

Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>1\*</sup>

Guilherme de Freitas Furtado<sup>1</sup>

Elysson Marks G. de Andrade<sup>1</sup>

Jônatas Raulino Marques de Sousa<sup>1</sup>

Hugo Orlando Carvalho Guerra<sup>2</sup>

Ronaldo do Nascimento<sup>3</sup>



## Troca de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada

### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos distintos níveis salinos da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada sobre a troca de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi cv. BRS Pajeú, em experimento conduzido em lisímetros sob condições de casa-de-vegetação no CTRN/UFCG. Utilizou-se o delineamento em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, testando-se cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e cinco doses de nitrogênio (70; 100; 130; 160 e 190% da dose recomendada para ensaio em vasos). Analisaram-se aos 40 dias após a semeadura (DAS): a concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência no uso da água (EUA), transpiração (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EICI). 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. A irrigação com águas salinas provocou redução na condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência no uso da água, transpiração e eficiência instantânea da carboxilação e um aumento da concentração interna de CO<sub>2</sub>. A fertilização nitrogenada afetou positivamente transpiração das plantas de feijão-caupi 'BRS Pajeú'. Não houve interação entre a salinidade da água de irrigação e a fertilização nitrogenada para nenhuma variável analisada.

**Palavras-Chaves:** *Vigna unguiculada* (L.), condutividade elétrica da água, nitrogênio.

### CO<sub>2</sub> exchange of cowpea under saline water and nitrogen fertilization

### ABSTRACT

**SUMMARY:** The objective of this work was to evaluate the effect of salinity levels of irrigation water and nitrogen fertilizer levels on gas exchange of cowpea cv. BRS Pajeú in an experiment conducted in lysimeters under greenhouse conditions in the CTRN / UFCG. It was used a randomized block design in a factorial 5 x 5, with five levels of electrical conductivity of the water (0.9, 1.8, 2.7, 3.6 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>) and five nitrogen rates (70, 100, 130, 160 and 190% of the recommended level). Forty days after sowing (DAS) it was evaluated the internal CO<sub>2</sub> concentration (CI), stomatal conductance (gs), CO<sub>2</sub> assimilation rate (A), water use efficiency (EUA), transpiration (E) and instantaneous efficiency of carboxylation (EICI). The obtained data was evaluated by analysis of variance test for 'F' at 0.05 and 0.01 probability and in cases of significance, analysis was performed for linear and quadratic polynomial regression. Water salinity reduced the stomatal conductance, CO<sub>2</sub> assimilation rate, water use efficiency, transpiration and instantaneous efficiency of carboxylation and increased the internal concentration of CO<sub>2</sub>. Nitrogen fertilization increased plant transpiration of cowpea 'BRS Pajeú'. There was no interaction between water salinity and nitrogen fertilization for the variables studied.

**Key words:** *Vigna unguiculada* (L.), electrical conductivity of water, nitrogen.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 01/09/2013. Aprovado em 18/09/2013.

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 58400-970, Campina Grande, PB. E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Professor Titular, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: hugo\_carvalho@hotmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: ronaldo@deag.ufcg.edu.br

## INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculada* (L.) Walp.) é o alimento básico das populações mais pobres, exercendo importante função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada, além de desempenhar papel fundamental na composição da produção agrícola brasileira, particularmente das regiões Norte e Nordeste (BEZERRA et al., 2003).

O aumento da área irrigada e a diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade têm incrementado a utilização de águas marginais, com diferentes níveis de salinidades (OLIVEIRA et al., 2011). Contudo, a utilização de águas salinas na irrigação, depende de estratégias de longo prazo que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas, permitindo a obtenção de colheitas rentáveis sem que ocorra degradação do solo (MURTAZA et al., 2006; CHAUHAN & SINGH, 2008).

A presença de sais na água de irrigação, provoca restrição no crescimento das plantas uma vez que as taxas de alongação e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular (ASHRAF; HARRIS, 2004). Entretanto, tais efeitos dependem de muitos outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER & DAVENPORT, 2003; ASHRAF & HARRIS, 2004).

Além disso, o excesso de sais leva ao desbalanço nutricional no solo e nas plantas, uma vez que o excesso de sais ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) na solução do solo leva à um distúrbio na absorção de nutrientes, alterando as concentrações de nutrientes, como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Na}^+$  na planta. Essa desordem nutricional pode levar a um desenvolvimento abaixo do normal, o que é afetado, em grande parte, pelos processos metabólicos da planta (VIANA et al., 2001).

Desta forma, o balanço osmótico é essencial para o desenvolvimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço resultará em injúrias semelhantes aos da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento e produção, resultando em plantas atrofiadas, desidratação e finalmente a morte das células (ASHRAF & HARRIS, 2004). Entre os diversos efeitos da salinidade sobre as plantas, 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 maior absorção de cloreto pela planta (DEL AMOR et al., 2000).

Neste contexto, a nutrição mineral destaca-se como um 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).

Diante da importância da cultura da feijoeiro no agronegócio regional, e da evidente necessidade do uso de águas salinas na irrigação, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada, sobre a troca de  $\text{CO}_2$  do feijão-caupi.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de junho a agosto de 2013 sob condições de casa-de-vegetação pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), município de Campina Grande – PB, com as coordenadas geográficas locais  $7^{\circ}15'18''$  de latitude Sul,  $35^{\circ}52'28''$  de longitude Oeste e altitude de 550 m.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial de  $5 \times 5$  com três repetições, sendo os tratamentos compostos pela combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação-CEa (0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5  $\text{dS m}^{-1}$ ) e cinco doses de adubação nitrogenada-DN [(70; 100; 130; 160 e 190% da recomendação de Novais et al. (1991)].

Os níveis de salinidade da água foram obtidos a partir da dissolução do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e de magnésio ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) na água de irrigação, estabelecendo uma proporção de 7:2:1, respectivamente, tomando-se como base a água proveniente do sistema de abastecimento local (Campina Grande, PB), cuja quantidade foi determinada conforme descrito na equação de Richards (1954), levando em consideração a relação entre a CEa e a concentração de sais ( $10 \cdot \text{meq L}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$  de CEa). As respectivas águas foram acondicionadas em vasos plásticos de 100 L de capacidade.

Utilizou-se a cultivar de feijão-caupi 'BRS Pajeú', que conforme a Embrapa (2009), é um material genético com hábito de crescimento indeterminado, porte semi-prostrado, com tempo médio de 39 dias para a floração e comprimento médio da vagem 21,4 cm.

Utilizaram-se, lisímetros de 10 L de capacidade volumétrica, preenchidos com 300 g de brita ( $n^{\circ}$  zero) a qual cobria a base do vaso seguida 14 kg de material de solo (tipo areia franca) não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do Município de Campina Grande, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 1), foram obtidas conforme metodologias recomendadas pela Embrapa (1997). As sementes foram semeadas em lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade, e após o desbaste deixou-se uma planta por lisímetro, constituindo a unidade experimental. Cada lisímetro possuía dois furos na parte inferior para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos existiam garrafas plásticas para coleta da água drenada, permitindo assim a estimativa do consumo de água pela planta. Os lisímetros foram preenchidos com 2 kg de brita ( $n^{\circ}$  zero) a qual cobria a base do vaso, seguida de 107,5 kg de material de solo classificado como franco argila arenoso,

não salino e não sódico coletado à profundidade de 0-30 cm, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físicas e químicas

(Tabela 1), foram obtidas conforme metodologias descritas por Claessem (1997).

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

Característica	Valor
Classificação textural	Areia franca
Densidade do solo – g cm <sup>-3</sup>	1,77
Porosidade - %	38,59
<b>Complexo sortivo (meq/100g de solo)</b>	
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	2,37
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	3,09
Sódio (Na <sup>+</sup> )	0,37
Potássio (K <sup>+</sup> )	0,18
<b>Extrato de saturação</b>	
pH <sub>ps</sub>	6,47
CE <sub>es</sub> – dS m <sup>-1</sup>	1,52
Cloro (Cl) (meq L <sup>-1</sup> )	10,00
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	5,10
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	5,00
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	16,25
Sódio (Na <sup>+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	9,18
Potássio (K <sup>+</sup> ) (meq L <sup>-1</sup> )	0,60

Para adubação de fundação foi aplicado por vaso: 35 g de monoamônio fosfato, 3,5 g de KCl e 0,5 kg de húmus de minhoca e 1/3 do N. Após o acondicionamento do material do solo nos lisímetros colocou-se em capacidade de campo, através do método de saturação por capilaridade, seguida por drenagem livre, usando as distintas águas conforme tratamentos pré estabelecidos.

O plantio foi realizado no dia 16 de junho de 2013, semeando-se cinco sementes por lisímetro a 5 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas teve início no terceiro dia após o semeio (DAS) e continuou até o sexto dia. Aos 10 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas duas plantas por lisímetro, as que apresentavam o melhor vigor. Aos 15 DAS foi realizado novo desbaste, onde eliminou-se, uma planta por lisímetro.

O tratamento doses de nitrogênio (cobertura) foi parcelado em duas vezes, aplicada via fertirrigação em intervalos de sete dias a partir de 15 DAS, sendo aplicados por vaso no tratamento com 100% da recomendação de N, 29,16 g de monoamônio fosfato (MAP) mais 0,95 g de uréia. A quantidade de adubo aplicado nos demais tratamentos foi calculada conforme a dosagem de 100% de N. Realizou-se ainda, uma adubação foliar aos 32 DAS, usando ubyfol na proporção de 0,5 kg do fertilizante foliar para 100 L de água, distribuídos nas plantas com auxílio de um pulverizador costal.

A irrigação foi feita adotando-se um turno de rega de dois dias, aplicando-se em cada lisímetro água com seus respectivos níveis de condutividade elétrica. As irrigações foram realizadas com base no balanço hídrico, acrescido de aproximadamente 0.01 da fração de lixiviação.

Os tratos culturais realizados durante a condução do experimento consistiram em escarificação superficial do solo e após as plantas atingirem os estádios de desenvolvimento R3 (CIAT, 1983), foi realizado o tutoramento. A prevenção de pragas e doenças realizaram-se através de pulverizações com produtos comerciais recomendados para a cultura do feijoeiro.

Aos 40 DAS quando as plantas encontravam no quinto estágio de desenvolvimento (CIAT, 1983) analisaram-se, à condutância estomática-gs (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração interna de CO<sub>2</sub>- CI (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de fotossíntese líquida-A (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e transpiração-E (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) utilizando-se equipamento portátil de análises de trocas gasosas por meio de infravermelho (IRGA), denominado “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. Após a coleta dos dados foram mensurados a eficiência intrínseca do uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a eficiência instantânea da carboxilação (EICi) (A/Ci) (JAIMEZ et al., 2005).

Os dados obtidos foram submetidos a 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se a partir dos resultados do teste F (Tabela 2), que a salinidade da água de irrigação afetou significativamente a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a condutância estomática, a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, a eficiência no uso da água, a transpiração e a eficiência instantânea da carboxilação do feijão-caupi. Todavia, com

exceção da variável transpiração, o fator doses de adubação nitrogenada e a interação entre os fatores S x DN não influenciaram nenhuma variável avaliada. Silva et al. (2011) avaliando a interação entre salinidade e o uso

de biofertilizante bovino sobre as trocas gasosas e teores de elementos minerais no feijão-de-corda também verificaram não haver interação entre os fatores.

**Tabela 2.** Resumo do teste F para a concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), eficiência no uso da água (EUA), transpiração (E) e eficiência instantânea da carboxilação (EICi) do feijão-caupi cultivado com águas salinizadas e adubada com nitrogênio.

Fonte de Variação	Teste F					
	CI	gs	A	EUA	E	EICi
Níveis de salinidade (S)	*	**	*	*	*	*
Reg. Linear	*	*	**	*	*	*
Reg. Quadrática	*	ns	ns	*	ns	ns
Doses de N (DN)	ns	ns	ns	ns	*	ns
Reg. Linear	-	-	-	-	*	-
Reg. Quadrática	-	-	-	-	*	-
Interação (S x DN)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	*	*	*	*	ns	ns
CV (%)	23,94	35,02	25,65	28,21	25,06	23,05

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

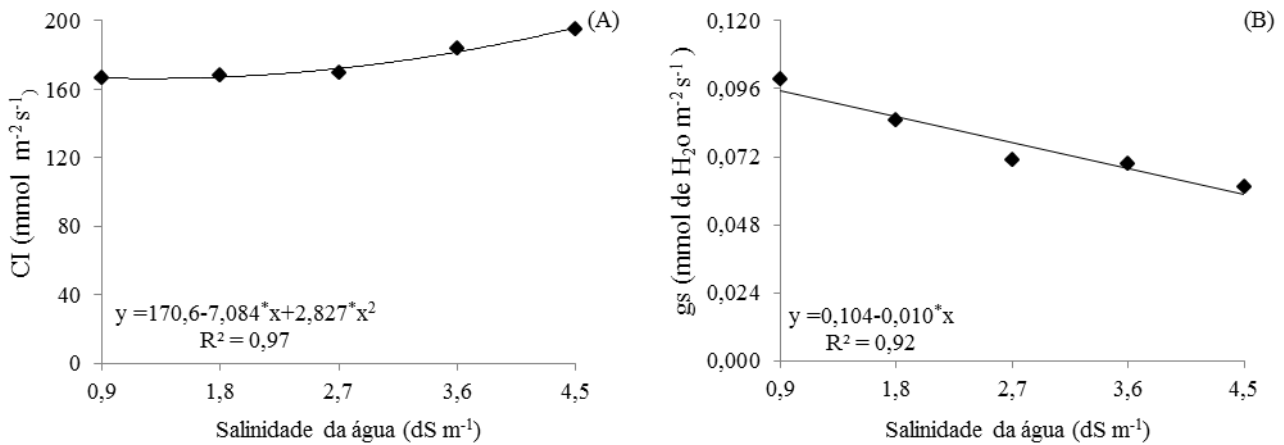
A concentração interna de CO<sub>2</sub> nas plantas de feijão-caupi aumentou em forma quadrática (Figura 1A) com os níveis salinos da água de irrigação, sendo o máximo valor encontrado nas plantas quando estas foram irrigadas com água CEa de 4,5 dS m<sup>-1</sup> (195,96 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e o mínimo (166,16 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) nas que receberam CEa de 1,3 dS m<sup>-1</sup>. Esse incremento na CI pode ser atribuído a diminuição na condutância estomática com a salinidade da água (Figura 1B), uma resposta comum das plantas ao estresse salino. Este tipo de comportamento evidencia a ocorrência não só de dano ao aparato fotossintético na etapa de carboxilação, mas também, aumento no processo de fotorrespiração, já que a Ribulose 1-5 bifosfato carboxilase oxigenase (Rubisco) é quem catalisa o primeiro passo dessa rota (PEREIRA et al., 2004). Machado et al. (1999) sugerem que o aumento de CI, pode estar relacionado à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO<sub>2</sub>. Além disso, Grassi & Magnani (2005), atribuem este incremento a fatores não estomáticos como redução da atividade e concentração da Rubisco, fotoinibição, taxa de transferência de elétrons e redução da eficiência fotoquímica de PSII, podem prejudicar a fotossíntese.

Ao contrário do observado para a CI, a condutância estomática das plantas de feijão-caupi diminuiu

linearmente com o aumento da salinidade, apresentando uma redução de 9,61% por incremento unitário da CEa, ou seja, as plantas quando irrigadas com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma diminuição na CE de 24,65% em relação às plantas que receberam água de 0,9 dS m<sup>-1</sup>.

Esta redução na condutância estomática pode ser 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). Além disso, a diminuição da condutância estomática pode restringir a taxa de fixação de CO<sub>2</sub>, com a consequente diminuição de sua concentração nas cavidades subestomáticas e nos espaços intercelulares (DALEY et al., 1989).

Contudo, o efeito de um eficiente fechamento dos estômatos, na manutenção de alta turgidez dos tecidos, pode ser mantido sem decréscimos substanciais no potencial hídrico (HENSON, 1983). Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Silva et al. (2013), também verificaram redução progressiva sobre a condutância estomática das plantas de feijão, em função da salinidade da água de irrigação.

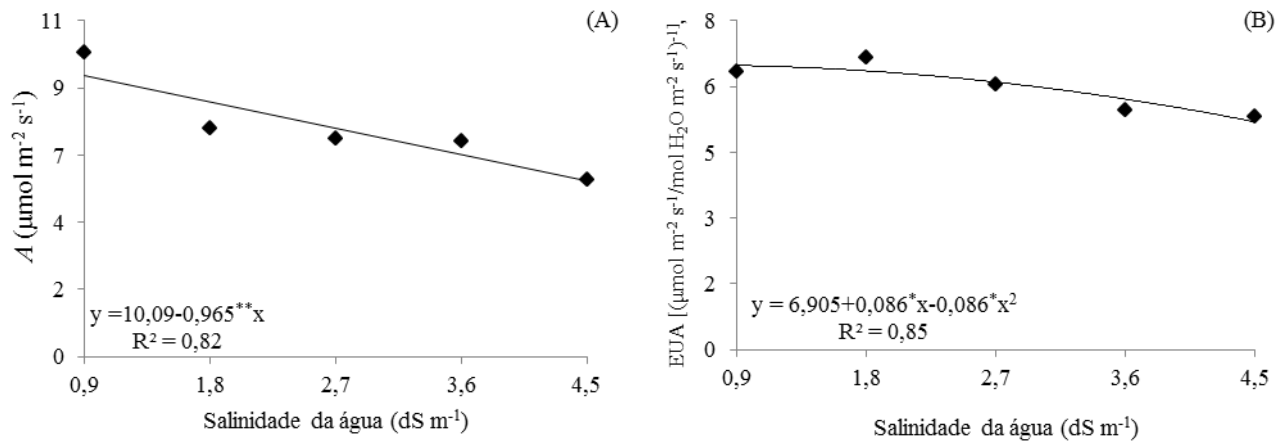


**Figura 1.** Concentração interna de CO<sub>2</sub>-CI (A) e condutância estomática- gs (B) do feijão-caupi, em função da salinidade da água de irrigação

A salinidade da água de irrigação interferiu negativamente assim como já constatado para condutância estomática, na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi e segundo a equação de regressão (Figura 2A) o efeito foi linear, havendo diminuição de 2,561  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  por aumento unitário da CEa na A. Constata-se ainda com esta equação, que as plantas quando foram irrigadas com água de maior nível salino (4,5 dS m<sup>-1</sup>), tiveram uma redução de 3,474  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> em relação as que receberam irrigação com CEa de 0,9 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). Contudo, Kurban et al. (1999), relatam que, as reduções nas taxas fotossintéticas ocasionadas pelo estresse salino podem estar mais relacionadas com os danos no aparelho fotossintético e/ou no sistema enzimático de fixação do CO<sub>2</sub>, causadas pela toxidez iônica sobre o metabolismo do que, propriamente, com as limitações estomáticas. Em consonância com os resultados obtidos no presente estudo, Neves et al. (2009), também observaram diminuição nas trocas gasosas do feijoeiro em função da aplicação de água salina.



**Figura 2.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>-A (A) e eficiência no uso da água-EUA (B) pelo feijão-caupi, em função da salinidade da água de irrigação

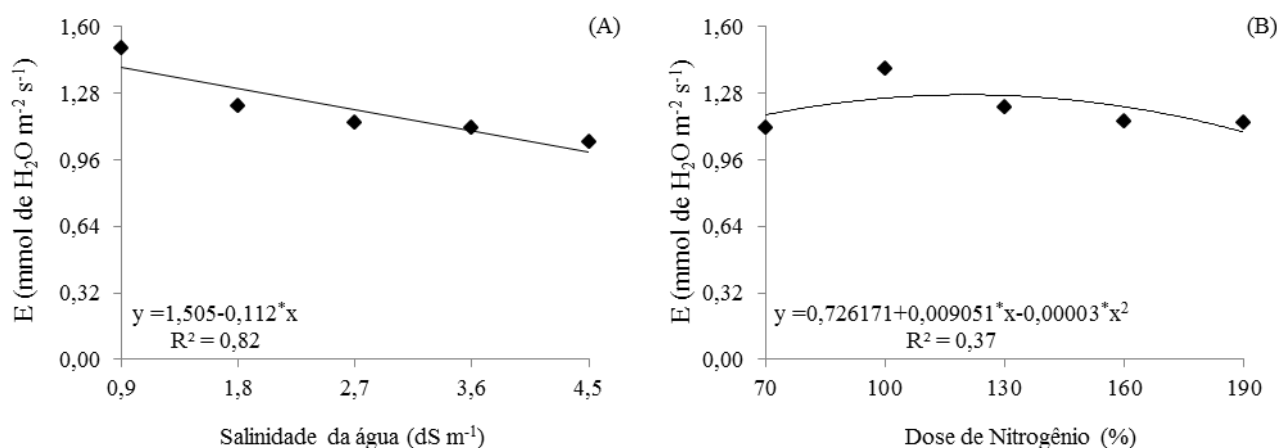
A eficiência no uso da água também foi afetada de forma negativa pela salinidade da água de irrigação e mediante a equação de regressão (Figura 2B) o modelo quadrático indica que, as plantas quando foram irrigadas com água de CEa de 0,9 dS m<sup>-1</sup>, proporcionaram a maior EUA (6,91  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$  e a menor

(5,55  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$  com as plantas irrigadas com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup>. Avaliando-se o comportamento desta variável em função do incremento salino das águas, nota-se ainda redução de 1,363  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  entre o maior (CEa = 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e o menor (CEa = 0,9 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade da água de

irrigação, podendo-se inferir que o aumento da salinidade da água de irrigação afeta diretamente no EUA de plantas de feijão-caupi BRS Pajeú. Esses resultados podem estar associados ao ajustamento osmótico, isto é, à redução do potencial osmótico celular ocasionado pelo acúmulo de solutos orgânicos, o que contribui na manutenção da absorção de água e turgescência celular, permitindo a ininterruptão de processos fisiológicos, como abertura estomática, fotossíntese e expansão celular (SERRAJ & SINCLAIR, 2002).

Constata-se a partir dos estudos de regressão referente à transpiração do feijão-caupi cv. BRS Pajeú (Figura 3A) que o aumento da salinidade da água de irrigação proporcionou comportamento linear decrescente, com decréscimos na ordem de  $0,390 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  por

aumento unitário da CEa, proporcionando assim, redução de 26,79% na transpiração das plantas submetidas a CEa de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  em relação as que receberam irrigação com CEa  $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ . O decréscimo na transpiração, em resposta à salinidade, é comum em várias espécies vegetais e esse efeito também limita a fotossíntese que, por sua vez, exerce influência na utilização do nitrato, através do suprimento de energia e esqueletos de carbono (VIÉGAS et al., 1999). Outrossim, a diminuição na transpiração deve ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (LACERDA et al., 2006; SILVA et al., 2011).

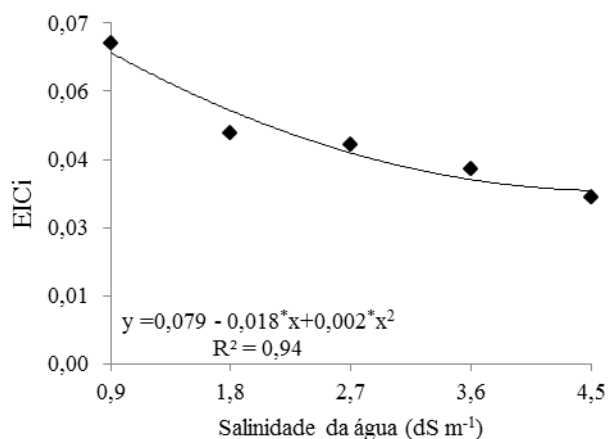


**Figura 3.** Transpiração (E) pelo feijão-caupi, em função da salinidade da água de irrigação (A) e das doses de nitrogênio (B)

Com relação ao efeito do nitrogênio sobre a E, verifica-se pela equação de regressão (Figura 3B), que a dosagem de 151% de N proporcionou a maior taxa de transpiração nas plantas de feijão-caupi ‘BRS Pajeú’ ( $1,4086 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Contudo, obtive-se o menor valor para transpiração ( $1,2126 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) quando as plantas foram submetidas a adubação com 70% da recomendação de N. A elevação na taxa de transpiração foliar até a dosagem de 151% de N, além de aumentar o fluxo de água no xilema, eleva também a concentração de citocinina sintetizada nas raízes, um mecanismo importante para o retardamento da senescência das folhas, fato este evidenciado na presente pesquisa (MARSCHNER, 1995).

A eficiência instantânea da carboxilação das plantas de feijão-caupi apresentou resposta quadrática ao incremento da salinidade da água de irrigação e segundo a

equação de regressão (Figura 4) constata-se que o máximo valor para EICi [ $(0,064 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] foi obtido ao se irrigar as plantas com água de CEa de  $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo o valor mínimo estimado para a EICi [ $(0,039 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] das plantas que receberam níveis de CEa de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ . De acordo com Larcher (2004), a elevação dos valores de Ci nas plantas sob estresse salino possivelmente está relacionada ao fato o  $\text{CO}_2$  que está chegando às células do mesofilo não está sendo fixado na fase carboxilativa, possivelmente por restrições metabólicas no ciclo de Calvin, reduzindo então a taxa fotossintética. Por outro lado, Chaves (1991), cita que esta redução na eficiência instantânea da carboxilação pode ser atribuída a alterações na capacidade fotossintética do mesofilo foliar, bem como, a fatores estomáticos e não estomáticos.



**Figura 4.** Eficiência instantânea da carboxilação (EICi) do feijão-caupi, em função da salinidade da água de irrigação

## CONCLUSÕES

1. A irrigação com águas salinas provocou redução na condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência no uso da água, transpiração e eficiência instantânea da carboxilação;
2. A irrigação com águas salinas proporcionou aumento na concentração interna de CO<sub>2</sub>;
3. A fertilização nitrogenada afetou positivamente transpiração das plantas de feijão-caupi 'BRS Pajeú';
4. Não houve interação entre a salinidade da água de irrigação e a fertilização nitrogenada para nenhuma variável analisada.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, p. 3-16, 2004.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. dos. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, p.5-10, 2003.
- CHAUHAN, C.P.S.; SINGH, R.B. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, v.95, p.253-258, 2008.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.
- CIAT. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Eds.: F. Fernández; P. Gepts; M. López. Cali, Colombia. CIAT. 1983. 26p.
- DALEY, P. F.; RASCHKE, K.; BALL, J. Y.; BERRY, J. A. Topography of photosynthetic activity of leaves obtained from video images of chlorophyll fluorescence. **Plant Physiology**, v. 90, p.1233-1238, 1989.
- DEL AMOR, F.M.; RUIZ-SANCHEZ, M.C.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Gás Exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants, **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, p. 1315-1325, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA (EMBRAPA). **Manual e métodos de análise de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, p.212, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA (EMBRAPA). BRS Pajeú: Cultivar de feijão-caupi com grão mulato-claro. 1 Ed. Piauí: Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte, p.1-2, 2009.
- FLORES, P.; CARVAJAL, M.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1561-1573, 2001.
- GRASSI, G., MAGNANI, F. Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. **Plant, Cell and Environmental**, v. 28, 834-849, 2005.
- HENSON, I. D. Stomatal response to water stress and its relationship to bulk leaf water status and osmotic adjustment in pearl millet (*Penisetum americanum*) Leek. **Journal Experimental Botany**, v. 34, p. 442-450, 1983.

- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platin cv. Hartón (*Musa AAB*) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v.104, p.79-89, 2005.
- KURBAN, H.; SANEOKA, H.; NEHIRA, K.; ADILLA, R.; PREMACHANDRA, G. S.; FUJITA, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). **Soil Science and Plant Nutrition**, v.45, p.851-862, 1999
- LACERDA, C. F. DE.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, p.258-263, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal** , In: Larcher, W. A planta sob estresses. São Carlos: Rima, 341-448, 2004.
- MACHADO, E. C., MEDINA, C. L., GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira “Valença”. **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants** . 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- MURTAZA, G.; GHAFORA, A.; QADIRB, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton–wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v.81, p.98- 114, 2006.
- 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, p.873-881, 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, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.;MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.37-45, 2011.
- 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, sp., 2004.
- RICHARDS, L A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**, Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.
- SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant Cell and Environment**, v.25, p.333-341. 2002.
- 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, p.147-157, 2008.
- SILVA, F. L. B. da ; LACERDA, C. F. de; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G. de; SOUSA, C. H. C. de; e FEERIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda, **Irriga**, v. 18, p. 304-317, 2013.
- SILVA, F. L. B. da; LACERDA, C. F. de; SOUSA, G. G. de; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L. da; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.383-389, 2011.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p.383-389, 2011.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.
- VIANA; A. P.; BRUCKNER, C. H.; MARTINEZ, H. E. P.; MARTINEZ, C. A.; MOSQUIM, P. R.. Teores de Na, K, Mg, e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agrícola**, v.58, p.187-191, 2001.
- WILSON, C., LIU, S., LESCH, S. M., SUAREZ, D. L. Growth response of major USA cowpea cultivars. **Plant and Science**, v.170, p.1095-1101, 2006.
- 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, p.821-832, 1994.