

# CRESCIMENTO E ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS NO FEIJÃO VIGNA SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO

JOSÉ BENJAMIN MACHADO COELHO<sup>1</sup>

EGÍDIO BEZERRA NETO<sup>1,2,3</sup>

MARIA DE FÁTIMA CAVALCANTI BARROS<sup>1</sup>

ELIZA ROSÁRIO GOMES MARINHO DE ALBUQUERQUE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

<sup>2</sup> Academia Brasileira de Ciência Agronômica

<sup>3</sup> Academia Pernambucana de Ciência Agronômica

Autor para correspondência: jbencoelho@gmail.com

---

**Resumo:** Foi conduzido um experimento em condições de casa de vegetação, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife, PE., Brasil, com o objetivo de serem avaliados efeitos do estresse salino no crescimento e acúmulo de solutos orgânicos, em feijoeiro vigna, cultivar “pele de moça”. Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial, composto por duas texturas de solo: franco-arenosa e franco-argilosa, quatro níveis de salinidade: 0,0 (Testemunha), 4,0; 8,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup> a 25°C, com cinco repetições. A salinização foi feita pela aplicação de 2/3 NaCl e 1/3 CaCl<sub>2</sub>. A colheita das plantas ocorreu aos 28 dias após a semeadura. Os resultados obtidos mostraram que houve redução de biomassa seca da parte aérea (62,7%) e aumento nos teores de prolina (72,2%) nas plantas submetidas ao tratamento salino mais alto. Não houve relação significativa entre teor de glicina-betaína e salinidade do solo. Entretanto, o teor de carboidratos solúveis totais nas folhas aumentou 26,6%, quando se comparou o tratamento de mais alta salinidade com a testemunha. Os teores de clorofila das plantas submetidas à salinidade (12 dS m<sup>-1</sup>) tiveram valores superiores em relação à testemunha; 60,7% para clorofila a e 45,6% para clorofila b. Deste modo, observou-se que o feijoeiro vigna, quando submetido ao estresse salino, desenvolveu mecanismos de tolerância, denotados pelo acúmulo de alguns solutos orgânicos.

**Termos para indexação:** ajustamento osmótico, *Vigna unguiculata*, salinidade.

## GROWTH AND ACCUMULATION OF ORGANIC SOLUTES IN COWPEA SUBJECTED TO SALT STRESS

**Abstract:** An experiment was carried out in a greenhouse at the Federal Rural University of Pernambuco (Brazil) aiming to evaluate the effect of salt stress on growth and accumulation of organic solutes in cowpea (*Vigna unguiculata*), cultivar “pele de moça”. The treatments consisted of a 2x4 factorial arrangement composed of two soils textures (sandy loam and clay loam) and

four soil salinity levels: control (without added salt); 4; 8 and 12 dS m<sup>-1</sup> at 25 °C, with five replications. Soil salinization was done by applying a blend of 2/3 of NaCl and 1/3 of CaCl<sub>2</sub>. The harvest occurred 28 days after sowing. There was a reduction of shoot dry biomass (62.7%) and an increase in proline content (72.2%) in the plants submitted to the most saline treatment. There was no significant relation between the glycine betaine content and soil salinity. However, the content of total soluble carbohydrates in leaves of vigna beans increased by 26.6% when comparing the most saline treatment. Chlorophyll contents of the plants submitted to salinity (12 dS m<sup>-1</sup>) had values higher than control plants, in 60.7% for chlorophyll *a* and 45.6% for chlorophyll *b* with the control. Chlorophyll contents of the plants submitted to salinity (12 dS m<sup>-1</sup>) had values higher than control plants, in 60.7% for chlorophyll *a* and 45.6% for chlorophyll *b*. Thus, it is observed that vigna crop submitted to saline stress develop mechanisms of tolerance denoted by the accumulation of some secondary metabolites.

**Index terms:** osmotic adjustment, *Vigna unguiculata*, salinity.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro vigna [*Vigna unguiculata* L. (Walp.)] é amplamente cultivado em regiões áridas e semiáridas do mundo onde, de acordo com Praxedes et al. (2010), a salinidade do solo é o estresse ambiental que mais limita produtividade. Essa leguminosa desempenha importante papel na produção agrícola brasileira, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde é amplamente cultivada por pequenos produtores (FREITAS et al., 2013).

Em Pernambuco, essa participação chegou a mais de 70% na primeira safra. Sua produtividade varia de acordo com a forma de cultivo, com médias, para a região Nordeste, de 1.101,5 kg ha<sup>-1</sup> em cultivo de sequeiro, podendo chegar a 1.519,5 kg ha<sup>-1</sup>, em cultivo irrigado.

A salinização do solo reduz a capacidade das plantas absorverem água, causando, de imediato, redução na taxa de crescimento e um conjunto de alterações metabólicas semelhantes às provocadas pelo estresse hídrico (MUNNS, 2002; ESTEVES; SUZUKI, 2008). Quando em condições de baixo potencial hídrico, no ambiente radicular, algumas espécies vegetais podem utilizar estratégias de tolerância, como o ajustamento osmótico, propiciando absorção da água e manutenção da turgidez em níveis satisfatórios (FLOWERS, 2004). Como estratégia de ajustamento osmótico às condições de estresse, as plantas acumulam compostos orgânicos, tais como a prolina e compostos quaternários de amônio, entre os quais glicina-betaína e os poli-

hidroxílicos (carboidratos e poliálcoois) (ASHRAF; HARRIS, 2004).

A concentração de pigmentos fotossintéticos varia conforme a espécie vegetal, cujo teor demonstra a adaptabilidade das plantas a diversos ambientes (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em folhas de feijoeiro vigna, Lacerda et al. (2006) verificaram aumento na concentração de clorofila, quando cultivado em ambiente salino, com 75 mM de NaCl (~0,122 MPa).

Dentre as cultivares desse feijoeiro, Benvindo et al. (2010) destacaram a “pele de moça”, pela precocidade, além de ser possuidor de potencialidade para cultivo irrigado. O feijoeiro vigna é uma espécie moderadamente tolerante à salinidade, podendo ser cultivado com água de irrigação, com condutividade elétrica de até 3,3 dS m<sup>-1</sup>, e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de até 4,9 dS m<sup>-1</sup> (AYERS; WESTCOT, 1999). A identificação de genótipos tolerantes ao sal é considerada como uma estratégia econômica para aumentar à produção de culturas agrícolas em solos afetados por sais (MINI et al., 2015).

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do estresse salino no crescimento e acúmulo de solutos orgânicos no feijoeiro vigna, em duas texturas de solos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, Pernambuco, Brasil.

Os solos utilizados foram coletados em camadas superficiais (0 à 30 cm) de Neossolos Flúvicos, situados nos municípios de Ibimirim e Parnamirim, localizados na zona semiárida do estado de Pernambuco. Amostras desses solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2mm, constituindo-se Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

A caracterização física dos solos (Tabela 1) foi realizada de acordo com metodologia descrita pela Embrapa (1997).

A pasta saturada foi preparada segundo à metodologia descrita por Richards (1954). No extrato de saturação do solo, foi determinada à condutividade elétrica e os cátions solúveis: sódio e potássio, por fotometria de chama e, cálcio e magnésio, por espectrometria de absorção atômica (Tabela 2).

Tabela 1. — Caracterização física dos solos empregados no experimento.

Classe Textural	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		Umidade (g g <sup>-1</sup> )	
	Areia	Silte	Argila	Partículas	Solo	<sup>(*)</sup> CC	<sup>(**)</sup> PMP
Franco-arenoso	782	120	98	1,54	2,45	0,13	0,02
Franco-argiloso	442	260	298	1,35	2,61	0,26	0,06

<sup>(\*)</sup>Capacidade de campo: solo franco-arenoso (-0,01 MPa); solo franco-argiloso (-0,033 MPa); <sup>(\*\*)</sup>Ponto de murcha permanente (-1,5 MPa).

A cultura teste utilizada foi o feijoeiro vigna, cultivar “pele de moça”. O experimento constou de um arranjo fatorial 2x4, sendo duas texturas de solos (franco-arenosa e franco-argilosa) e quatro níveis de salinidade do solo (Tabela 3). As unidades experimentais foram constituídas por duas plantas cultivadas em solo contido em vaso plástico, com capacidade de 3,2 dm<sup>3</sup>, contendo um sistema de drenagem na base para permitir o fluxo do lixiviado. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

A colheita das plantas ocorreu 28 dias após a semeadura, ocasião em que as plantas do tratamento testemunha apresentavam quatro folhas definitivas expandidas.

Um ensaio preliminar foi realizado visando determinar às quantidades de sais necessárias à salinização artificial dos solos correspondentes às condutividades elétricas estabelecidas na pesquisa. A salinização dos solos foi feita por meio da aplicação da mistura de NaCl e CaCl<sub>2</sub>, na proporção de 2/3 de NaCl e 1/3 de CaCl<sub>2</sub> (MEDEIROS, 1992).

Inicialmente, foi feito o preenchimento dos vasos, colocando-se 2,8 dm<sup>3</sup> de solo, seguido da salinização artificial dos solos. Em cada vaso, foram semeadas seis sementes. Sete dias após a germinação, foi feito o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso.

Tabela 2. — Caracterização química dos extratos de saturação dos solos usados no experimento.

Classe Textural	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Cátions solúveis (mmol L <sup>-1</sup> )				RAS
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Franco-arenoso	2,2	0,20	1,15	0,71	0,24	0,86
Franco-argiloso	2,4	0,35	1,03	0,86	0,19	1,04

CE = Condutividade elétrica; RAS = Relação de adsorção de sódio.

Tabela 3. — Detalhamento dos tratamentos utilizados no experimento.

Classe Textural	Variáveis	Níveis de salinidade			
Fr. Arenoso	CE (dS m <sup>-1</sup> )	2,2	4,0	8,0	12,0
	Ψ <sub>o</sub> (MPa)	-0,012	-0,049	-0,133	-0,215
Fr. argiloso	CE (dS m <sup>-1</sup> )	2,4	4,0	8,0	12,0
	Ψ <sub>o</sub> (MPa)	-0,016	-0,049	-0,133	-0,215

A irrigação das plantas foi atendida mediante à aplicação de volumes de água destilada, diariamente, para o solo franco-arenoso, e a cada dois dias, para o solo franco-argiloso, até que houvesse início da drenagem do lixiviado em cada vaso. Durante toda a condução do experimento, os líquidos drenados foram reutilizados nas parcelas correspondentes, visando à manutenção dos tratamentos.

Os potenciais osmóticos (Ψ<sub>o</sub>) correspondentes às condutividades elétricas dos extratos das pastas saturadas dos solos foram obtidos por meio do uso de osmômetro de pressão de vapor e aplicação da equação de Van't Hoff (Equação 1), conforme Reichardt; Timm (2004). Em seguida os valores foram convertidos em MPa.

Equação de Van't Hoff (1):  $\Psi_o = - R \cdot T \cdot C_\psi$

Onde: Ψ<sub>o</sub> = Potencial osmótico da solução salina (atm); R = Constante universal dos gases (0,082 atm. °K<sup>-1</sup>. L.mol<sup>-1</sup>) T = Temperatura absoluta da solução (°K); C<sub>ψ</sub> = Concentração de solutos na solução (mol L<sup>-1</sup>).

Foram coletadas amostras de folhas frescas do terço médio de cada planta para determinação do teor de prolina livre, realizada pelo método da ninhidrina (BEZERRA NETO; BARRETO, 2011). A determinação do teor de clorofila a e b foi realizada em extrato etanólico, utilizando-se folhas colhidas no terço médio das plantas (BEZERRA NETO; BARRETO, 2011). Devido à indisponibilidade de folhas, a determinação de clorofila foi realizada apenas nas plantas cultivadas no solo franco-arenoso. A biomassa seca da parte aérea (folhas e caule) foi determinada após secagem da biomassa fresca da parte aérea, em estufa regulada a 65°C, até obtenção de massa constante. A concentração de glicina-betaína foi determinada pelo método do periodeto de potássio, utilizando-se folhas secas (BEZERRA NETO; BARRETO, 2011). O teor de carboidratos solúveis totais foi determinado no extrato etanólico (80%) das folhas pré-secas, pelo método da antrona (BEZERRA NETO;

BARRETO, 2011).

Os resultados obtidos foram interpretados por meio de análises de variância e de regressão. O critério para escolha do modelo foi o maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), por meio do programa estatístico SAEG (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 4 mostra que houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos salinos sobre a biomassa seca da parte aérea (BSPA), enquanto que a textura do solo e a interação do solo com a salinidade não foram influenciados significativamente ( $P > 0,05$ ).

Tabela 4. — Valores de F resultantes das análises de variância.

FV	BSPA	PL	GB	CST
Textura dos solos (F1)	3,9 <sup>NS</sup>	2,3 <sup>NS</sup>	2,33 <sup>NS</sup>	2,47 <sup>NS</sup>
Níveis de sais (F2)	28,4 <sup>**</sup>	10,4 <sup>**</sup>	1,36 <sup>NS</sup>	3,32 <sup>*</sup>
Int. F1 x F2	0,6 <sup>NS</sup>	0,8 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>

BSPA = biomassa seca da parte aérea; PL = prolina livre; GB = glicina-betaína; CST = carboidratos solúveis totais.

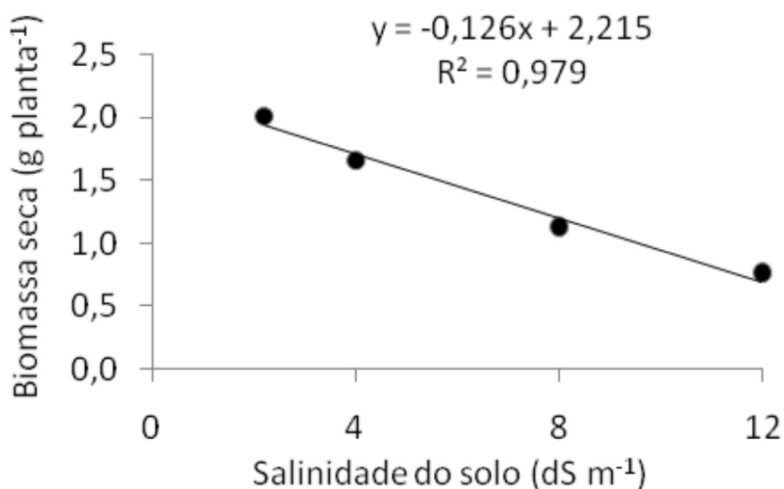
\* Significante ao nível de 5%; \*\* Significante ao nível de 1%; NS = não significativo

### Biomassa seca da parte aérea

Analisando os tratamentos submetidos à adição de sal verificou-se que as plantas submetidas às salinidades de 2,2 e 4,0 dS  $m^{-1}$ , com biomassas secas da parte aérea (BSPA) de 2,01 e 1,66 g  $planta^{-1}$ , respectivamente, foram superiores as BSPA das plantas submetidas às salinidades de 8,0 e 12,0 dS  $m^{-1}$ , com BSPA iguais a 1,12 e 0,75 g  $planta^{-1}$ , as quais também não diferenciaram entre si. A equação que melhor representou a resposta das plantas foi do tipo linear ( $y = -0,126.x + 2,215$ ;  $R^2 = 0,98$ ), sendo verificada uma redução da biomassa seca da parte aérea (BSPA) de 62,69% no maior nível salino, em comparação com a testemunha (Figura 1).

A redução da biomassa seca da parte aérea das plantas decorrente do aumento da salinidade do solo ocorreu, devido ao efeito osmótico dos sais em torno das raízes e do acúmulo de íons potencialmente tóxicos ( $Na^+$  e

Figura 1. Biomassa seca da parte aérea de feijão vigna, em função da salinidade do solo aos 28 dias após a semeadura. Letras minúsculas ao longo da linha da equação, iguais, não diferem pelo teste de Tukey.



Cl<sup>-</sup>) nos tecidos foliares (BLUMWALD, 2000; KINRAIDE, 1999). Como consequência, admite-se que as plantas passam a exercer um maior controle na abertura dos estômatos para evitar a excessiva perda de água por transpiração. Entretanto, o fechamento dos estômatos afeta a difusão do CO<sub>2</sub> para dentro das células, com consequente redução na taxa de fotossíntese e crescimento das plantas (LARCHER, 2000; SOUZA et al., 2011). O menor crescimento do feijão é consequência do mecanismo adaptativo à condição de ambiente salino, proporcionando condições para que as plantas mantenham suas atividades vitais, mesmo que de forma mais limitada. Os resultados obtidos estão de acordo com Doorenbos e Kassam (1994), os quais mencionam que a restrição hídrica, por aumento da salinidade do solo, tem efeito direto no crescimento de plantas.

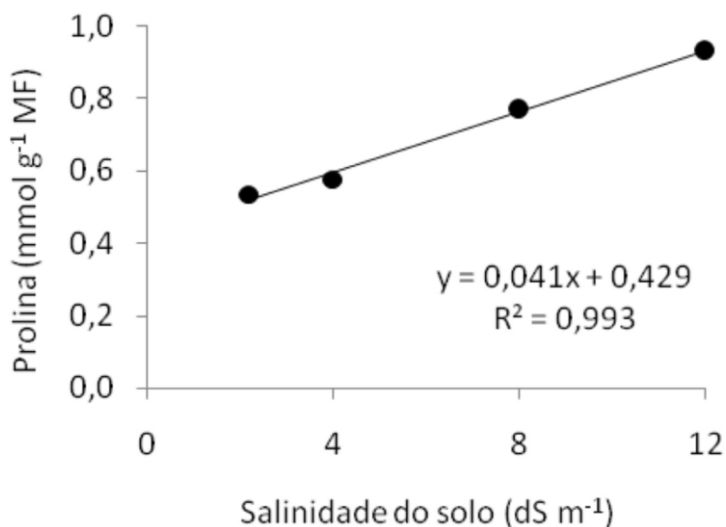
Comportamento semelhante foi observado por Lima et al. (2007), os quais verificaram redução de 66,94% na biomassa seca da parte aérea do feijão vigna (cultivar Quarentinha), quando o mesmo foi irrigado com água com condutividade elétrica de 5,0 dS m<sup>-1</sup>, em comparação com a testemunha (0,5 dS m<sup>-1</sup>). Tawfik (2008) também verificou redução do crescimento do feijão vigna com o aumento das concentrações de NaCl (0, 25, 50 e 75 mM). O estresse salino diminuiu em 59% na cultivar Pitiúba (tolerante) e 72% na

cultivar TVU (sensível) no acúmulo de biomassa do feijão vigna quando foram submetidos à salinidade de 75 mM de NaCl, equivalente a 6,6 dS m<sup>-1</sup>.

### Prolina livre

Tal qual a BSPA o teor de prolina livre foi afetado significativamente ( $P < 0,01$ ) em resposta ao tratamento salino, não ocorrendo efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da textura do solo e nem da interação do solo com a salinidade. A equação que melhor representou a resposta das plantas foi do tipo linear ( $y = 0,041x + 0,429$ ;  $R^2 = 0,99$ ). As plantas submetidas às salinidades de 8,0 e 12,0 dS m<sup>-1</sup>, com teores de prolina de 0,77 e 0,93 mmol g<sup>-1</sup> MF, respectivamente, foram superiores aos teores de prolina das plantas submetidas às salinidades de 2,2 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>, com 0,54 e 0,57 mmol g<sup>-1</sup> MF, respectivamente (Figura 2). Tal comportamento pode representar um importante mecanismo na manutenção da turgidez do feijão vigna, permitindo-lhe suportar o estresse salino durante o desenvolvimento da planta, devido ao acúmulo desse soluto no citosol.

Figura 2. Teor de Prolina livre em folhas de feijão vigna, em função da salinidade do solo, aos 28 dias após a semeadura. Letras minúsculas ao longo da linha da equação, iguais, não diferem pelo teste de Tukey.





Patel et al. (2010), trabalhando com três cultivares de feijão vigna também observaram aumento no teor de prolina nas folhas das plantas com o acréscimo da salinidade do solo. Quando a salinidade passou de 2,0 para 10,0 dS m<sup>-1</sup>, os teores de prolina livre passaram de 3,12 para 6,45 mg g<sup>-1</sup> (cultivar Akshay-102); 2,72 para 6,23 mg g<sup>-1</sup> (cultivar Pusa Falguni) e 2,77 para 5,96 mg g<sup>-1</sup> (cultivar Gomti vu-89), respectivamente.

Em estudo realizado por Souza et al. (2011) com o feijão vigna (cultivar Vita 7), também foi verificado acúmulo significativo de prolina apenas nos tratamentos submetidos a elevadas concentrações salinas (200 mM de NaCl), denotando resposta significativa da planta em concentrações mais elevadas de sais, reforçando sua função protetora diante da salinidade (LEE; LIU, 1999).

### **Glicina-betaína**

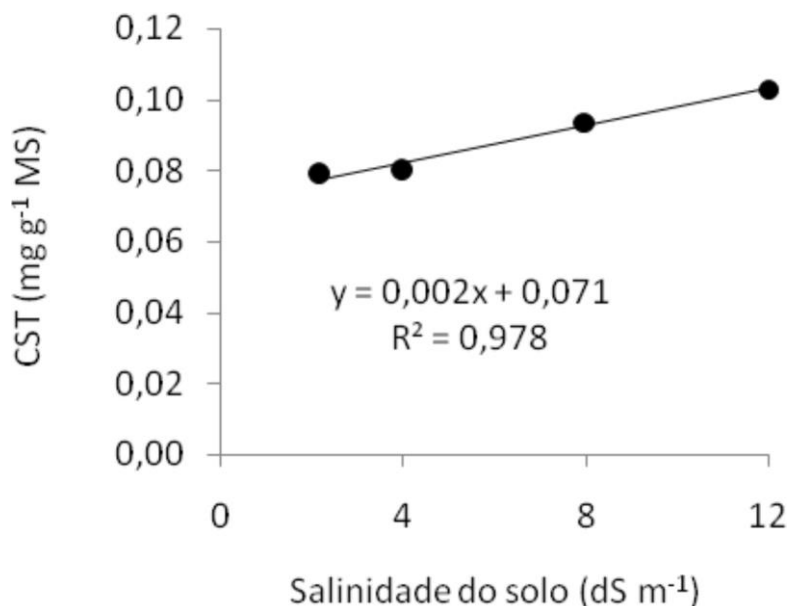
Não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da salinidade dos solos, das texturas do solo e nem da interação do solo com a salinidade sobre o teor de glicina-betaína nas folhas do feijão vigna. No entanto, Tawfik (2008) menciona que houve aumento no teor de glicina-betaína nas folhas do feijão vigna com o aumento da salinidade (25, 50 e 75 mM de NaCl), alcançando o valor de aproximadamente 6,2 mg g<sup>-1</sup> de matéria seca (MS), para a concentração de 75 mM. No pinhão-mansão a contribuição desse osmólito, para o ajustamento osmótico, quando submetido à salinidade de 100 mM de NaCl, foi de apenas 4% (Silva et al., 2009).

### **Carboidratos solúveis totais (CST)**

O teor de CST nas folhas do feijão vigna aumentou significativamente ( $P < 0,05$ ) em resposta à salinização do solo, no entanto não houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da textura do solo e nem da interação do solo com a salinidade. As plantas submetidas à salinidade de 12,0 dS m<sup>-1</sup> (0,10 mg g<sup>-1</sup>) não diferenciaram entre si das plantas submetidas às salinidades de 4,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>, com 0,08 e 0,93 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente, mas foram superiores aos teores das plantas submetidas à salinidade de 2,2 dS m<sup>-1</sup> (0,789 mg g<sup>-1</sup>), o que correspondeu a um aumento de 39,8%. A equação que melhor representou a resposta das plantas foi do tipo linear ( $y = 0,002.x + 0,071$ ;  $R^2 = 0,98$ ) (Figura 3). O acúmulo de CST nas folhas do feijão vigna, em resposta à salinidade do solo, contribuiu para o abaixamento do potencial osmótico

foliar, o que permitiu a continuidade do fluxo de água nas plantas, mesmo que de modo mais limitado. Resultados semelhantes foram obtidos por Tawfik (2008), o qual constatou aumento de aproximadamente 22% nos teores de carboidratos solúveis totais em folhas de feijão vigna, submetidos à salinidade de 75 mM de NaCl, em comparação com a testemunha (sem a adição de sais). Em outro estudo, Silva et al. (2003) também verificaram aumento no teor de carboidratos solúveis totais nas folhas de feijão vigna cultivar Pitiúba, após o mesmo ser submetido à salinidade de 75 mM de NaCl e CaCl<sub>2</sub> no estágio de pré-floração.

Figura 3. Teor de carboidratos solúveis totais (CST) em folhas de feijão vigna, em função da salinidade do solo aos 28 dias após a semeadura. Letras minúsculas ao longo da linha da equação, iguais, não diferem pelo teste de Tukey.

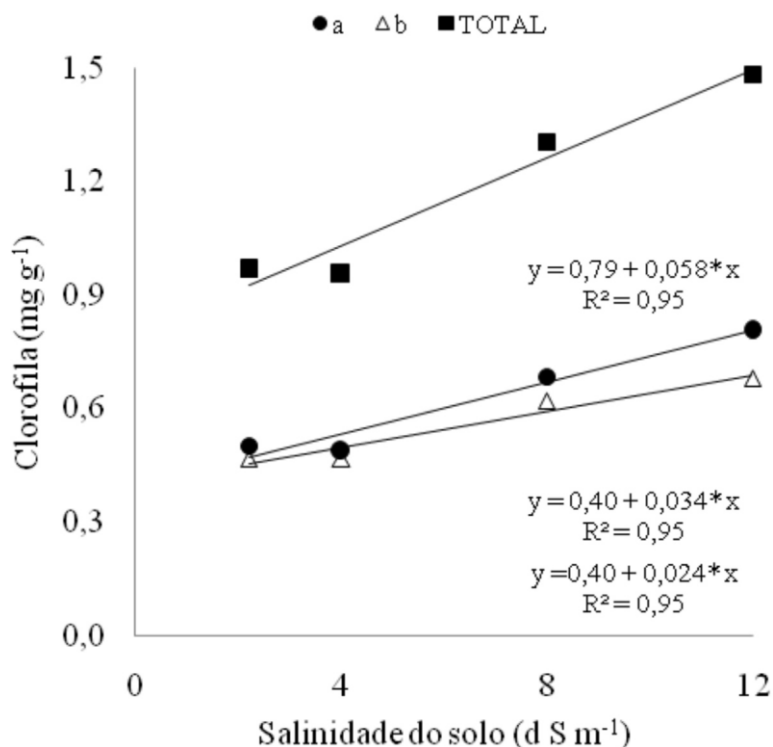


### Clorofila

Houve resposta linear e crescente para o teor de clorofila nas folhas do feijão vigna em relação à salinidade do solo, com maior acréscimo para a clorofila a (Figura 4). O aumento no teor de clorofila a e b foi respectivamente 60,7 e 45,6%, comparando-se as plantas cultivadas no solo mais salino com a testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Lacerda et al.

(2006), nos quais o teor de clorofila no feijão vigna (cultivar Pitiúba) aumentou quando as plantas foram submetidas à salinidade de 75 mM de NaCl ( $\cong 6,6$  dS  $m^{-1}$ ). Estes resultados podem constituir parte de um processo integrado de adaptação da planta ao estresse salino.

Figura 4. Teor de clorofila a, b e total em folhas de feijão vigna, em função da salinidade do solo, aos 28 dias após a semeadura. Letras minúsculas ao longo da linha da equação, iguais, não diferem pelo teste de Tukey.



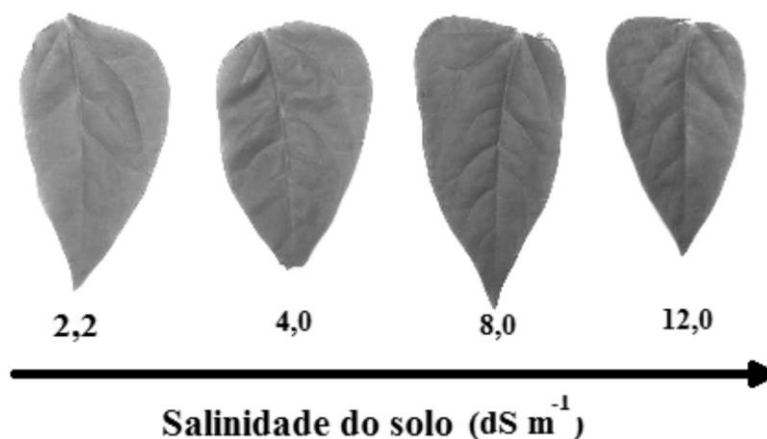
Apesar dos resultados obtidos no presente experimento, Mini et al., (2015) verificaram, em estudo realizado na Índia, redução desse pigmento de clorofila em folhas de feijão vigna em 23 genótipos tratados com 75 mM de NaCl. No feijão vigna cv. BRS Pajeú o teor de clorofila a não foi influenciado quando irrigado com águas salinas com: 0,9; 1,8; 2,7; 3,6 e 4,5 dS  $m^{-1}$ , sendo em média 13,66  $\mu g g^{-1} MF^{-1}$  (FURTADO et al., 2014).

Em trabalho realizado com a cultura do amendoim, cultivar BR-1, Graciano et al. (2011) mencionam que houve aumento dos teores de pigmentos fotossintéticos (54%) quando as plantas foram submetidas à

salinidade de  $8,5 \text{ dS m}^{-1}$ , em relação à testemunha ( $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ ). Por outro lado, outros resultados mostram redução no teor de clorofila em arroz (LIMA et al., 2004) e feijão vigna (TAWFIK, 2008) com o aumento da salinidade do solo.

No presente estudo foi observado um nítido gradiente na tonalidade da coloração verde das folhas do feijão vigna, à medida que se aumentou a salinidade do solo (Figura 5). Mendonça et al. (2010) também observaram aumento na intensidade da cor verde em folhas de eucalipto submetidas à salinidade equivalente a  $5,9 \text{ dS m}^{-1}$ . Segundo estes autores, o aumento no teor de clorofila em resposta à salinidade do solo pode ser um indicativo da tolerância dessa espécie ao estresse salino.

Figura 5. Folhas de feijão vigna apresentando gradiente de coloração em função dos níveis de salinidade do solo, aos 28 dias após sementeira.



## CONCLUSÕES

1. A salinidade do solo ocasiona redução biomassa seca da parte aérea do feijão vigna.

2. O aumento dos níveis de salinidade no solo proporciona elevação dos teores de prolina livre e de carboidratos solúveis totais no feijão vigna.

3. Não foi comprovada a relação entre o teor de glicina-betaína e o aumento da salinidade do solo.

4. O aumento do teor da clorofila a e b nos tecidos foliares foi proporcional aos níveis de estresses salinos aplicados.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, 166: 3-16, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. (2. ed.). UFPB, Campina Grande, 1999.
- BENVINDO, R. N.; SILVA, J. A. L.; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, 1: 23-28, 2010.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Editora Universitária da UFRPE, Recife, 2011.
- BLUMWALD, E. Sodium transport and salt tolerance in plants. **Current Opinion in Cell Biology**, 12: 431-434, 2000.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. UFPB, Campina Grande, 1994.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. (2. ed.). Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, 1997.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, 12: 662-679, 2008.
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, 55: 307-319, 2004.
- FREITAS, R. M. O. ET AL. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 43: 370-376, 2013.
- FURTADO, G. F.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculada* L. Walp sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, 9: 291-299, 2014.
- GRACIANO, E. S. A. et al. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15: 794-800, 2011.
- LACERDA, C. F. et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 18: 455-465, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Editora Rima Artes e Textos, São Carlos, 2000.

LEE, T.M.; LIU, C.H. Correlation of decreases calcium contents with proline accumulation in the marine green macroalga *Ulva fasciata* exposed to elevated NaCl contents in seawater. **Journal of Experimental Botany**, 50: 1855-1862, 1999.

LIMA, C. J. G. S. ET AL. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, 2: 79-86, 2007.

LIMA, M. G. S. ET AL. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, 63: 335-340, 2004.

KINRAIDE, D. Interactions among  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  and  $\text{K}^{+}$  in salinity toxicity: quantitative resolution of multiple toxic and ameliorative effects. **Journal of Experimental Botany**, 50: 1495-1505, 1999.

MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE. (dissertação de mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB., 1992.

MENDONÇA, A. V. R. ET AL. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, 20: 255-267, 2010.

MINI, M. L.; SATHYA, M.; ARULVADIVOOKARASI, K.; JAYACHANDRAN, K. S.; ANUSUYADEVI, M. Selection of Salt Tolerant Cowpea Genotypes Based on Salt Tolerant Indices of Morpho-biochemical Traits. **Current Trends in Biotechnology & Pharmacy**, 9: 306-316, 2015.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, 25: 239-250, 2002.

PATEL, P. R. ET AL. Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 22: 43-48, 2010.

PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F.; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt Tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 196: 193-204, 2010.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. Manole, São Paulo, 2004.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. US Department of Agriculture, Washington, 1954.

SAEG. **Sistema para análises estatísticas**, Versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SILVA, E. N. ET AL. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44: 437-445, 2009.

SILVA, J. V. et al. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl<sub>2</sub>. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 15: 99-105, 2003.

SOUZA, R. P. ET AL. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 587-592, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. (3ª ed.). Artmed, Porto Alegre, 618-619, 2004.

TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, 4: 26-33, 2008.