

## ***Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação nitrogenada***

### ***Physiology and biomass accumulation by castor bean subjected to saline stress and nitrogen fertilization***

Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>1\*</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>1</sup>, Reginaldo Gomes Nobre<sup>2</sup>, Hans Raj Gheyi<sup>3</sup>, Francisco Hevilásio Freire Pereira<sup>2</sup>

**RESUMO** – A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura tornou-se uma necessidade em virtude da escassez hídrica que atinge diversas regiões do país; desse modo, objetivou-se com este trabalho estudar a fisiologia e o acúmulo de fitomassa pela mamoneira cv. BRS Energia, cultivada sob irrigação com água de distintos níveis salinos e doses de adubação nitrogenada, em experimento conduzido em lisímetros sob condições de campo no CCTA/UFCG. Usou-se a aleatorização em bloco, arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de adubação nitrogenada (70, 100, 130 e 160% da dose indicada para ensaio) com três repetições. O estresse salino interfere negativamente sobre a condutância estomática e na fitomassa seca da parte aérea da cv. BRS Energia e níveis de condutividade elétrica da água de 0,3; 1,7 e 3,9 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, proporcionam os maiores valores para fotossíntese líquida, concentração interna de CO<sub>2</sub> e relação raiz/parte aérea. A irrigação com água de condutividade elétrica de até 3,9 dS m<sup>-1</sup> não exercem influência negativa sobre a razão de área foliar e o teor de água na parte aérea da mamoneira. O suprimento com nitrogênio até a dose de 160% aumenta a taxa de fotossíntese líquida e a fitomassa seca da parte aérea. Não houve interação entre os fatores níveis de salinidades da água versus doses de adubação nitrogenada sobre as variáveis avaliadas.

**Palavras-chave:** nitrogênio, estresse salino, *Ricinus communis* L.

**SUMMARY** - The use of low quality water in agriculture has become a necessity due to the water shortage affecting various regions of the country, thus, the aim of this work was to study the physiology and biomass formation by castor bean cv. BRS Energia, irrigated with water of different salinity levels and nitrogen fertilization, in an experiment conducted in lysimeters under field conditions in CCTA/UFCG. The experiment was conducted in randomized blocks, arranged in a 5 x 4 factorial, with five salinity levels of irrigation water - ECw (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3.9 dS m<sup>-1</sup>) and four levels of nitrogen (70, 100, 130 and 160% of the dose recommended for trials) with three replications. Saline stress interferes negatively on stomatal conductance and dry weight of shoots of cv. BRS Energia and levels of electrical conductivity of 0.3, 1.7 and 3.9 dS m<sup>-1</sup>, respectively, provide the highest values for net photosynthesis, internal CO<sub>2</sub> concentration and the root/shoot ratio; irrigation water electrical conductivity of up to 3.9 dS m<sup>-1</sup> does not exert negative influence on leaf area ratio and the water content in the shoot of castor bean. The nitrogen supply up to the dose of 160% increases the rate of net photosynthesis and dry biomass of shoot. There was no interaction between levels of water salinity versus nitrogen fertilization on the variables.

**Keywords:** nitrogen, saline stress, *Ricinus communis* L.

---

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/12/2012; aprovado em 30/03/2013

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Pós-graduando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande, PB, Brasil; E-mail: laurispo@hotmail.com; geovansoareslima@gmail.com;

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, D.Sc. Prof. do CCTA/UAGRA/UFCG, Pombal, PB, Brasil, E-mails: rgomesnobre@pq.cnpq.br; hfpereira@ccta.ufcg.edu.br;

<sup>3</sup> Prof. Visitante Sênior Nacional, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas, BA. hans@pq.cnpq.br;

## INTRODUÇÃO

Atualmente a preocupação com o meio ambiente tem gerado pressão quanto ao uso de combustíveis fósseis, que contribuem para o efeito estufa e o aquecimento global, além de serem os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera (MEGDA et al., 2012). Neste sentido, a cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) vem se destacando como alternativa para a substituição dos combustíveis fósseis, pelo fato de que o óleo extraído de suas sementes ser o único glicérido solúvel em álcool, além de ser o mais viscoso de todos os óleos; constituindo-se como boa matéria-prima para a fabricação de biodiesel, possibilitando diversificada utilização industrial, tornando a cultura de importante potencial econômico e estratégico para o país (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Os recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas possuem características peculiares que envolvem aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente no que diz respeito à presença de sais, causando restrições de uso para o consumo humano, animal e irrigação (MEDEIROS et al., 2003) e assim, a presença de íons em excesso poderá provocar distúrbio na absorção de elementos essenciais ao crescimento da planta, levando ao desbalanço nutricional, afetando as concentrações de nutrientes, como o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  na planta (TESTER e DAVENPORT, 2003). Outrossim, os efeitos adversos dos sais dissolvidos nas águas ou nos solos podem refletir na inibição e desuniformidade do crescimento, declínio na capacidade produtiva e na qualidade dos produtos obtidos das plantas cultivadas (ARRUDA et al., 2002).

As interações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, são altamente complexas, mesmo na ausência de salinidade e de outros estresses. Essas interações se tornam ainda mais complexas em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas (LACERDA, 2005). Assim, o mais importante mecanismo 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 (FAGERIA, 1989).

Deste modo, a nutrição mineral destaca-se como importante fator ambiental, sendo o nitrogênio exigido em maior quantidade pelas culturas (FLORES et al., 2001) possivelmente devido às suas funções nas plantas, uma vez que faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, entre outros. Além disso, estudos têm demonstrado que o acúmulo desse soluto orgânico eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade (SILVA et al., 2008).

Diversos estudos têm demonstrado que uma fertilização nitrogenada adequada pode reduzir os efeitos deletérios da salinidade e promover o crescimento das

plantas (EBERT et al., 2002; BARHOUMI et al., 2010), pelo fato, de que o aumento do suprimento de N promove maior acúmulo de compostos orgânicos nitrogenados, que desempenham importante papel no balanço osmótico celular, além de estabilizar estruturas subcelulares sob condições de estresse salino (PARIDA e DAS, 2005).

Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a fisiologia e a produção de fitomassa pela mamoneira quando submetida à irrigação com águas de diferentes níveis salinos e adubada com distintas doses de nitrogênio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre setembro de 2011 e janeiro de 2012 em vasos sob condições de campo em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) localizado no município de Pombal, PB, situada a  $6^{\circ}48'16''$  de latitude S,  $37^{\circ}49'15''$  de longitude W e altitude média de 144 m, sendo o clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), 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.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 4$ , com três repetições, cujos tratamentos consistiram de diferentes níveis de condutividades elétricas da água de irrigação – CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9  $\text{dS m}^{-1}$ ) associado a doses de adubação nitrogenada (70; 100; 130 e 160% da indicação para ensaios em lisímetro, conforme NOVAIS et al., 1991). As águas com distintas salinidades usadas na irrigação foram obtidas a partir da dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local, sendo a quantidade a ser adicionada calculada conforme a equação de Rhoades et al. (2000),  $C (\text{mg L}^{-1}) = 640 \times \text{CEa} (\text{dS m}^{-1})$ , na qual a CEa representa o valor pré-estabelecido.

Usaram-se sementes da mamoneira cultivar BRS Energia, cujas plantas segundo Silva et al. (2009), possuem ciclo de 120 a 150 dias, frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade de aproximadamente 1.800  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Nesta pesquisa, utilizaram-se lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade, preenchidos com 2,0 kg de brita ( $n^{\circ}$  zero) a qual cobria a base do lisímetro, mais 107,8 kg de material de solo (tipo franco-argila-arenoso) não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, segundo metodologia proposta por Claessen (1997). Os lisímetros possuíam furos na base para permitir o acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumo de água pela cultura.

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

Característica	Valor
Classificação textural	Franco argilo-arenoso
Densidade aparente – kg dm <sup>-3</sup>	1,34
Porosidade - m <sup>3</sup>	48,26
<b>Complexo sortivo (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>)</b>	
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	3,95
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	3,70
Sódio (Na <sup>+</sup> )	0,37
Potássio (K <sup>+</sup> )	0,43
<b>Extrato de saturação</b>	
pH <sub>ps</sub>	5,01
CE <sub>es</sub> – dS m <sup>-1</sup>	0,09
Cloro (Cl <sup>-</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,5
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,3
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,5
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,0
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,0
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,0
Sódio (Na <sup>+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,33
Potássio (K <sup>+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,05

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 a adubação básica com 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 2,5 kg (equivalente a 2,5%) de vermicomposto por vaso. O material de solo após ser acondicionado nos lisímetros foi colocado em capacidade de campo, usando as distintas águas conforme tratamentos. O fator adubação nitrogenada foi parcelado, sendo 1/3 aplicado em fundação e os 2/3 divididos em 4 aplicações iguais via fertirrigação em intervalos de 10 dias a partir de 25 dias após a semeadura (DAS), sendo aplicados por vaso no tratamento N2 (100% de N) 33,34 g de fosfato monoamônio mais 8,88 g de uréia.

Em 28 de setembro de 2011 foi realizada a semeadura, colocando-se as sementes de forma equidistante, a uma profundidade de 0,02 m. Aos 22 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor e aos 30 e 40 DAS foram realizados novos desbastes, onde eliminou-se em cada um, uma planta por vaso.

Analisaram-se aos 67 DAS quando as plantas encontravam no nono estágio de desenvolvimento (MOSHKIN, 1986) à condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), taxa de fotossíntese líquida (A) e aos 120 DAS foram mensurados: a razão de área foliar (RAF), o teor de água na parte aérea (U), a fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e a relação raiz/parte

aérea (R/PA). Determinou-se a gs, CI e A utilizando-se equipamento portátil de análises de trocas gasosas por meio de infravermelho (IRGA), denominado “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. A RAF foi determinada através da relação entre a área foliar e a fitomassa da parte aérea, de acordo com a Eq. 2 descrita por Ferri (1985). A FSPA foi determinada através do somatório da massa seca das folhas e caule; A R/PA foi estimada através da relação entre a fitomassa seca da raiz e a fitomassa seca da parte aérea.

$$RAF = \frac{AF}{FSPA} \quad (2)$$

em que:

AF – área foliar no tempo t (cm<sup>2</sup>)

FPA – fitomassa da parte aérea no tempo t (g)

O U(%) foi obtida conforme eq. 3 contida em Silva et al. (2012);

$$U (\%) = \frac{(MFPA - MSPA)}{(MFPA)} \times 100 \quad (3)$$

em que:

U - teor de água na parte aérea da planta (%);

MPFA - massa fresca da parte aérea (g);

MPSA – massa seca da parte aérea (g).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’ ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando do software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se pelos resultados do teste F apresentados na Tabela 2, que os níveis salinos da água de irrigação (S) afetaram significativamente a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a taxa de fotossíntese líquida, a razão de área foliar, o teor de água na parte aérea e a relação raiz/parte aérea a nível de 0,05 de probabilidade e para a fitomassa seca da parte aérea a nível de significância de 0,01 de probabilidade. Contudo, o fator doses de nitrogênio (DN) afetou significativamente a taxa de fotossíntese líquida e a fitomassa seca da parte aérea a nível de 0,05 de probabilidade. Já a interação entre os fatores (S x DN) não influenciou significativamente nenhuma variável analisada indicando que doses de nitrogênio tiveram comportamento semelhante em diferentes níveis de salinidade de água.

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/12/2012; aprovado em 30/03/2013

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Pós-graduando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande, PB, Brasil; E-mail: laurisp@hotmai.com; geovanisoareslima@gmail.com;

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, D.Sc. Prof. do CCTA/UAGRA/UFCG, Pombal, PB, Brasil, E-mails: rgomesnobre@pq.cnpq.br; hfpereira@ccta.ufcg.edu.br;

<sup>1</sup> Prof. Visitante Sênior Nacional, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas, BA. hans@pq.cnpq.br;

**Tabela 2.** Resumo do teste F referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), taxa de fotossíntese líquida (A), razão de área foliar (RAF), teor de água na parte aérea U (%), fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e relação raiz/parte aérea (R/PA) da mamoneira, irrigada com água de diferentes salinidades e sob doses de nitrogênio

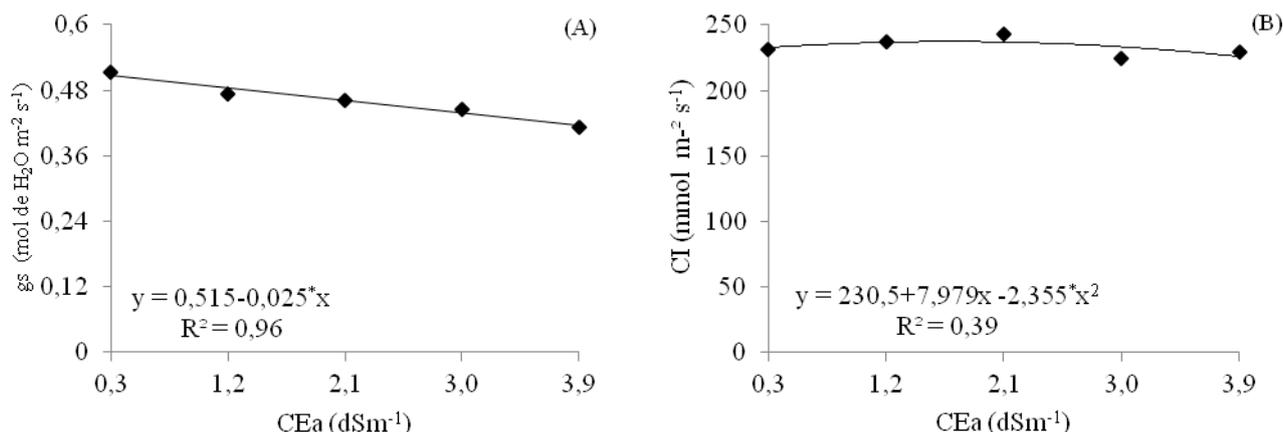
Fonte de Variação	Teste de F						
	gs	CI	A	RAF	U(%)	FSPA	R/PA
Níveis salinos (S)	*	*	*	*	*	**	*
Reg. Linear	*	*	ns	*	**	**	ns
Reg. Quadrática	ns	ns	*	ns	ns	*	*
Doses de N (N)	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
Reg. Linear	-	-	*	-	-	*	-
Reg. Quadrática	-	-	ns	-	-	ns	-
Interação (S x DN)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	*	**	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	15,69	4,51	10,40	20,58	2,98	21,97	15,76

ns, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ .

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou a condutância estomática (gs) da mamoneira e segundo a equação de regressão (Figura 1A) verifica-se efeito linear com decréscimo da gs na ordem de 4,85% por incremento unitário da CEa, ou seja, ao se comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade ( $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ ) em relação a menor concentração de sais ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) constata-se diminuição na condutância estomática de 17,47%. Denota-se que esse fechamento parcial dos estômatos seja decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (NEVES et al., 2009). A redução na condutância estomática pode provocar declínio na fotossíntese líquida, devido à redução na pressão parcial do CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares ou na câmara subestomática (SULTANA et al., 1999) e consequentemente, afetar o crescimento e

produção das culturas. Sousa et al. (2012) avaliando as trocas gasosas em folhas de pinhão-manso, na fase de frutificação, cultivado sob condições de salinidade (CEa:  $0,6$  à  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) também observaram que houve uma diminuição linear na condutância estomática com o incremento da CEa.

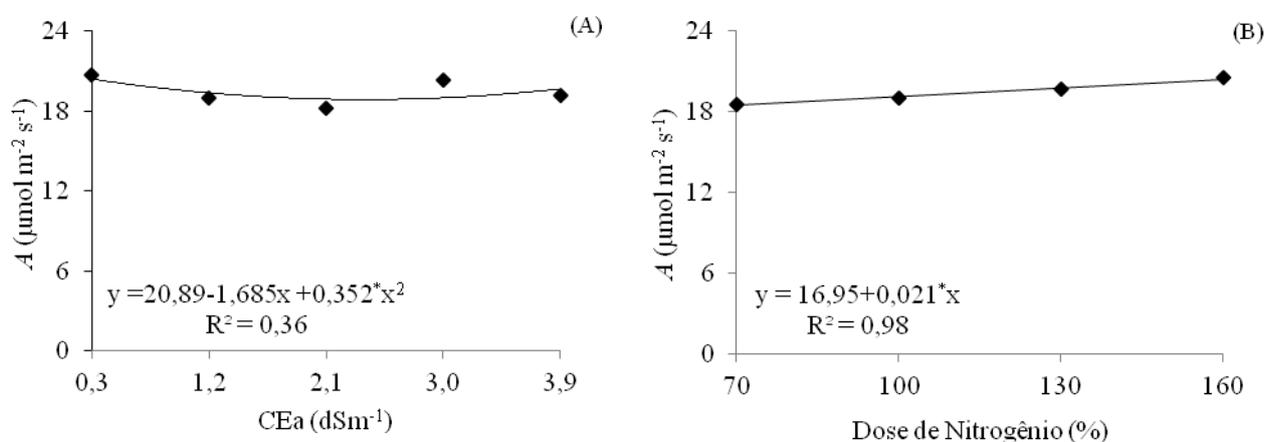
Em relação à concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), nota-se (Figura 1B) que os dados comportaram-se de forma quadrática, onde se constata que o maior valor para CI ( $237,25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi alcançado quando as plantas foram irrigadas com água de CEa de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  e, a partir deste nível de CEa houve decréscimo, obtendo-se o menor valor de  $225,79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  nas plantas submetidas a irrigação com água de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ . Este tipo de comportamento evidencia a ocorrência não só de dano ao aparato fotossintético na etapa de carboxilação, mas também, aumento no processo de fotorespiração, já que a Rubisco como oxigenase é quem catalisa o primeiro passo dessa rota (PEREIRA et al., 2004).



**Figura 1.** Condutância estomática – gs (A) e concentração interna de CO<sub>2</sub> – CI (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa

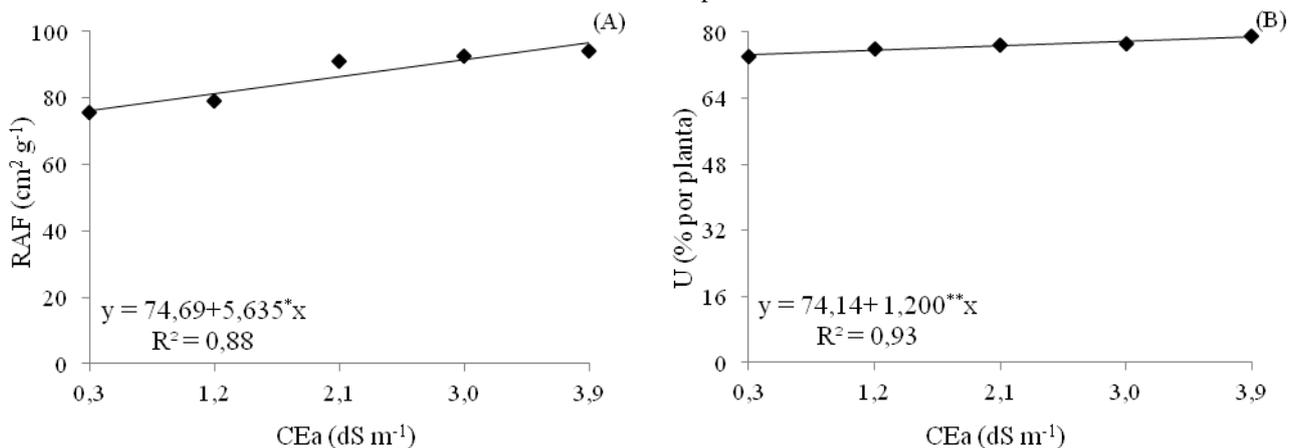
A taxa de fotossíntese líquida (A), em função da irrigação com níveis crescentes de CEa, teve conforme equação de regressão (Figura 2A) resposta quadrática, onde se constata que as plantas que estavam sob irrigação com água de 0,3 dS m<sup>-1</sup> tiveram a maior A (20,41 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), e, o menor valor para A (18,87 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi obtido nas plantas sob irrigação com CEa de 2,5 dS m<sup>-1</sup>. O fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO<sub>2</sub> em direção ao sítio de carboxilação é um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese, em plantas cultivadas em condições de salinidade (XU et al., 1994).

A fotossíntese líquida das plantas de mamoneira aumentou linearmente, em resposta a aplicação das doses crescentes de adubação nitrogenada e conforme a equação de regressão (Figura 2B) houve acréscimos de 3,71% na A para cada aumento de 30% das doses de N avaliadas, correspondente a um aumento de 1,89 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (11,15%) na A das plantas submetidas à adubação com 160% de N em relação as que receberam 70% de N. Resultados positivos de A com o incremento nas doses de N, devem-se à maior biossíntese de componentes fotossintéticos, dos quais o N é constituinte, tais como a enzima Rubisco e a molécula de clorofila (POMPEU et al., 2010).



**Figura 2.** Taxa de fotossíntese líquida – A da mamoneira em função da condutividade elétrica da água - CEa (A) e das doses de adubação nitrogenada (B)

A razão de área foliar é um índice ecofisiológico importante como parâmetro na captura da radiação fotossinteticamente ativa e esta relacionada com a produção de fitomassa resultante do processo de fotossíntese. Constatou-se (Tabela 2) que a RAF da mamoneira foi significativamente influenciada pelos níveis crescentes da salinidade da água de irrigação e vê-se que o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o linear (Figura 3A) indicando um acréscimo na ordem de 7,54% para cada aumento unitário da CEa, o que corresponde a um incremento de  $20,28 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  na RAF das plantas irrigadas com CEa de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  em relação as sob CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Pode-se inferir ainda a partir do estudo de regressão (Figura 3A) que as plantas sob os níveis salinos mais elevados apresentaram maior quantidade de material fotossintetizante em relação à massa da matéria seca total. Diferentemente dos



**Figura 3.** Razão de área foliar - RAF (A) e teor de água na parte aérea - U (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa

O acúmulo de fitomassa seca da parte aérea foi afetado significativamente e de forma negativa pela salinidade da água de irrigação e mediante a equação de regressão (Figura 4A) o modelo quadrático indica que, as plantas quando foram irrigadas com água de CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ , proporcionaram o maior acúmulo de FSPA ( $104,36 \text{ g}$ ) sendo o menor ( $50,28 \text{ g}$ ), obtido com as plantas irrigadas com água de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ . Avaliando-se o comportamento desta variável em função do incremento salino das águas, nota-se ainda redução de 56,18% ( $54,08 \text{ g}$ ) entre o maior (CEa =  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ ) e o menor (CEa =  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) nível de salinidade da água de irrigação, podendo-se inferir que o aumento da salinidade da água de irrigação afeta diretamente no acúmulo de fitomassa seca de plantas de mamoneira. A redução na produção da fitomassa pode estar relacionada tanto com o componente osmótico como com o componente iônico, ambas indissociáveis no estresse salino. A baixa disponibilidade de água resultante da redução do potencial osmótico devido à elevada concentração salina, provoca o

resultados obtidos no presente estudo, Cavalcanti et al. (2005) não observaram aos 80 DAS alterações na RAF de plantas de mamoneira em consequência do aumento da salinidade da água de irrigação.

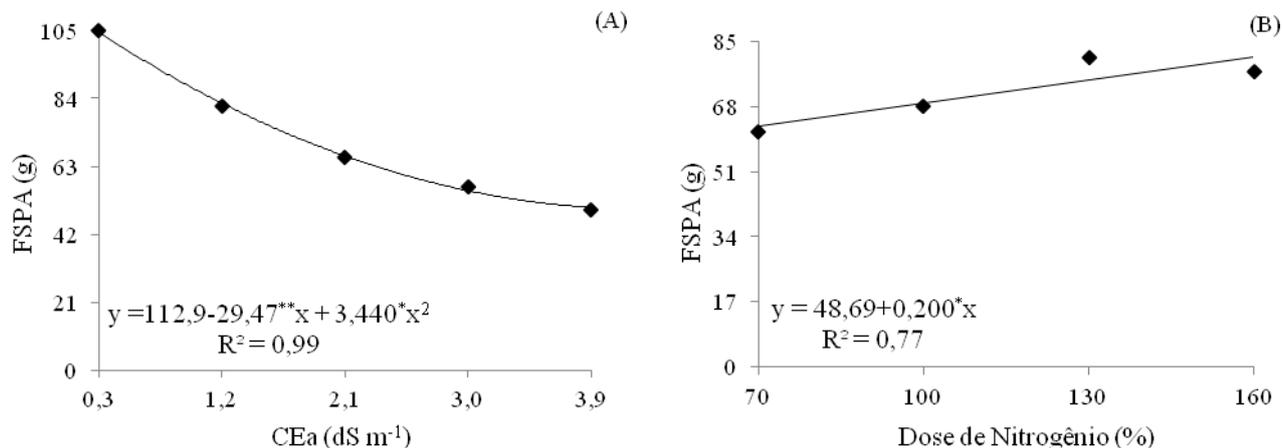
Como observado para RAF (Figura 3A), o teor de água na parte da aérea da mamoneira também aumentou linearmente com o incremento dos níveis salinos da água de irrigação e através do modelo de regressão (Figura 3B), verifica-se que a U (%) apresentou acréscimo de 1,60% por aumento unitário da CEa, ou seja, quando submetem-se as plantas a salinidade da água de  $3,9 \text{ dS m}^{-1}$  houve um aumento de 5,82% na U(%) em relação as irrigadas com CEa de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Estes resultados diferem dos relatos de Soares et al. (2010) que afirmam que quanto maior é o estresse salino em que a planta é submetida menor é o teor de água na parte aérea da planta.

fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, reduz a assimilação do  $\text{CO}_2$  e a taxa fotossintética afetando diretamente a produção de fitomassa (WILLADINO e CAMARA, 2004). Cavalcanti et al. (2004) estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial da mamoneira, verificaram que, a fitomassa da parte aérea decresceu linearmente com o incremento da CEa além de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ , com decréscimo relativo de 6,0% por aumento unitário da CEa.

As doses nitrogênio aplicada promoveram incremento linear na produção de FSPA da mamoneira (Figura 4B) e de acordo com a equação de regressão, constata-se acréscimo de 12,32% por aumento de cada 30% das doses de N, proporcionando aumento de 18 g (36,96%) na FSPA das plantas submetidas a 160% de N em relação as que receberam 70% de N. O aumento observado sobre a produção FSPA pode ser atribuído às funções do nitrogênio nas plantas, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal (SILVA et al.,

2008). Os resultados obtidos nesta pesquisa são condizentes com relatos de Nobre et al. (2013) que ao analisarem o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação associada a doses de adubação

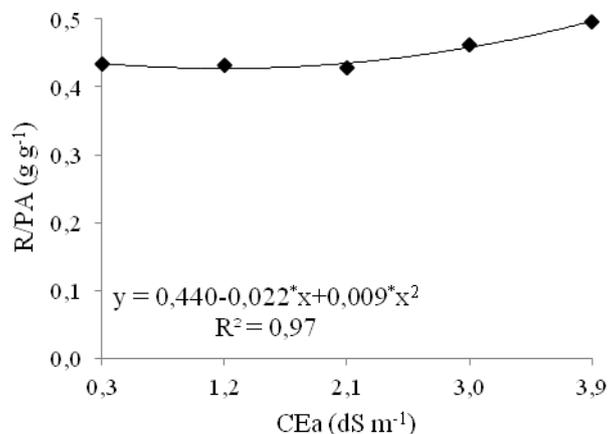
nitrogenada sobre a emergência, crescimento e produção da mamoneira cv. BRS Energia constataram acréscimos de 12,47 g na FSPA das plantas com a elevação das doses de nitrogênio.



**Figura 4.** Fitomassa seca da parte aérea - FSPA da mamoneira em função da condutividade elétrica da água - CEa (A) e das doses de adubação nitrogenada (B)

A relação raiz/parte aérea indica o nível de contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular no favorecimento do crescimento da parte aérea. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, observa-se conforme a equação de regressão (Figura 5) que a R/PA da mamoneira aumentou até o maior nível de CEa estudado (3,9 dS m<sup>-1</sup>) onde foi obtido o máximo valor para esta variável (0,427 g g<sup>-1</sup>) onde a partir de estimativas pela equação de regressão, verifica-se também que o valor mínimo para a R/PA foi encontrado nas plantas irrigadas com CEa de 0,8 dS m<sup>-1</sup> (0,491g g<sup>-1</sup>). A importância da relação raiz/parte aérea das plantas cultivadas sob estresse salino tem sido motivo de controvérsias em diversos estudos. Um maior crescimento do sistema radicular pode levar à exploração de um volume maior do solo, favorecendo a absorção de água e

de elementos essenciais, sendo particularmente importante em solos que apresentam limitada capacidade de fornecimento de nutrientes (MARSCHNER, 1995), podendo beneficiar o crescimento das plantas. Contudo, um maior crescimento radicular, sob condições de salinidade, também pode levar a uma maior absorção de íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, em níveis tóxicos, e o seu consequente carregamento para a parte aérea, prejudicando o crescimento da planta como um todo (LACERDA, 2000). Cavalcanti et al. (2005) estudando a influência da salinidade na germinação e no crescimento da mamoneira BRS Nordestina, obtiveram efeito linear crescente da salinidade da água sobre a relação R/PA, com incremento de 9,85% da R/PA por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.



**Figura 5.** Relação raiz parte aérea - R/PA da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação -CEa

## CONCLUSÕES

1. O estresse salino interfere negativamente sobre a condutância estomática e na fitomassa seca da parte aérea da cv. BRS Energia;
2. Níveis de condutividade elétrica da água de 0,3; 1,7 e 3,9 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, proporcionam os maiores valores para fotossíntese líquida, concentração interna de CO<sub>2</sub> e relação raiz/parte aérea;
3. A irrigação com água de condutividade elétrica de até 3,9 dS m<sup>-1</sup> não exercem influência negativa sobre a razão de área foliar e o teor de água da parte aérea da mamoneira;
4. O suprimento com nitrogênio até a dosagem de 160% aumenta a taxa de fotossíntese líquida e a fitomassa seca da parte aérea da mamoneira;
5. Não houve interação entre os fatores níveis de salinidades da água versus doses de adubação nitrogenada sobre as variáveis da mamoneira cv. BRS Energia avaliadas.

## AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento do projeto (Edital universal);

A Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, F. P. de.; ANDRADE, A. P. de; SILVA, I. de F. da; PEREIRA, I. E.; GUIMARÃES, M. A. M. Efeito do estresse hídrico na emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo cv. CNPA 7H. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 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. 350p.

BARHOUMI, Z.; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALI, W.; ABDELLY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus litoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.173, n.1, p.149-157, 2010.

CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS JÚNIOR, G.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido à salinidade da água de irrigação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.4, n.1, s.p., 2004.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à

salinidade: Germinação e características de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.57-61, 2005.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1997. 212p. (Embrapa - CNPS. Documentos, 1).

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna, 368 p., 1982.

EBERT, G. EBERLE, J.; ALI-DINAR, H.; LUDDERS, P. Ameliorating effects of Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl- stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 93, n.2, p.125-135, 2002.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMBRAPA, 1989.425p.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4,6 - programa de análise estatística. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM.

FERRI, M. G. Fisiologia vegetal 1. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985.362p.

LACERDA, C. F. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino. 2000. 163 f. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000

LACERDA, C. F. de. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; U. (ed.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, 2005, p.127-137.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.469-472, 2003.

MEGDA, M. X. V.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; VITTI, A. C. Eficiência agrônômica de adubos nitrogenados em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.12, p.1681-1690, 2012.

MOSHKIN, V. A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). *Castor*. New Delhi: Amerind, 1986.

- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. de; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES FILHO, E.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, (Suplemento), p.873-881, 2009.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n.1, p.76-85, 2013.
- 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.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.60, n.3, p.324-349, 2005.
- PEREIRA, F. H. F.; ESPINULA NETO, D.; SOARES, D. C.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, sp., 2004.
- POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M.N.; GOMES, F. H. T.; LACERDA, C. F.; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.4, p.1187-1210, 2010.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. UFPB, 2000, 117p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48.
- SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N., KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. *Revista Irriga*, v. 17, n.1, p.114-125, 2012.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, n.1-3, p.147-157, 2008.
- SILVA, S. M. S.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos; SOARES, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.338-348, 2009.
- SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. Combinação de águas doce e salobra para a produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.705-714, 2010.
- SOUZA, A. E. C.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. *Revista Caatinga*, v.25, n.2, p.144-152, 2012.
- SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany*, v.42, n.3, p.211-20, 1999.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> Tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; SÁNCHEZ, A. (ed.). *La ecofisiología vegetal – Una ciencia de síntesis*. Madrid: Thompson, 2004. p. 303-330.
- XU, H. L.; GAUTHIER, L. GOSSELIN, A. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. *Journal of Horticultural Science*, v.69, n.5, p.821-832, 1994.