Houve um comportamento linear crescente sobre a CEad das plantas adubadas com 50 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de N, cujos acréscimos foram respectivamente de 16,3 e 2,9% por aumento unitário da CEa, ou seja, aumento de 5,3 e 0,87 dS m<sup>-1</sup> na condutividade elétrica da água de drenagem das plantas submetidas à CEa de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação às irrigadas com água de 0,4 dS m<sup>-1</sup>. Quanto às doses de nitrogênio de 75, 100 e 125 mg kg<sup>-1</sup>, o modelo aos quais os dados se ajustaram melhor, foi o quadrático, onde nota-se que as plantas que receberam estas doses e estavam sob irrigação com água de CEa de 3,3; 3,1 e 2,9 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, propiciaram os maiores valores de CEad (11,1; 12,6 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>). Travassos et al. (2011) estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação



ção na cultura do girassol em ambiente protegido, constataram que a CE<sub>ad</sub> das plantas irrigadas com



CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>, foi cinco vezes maior que a CEa das plantas irrigadas com 0,5 dS m<sup>-1</sup>.



**Figura 7.** Condutividade elétrica – CE<sub>ad</sub> (A) e pH da água de drenagem – pH<sub>ad</sub> (B), em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e doses de adubação nitrogenada (DN) aos 120 dias após o semeio.

O aumento da CE<sub>ad</sub> ocorreu em função do incremento da CEa, independente das doses de N (Figura 7A). Neste sentido, denota-se aumento também da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; desta forma, supõe-se que a redução do consumo de água pelas plantas, a medida que aumentou-se a CEa (Figura 5), ocorreu devido ao efeito osmótico dos íons.

Constata-se (Tabela 3) que a interação (S x N) afetou o pH<sub>ad</sub> e, segundo a equação de regressão (Figura 7B), vê-se decréscimo linear do pH<sub>ad</sub> das plantas adubadas com 150 mg kg<sup>-1</sup> de N, na ordem de 1,81% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 0,58 no pH<sub>ad</sub> das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m<sup>-1</sup> em relação à testemunha (0,4 dS m<sup>-1</sup>). Observa-se ainda conforme equações de regressão (Figura 7B), resposta quadrática das plantas sob adubação com 75 e 125 mg kg<sup>-1</sup> de N, onde vê-se que os maiores valores do pH<sub>ad</sub> (7,99 e 8,19) foram obtidos, respectivamente, com CEa de 2,0 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>. Sousa et al. (2008) constataram que o incremento salino da água de irrigação na produção de mudas de maracujazeiro, com e sem adição de biofertilizante, promoveu aumento na condutividade elétrica e redução do pH do extrato de saturação. Não se constatou efeito significativo em relação às doses de 50 e 125 mg kg<sup>-1</sup> de N.

## CONCLUSÕES

A taxa de crescimento absoluto, a área foliar aos 35 DAS, o consumo e a eficiência de uso da água decresceram linearmente a partir da salinidade da água de 0,4 dS m<sup>-1</sup>;

Dentre as variáveis estudadas o consumo de água é a variável mais sensível à salinidade da água de irrigação e níveis crescentes de salinidade da água de irrigação promoveram maior taxa de crescimento relativo da mamoneira cv. BRS Energia;

Doses de N de 114 mg kg<sup>-1</sup> proporcionaram aumento na taxa de crescimento relativo e de 150 mg kg<sup>-1</sup> promoveu maior eficiência de uso da água;

Doses crescentes de nitrogênio atenuaram o efeito da salinidade da água de irrigação, até o nível de 2,4 dS m<sup>-1</sup> sobre área foliar aos 120 dias após o semeio e promoveram maior área foliar específica da mamoneira cv. BRS Energia aos 120 DAS.

Houve efeito significativo da interação entre salinidade da água e doses de nitrogênio para condutividade elétrica e pH da água de drenagem.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, pela concessão do auxílio financeiro (Projeto Universal) e bolsa PIBIC e à Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, F. P. et al. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 21-27, 2002.

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA – Algodão, 2001. 350 p.

BARKER, R. E.; FRANK, A. B.; BERDAHL, J. D. Cultivar and clonal differences for water use efficiency and yield of four forage grasses. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 1, p. 58-61, 1989.

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**, Noções Básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- CAVALCANTI, M. L. F. et al. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: Germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 57-61, 2005. Suplemento.
- CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 126-133, 2011.
- CHIARIELLO, N. R.; MOONEY, H. A.; WILLIAMS, K. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: PEARCY, R. W.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A. (ed). **Plant Physiological Ecology: Fields and Instrumentation**. New York: Chapman and Hall, 1991. p. 328-365.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.
- DEL AMOR, F. M. et al. Gás Exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, Oxford, v. 23, n. 9 p. 1315-1325, 2000.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA, 1989. 425 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 88, n. 1, p. 97-185, 2006.
- FLORES, P.; CARVAJAL, M.; MARTINEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**, Oxford, v. 24, n. 10, p. 1561-1573, 2001.
- LACERDA, C. F. et al. Solute accumulation and distribution shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 49, p. 107-120, 2003.
- MEDEIROS, J. F. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.
- MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 274, n. 1, p. 3-6, 2004.
- NEVES, A. L. R. et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 758-765, 2009.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- OLIVEIRA, M. K. T. et al. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável**, Mossoró, v. 1, n. 1, p. 68-74, 2006.
- PINTO, C. de M. et al. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A., MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 48).
- SEVERINO, L. S. et al. **Método para determinação da área foliar da mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20 p.
- SILVA, S. M. S. et al. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9 (Suplemento) p. 347-352, 2005.
- SILVA, S. M. S. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 335-342, 2008.
- SILVA, S. M. S. et al. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.
- SOUSA, A. E. C. et al. Crescimento e consumo hídrico de pinhão manso sob estresse salino e doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 310-318, 2011.
- SOUSA, G. B. et al. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de mara-

cujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, 2008.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 3, p. 503-527, 2003.

TRAVASSOS, K. D. et al. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.

VENGOSH, A. Salinization and saline environments. **Treatise on Geochemistry**, Durham, v. 9, n. 2, p. 1-35, 2007.