

ESTRESSE SALINO E BIORREGULADOR VEGETAL EM FEIJÃO CAUPI

FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA¹; MYCHELLE KARLA TEIXEIRA DE OLIVEIRA¹; LUAN ALVES LIMA¹; RITA DE CÁSSIA ALVES¹; LÚCIA REGINA DE LIMA RÉGIS¹ E SANDY THOMAZ DOS SANTOS¹

¹ Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA; Avenida Francisco Mota, 572, 59625-900, Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN, Brasil, e-mail: thikaoamigao@ufersa.edu.br; mymykar@gmail.com; luaneffa2@yahoo.com.br; cassiaagro-24@outlook.com; luregina13@hotmail.com; sandy_thomaz@hotmail.com

1 RESUMO

O uso de água salina para a irrigação depende da adoção de tecnologias que reduzam o efeito da salinidade nas plantas. O presente trabalho foi desenvolvido em Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, RN, com o objetivo de avaliar o efeito de bioestimulante sobre o feijão caupi irrigado com águas salinizadas. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, sendo quatro níveis de salinidade da água de irrigação (S₁-0,5; S₂-2,0; S₃-3,5 e S₄-5,0 dS m⁻¹) e quatro doses de bioestimulante via pulverização foliar [B₁-0 (água destilada), B₂-5, B₃-10 e B₄-15 mL L⁻¹], utilizando o fitorregulador comercial Stimulate[®]. Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, massa seca de folhas, caule, vagens e massa seca total. Houve efeito significativo da interação entre os fatores em todas as variáveis analisadas. O uso de água com condutividade acima de 3,5 dS m⁻¹ reduz o crescimento e a produção de grãos do feijão caupi, com efeito mais severo em doses elevadas de bioestimulante. O uso de bioestimulante favorece o crescimento e produção de biomassa, mas só é eficiente na ausência do estresse salino. O uso de Stimulate[®] não reduziu o efeito deletério da salinidade na cultura do feijão caupi, e quando utilizado em doses elevadas potencializou o efeito da salinidade.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., salinidade, fitorreguladores

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, L. A.; ALVES, R. C.; RÉGIS, L. R. L.; SANTOS, S. T.

SALT STRESS AND PLANT BIOREGULATORS IN COWPEA CROP

2 ABSTRACT

The use of saline water for irrigation depends on the adoption of technologies to reduce the effect of salinity in the plants. This study was conducted in Mossoró, RN/Brazil, in order to evaluate the effect of plant growth regulator application on cowpea irrigated with salted water. The study design was randomized blocks in a factorial 4 x 4, with four replications, with four levels of irrigation water salinity (S₁-0.5, S₂-2.0, S₃-3.5 and S₄-5.0 dS m⁻¹) and four levels of foliar

Recebido em 15/12/2015 e aprovado para publicação em 25/05/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p314-329>

biostimulant spray [B₁-0 (distilled water), B₂-5, B₃-10 and B₄-5 mL L⁻¹] using the commercial plant regulator Stimulate[®]. the following variables were evaluated: Number of leaves, leaf area, diameter stem, dry mass of leaves, stem, pods and total dry mass There was a significant interaction between the factors in all variables. The use of water with a conductivity of above 3.5 dS m⁻¹ reduces the growth and production of cowpea grains with more severe effect in high doses of biostimulant. The use of biostimulant favors the growth and biomass, but is only efficient in the absence of salt stress. The use of Stimulate[®] does not reduce the deleterious effect of salinity on the cowpea culture, and when used in high doses potentiated the effect of salinity.

Keywords: *Vigna unguiculata* L., salinity, plant regulators

3 INTRODUÇÃO

O feijão *Vigna (Vigna unguiculata* L.), também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, constitui-se a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, destacando-se como essencial fonte de proteína na dieta alimentar da população (FREIRE FILHO et al., 2011). Na safra 2015/2017, a produtividade média, a nível nacional de feijão caupi foi de apenas 291 t ha⁻¹, com estimativa para a safra 2016/2017 de 481 t ha⁻¹. Na região Nordeste, a produtividade média para a safra 2016/2017 é de 339 t ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Apesar do feijão caupi ser classificado como uma espécie moderadamente tolerante à salinidade da água de irrigação, tendo o nível de 3,3 dS m⁻¹ como salinidade limiar (AYERS; WESTCOT, 1999), pesquisadores têm observado que o uso de água salina para irrigação provoca elevação da salinidade do solo, reduzindo os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes reduzindo, ocasionando redução no desenvolvimento e rendimento das plantas em consequência da redução na fotossíntese, transpiração e condutância estomática (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011; NEVES et al., 2009; BEZERRA et al., 2010).

Com isso, para que se obtenha êxito com o uso d água salina, algumas estratégias de manejo de irrigação devem serem adotadas, para reduzir o efeito da salinidade sobre as plantas e garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas (BEZERRA et al., 2010; LACERDA et al., 2011). Uma alternativa pode ser o uso de substâncias naturais ou sintéticas como agentes amenizadores do efeito da salinidade sobre as plantas.

Atualmente o uso de bioestimulantes na produção agrícola, vem aumentando gradativamente, principalmente na produção de grãos. Dentre os bioestimulantes, o Stimulate[®] destaca-se como um dos principais produtos comerciais no mercado nacional, com função de estimular o desenvolvimento das plantas. Levando-se em consideração que o Stimulate[®] tem em sua constituição três substâncias promotoras de crescimento [ácido indolbutírico (auxina), cinetina (citocinina) e o ácido giberélico (giberelina)], e por esta razão, tem-se a hipótese que o uso deste biorregulador em doses adequadas pode incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular podendo também aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas, tendo em vista a composição, concentração e proporção das substâncias presentes no mesmo (VIEIRA; CASTRO, 2004).

Com isso, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento de feijão caupi submetido à irrigação com águas salinas e doses de bioestimulante.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação localizada na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Mossoró, RN (5° 12' 04" S; 37° 19' 39" W; altitude de 18 m).

Como substrato foi utilizada amostra de um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2006) na camada de 0-20 cm, em área não cultivada localizada no Campus da UFERSA. O material coletado foi secado ao ar e posteriormente peneirado em malha de 2,0 mm e analisado físico e quimicamente (EMBRAPA, 1997), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

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

Características químicas								
pH	M.O. (g kg ⁻¹)	P ----- (mg dm ⁻³)	K ⁺ ----- (mg dm ⁻³)	Na ⁺ ----- (mg dm ⁻³)	Ca ⁺² ----- (cmol _c dm ⁻³)	Mg ⁺² ----- (cmol _c dm ⁻³)	Al ⁺³ ----- (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ ----- (cmol _c dm ⁻³)
6,47	10,15	10,71	176,72	35,44	2,99	1,44	0,02	1,15
Características físicas								
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe	Umidade (g g ⁻¹)		Densidade (kg dm ³)		
Areia	Silte	Argila	textural	CC	PMP	Ds	Dp	
707,2	172,2	120,6	FA	0,15	0,06	1,53	2,68	

*FA – Franco Arenoso; CC – Capacidade de Campo para $\psi_m = -10$ KPa; PMP – Ponto de Murcha Permanente para $\psi_m = -1500$ KPa; Ds – Densidade do solo ou aparente; DP – Densidade de Partículas.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento de blocos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 4 x 4, sendo a quatro níveis de salinidade da água de irrigação (S₁-0,5; S₂-2,0; S₃-3,5 e S₄-5,0 dS m⁻¹) e quatro doses de bioestimulante (B₁-0 (água destilada); B₂-5; B₃-10 e B₄-15 mL L⁻¹), com quatro repetições, sendo cada unidade experimental representada por um vaso plástico com capacidade para 25 kg de solo, contendo duas plantas.

Na ocasião do acondicionamento do solo nos vasos realizou-se adubação de fundação aplicando-se em cada vaso 1,0 litro de esterco bovino curtido e 20 g da formulação 10-10-10 (N-P-K).

A semeadura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* Walp), cv. Carnaubais, foi realizada no dia 11 de janeiro de 2014, colocando-se, em cada vaso, cinco sementes. Realizou-se o desbaste de plântulas aos cinco dias após a emergência, deixando-se em cada vaso as duas mais vigorosas. Após o desbaste foram iniciados os tratamentos referentes aos manejos de irrigação com águas salinas.

A água de menor salinidade (S₁-0,5 dS m⁻¹) foi obtida em poço profundo localizado no campus da UFERSA. Para obtenção da água dos demais níveis salinos (S₂, S₃, e S₄), foi adicionado cloreto de sódio à água de menor salinidade (S₁), ajustando-se a condutividade elétrica das mesmas com um condutímetro de bancada.

Realizaram-se fertirrigações em intervalos semanais, aplicando-se solução nutritiva contendo as seguintes quantidades de fertilizantes, em g L⁻¹: 0,5; 0,37; 0,14 e 27 de nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico, sulfato de magnésio, respectivamente, e como

fonte de micronutrientes adicionou-se 0,06 g L⁻¹ de Quelatec® (mistura sólida de EDTA-chelated nutrientes contendo 0,28% Cu, 7,5% Fe, 3,5% Mn, 0,7% Zn, 0,65% B e 0,3% Mo).

A irrigação foi realizada por meio de um sistema de gotejamento, aplicando-se em cada evento o volume necessário para repor a água evapotranspirada e elevar a umidade do solo à capacidade de campo, cujo volume era determinado pelo método da tensiometria.

O bioestimulante utilizado no ensaio foi o Stimulate®, um produto líquido, composto por três reguladores vegetais, contendo 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina) 0,005%, além de 99,981% de ingredientes inertes (CASTRO; VIEIRA, 2001).

A aplicação de bioestimulante foi realizada pela manhã em uma única aplicação, quando as plantas apresentaram-se no estágio fenológico R1 - surgimento dos primórdios florais, pré-floração (MOURA et al., 2012).

As pulverizações foram realizadas aplicando o regulador vegetal em toda a parte aérea da planta, utilizando um pulverizador manual com capacidade de 5 litros; aplicando volume de calda equivalente a 300 L ha⁻¹ (ABRANTES et al., 2011). Para os tratamentos sem aplicação de bioestimulante, as plantas foram pulverizadas apenas com água, aplicando o mesmo volume de calda utilizado nos demais tratamentos.

Todas as aplicações foram realizadas utilizando o mesmo pulverizador, com um bico cônico, tendo o cuidado de realizar a tríplex lavagem após a aplicação de cada dose.

As plantas foram coletadas 74 dias após a semeadura, cortando-as na base do solo e em seguida embaladas em sacolas plásticas e transportadas para o Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFERSA para análise. As plantas foram separadas em vagens, folhas e caule, para serem avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas, área foliar, diâmetro do caule, massa seca de folhas, caule, vagens e massa seca total.

A área foliar foi determinada pelo método do disco, utilizando um furador (vazador) com área de 6,26 mm², retirando-se 10 discos foliares por planta (SOUZA et al., 2012). Em seguida os discos foliares e o restante das folhas foram acondicionados separadamente em sacos de papel, colocadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C por 72 horas. A obtenção da massa seca de caule seguiu a mesma metodologia utilizada na secagem das folhas. A massa seca de vagens foi determinada no momento da colheita, pesando-se todas as vagens de cada parcela. Após o período de secagem realizou-se a pesagem das amostras (discos foliares, folhas, caule e vagens) utilizando uma balança analítica (0,01 g). A massa seca total foi obtida pelo somatório das massas obtidas nas amostras descritas anteriormente.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (teste F), e as variáveis que apresentaram resposta significativa aos tratamentos aplicados foram submetidas a análise de regressão, desdobrando-se as análises sempre que a interação se mostrou significativa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que, exceto para o diâmetro do caule (DC) ($p > 0,05$), houve efeito significativo da interação entre os fatores salinidade e bioestimulante, para as variáveis número de folhas e área foliar ao nível de 1% de probabilidade. Quanto o efeito isolado dos fatores, houve efeito significativo da salinidade para todas as variáveis analisadas ($p < 0,01$).

Por outro lado, não foi observado efeito significativo do fator bioestimulante para nenhuma dessas variáveis (Tabela 2).

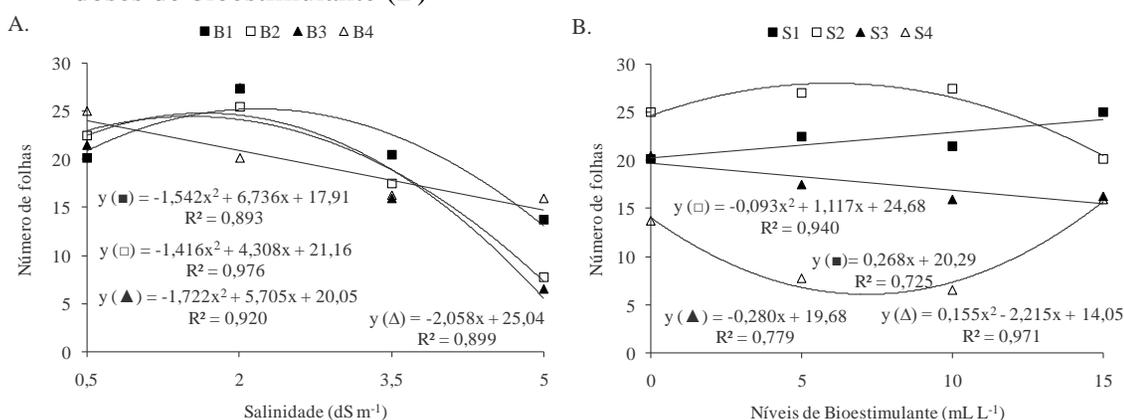
Tabela 2. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC) do feijão caupi em função da salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		NF	AF	DC
Salinidade (S)	3	589,86**	5406758,04**	5,96**
Bioestimulante (B)	3	7,16 ^{ns}	163326,39 ^{ns}	0,41 ^{ns}
Interação S x B	9	73,86**	582276,87**	0,68 ^{ns}
Blocos	3	7,97 ^{ns}	107752,54 ^{ns}	0,88 ^{ns}
Resíduo	48	17,22	127151,47	0,74
CV (%)		23,19	25,22	11,61

** : Significativo a 0,01 de probabilidade; * : Significativo a 0,05 de probabilidade; ns: Não significativo.

O número de folhas por planta foi afetado pela salinidade na água de irrigação, sendo o efeito variável de acordo com as doses de bioestimulante utilizada (Figura 1A). Ocorreram respostas quadráticas ao aumento da salinidade nas plantas que receberam bioestimulante nas doses B₁, B₂ e B₃, nas quais os maiores números de folhas foram obtidos nas salinidades 2,2; 1,5 e 1,6 dS m⁻¹, com 25, 24 e 25 folhas por planta, respectivamente. A partir destas salinidades ocorreram reduções no número de folhas, com menores valores ocorrendo na maior salinidade (5,0 dS m⁻¹), com perdas de 48,4% (B₁), 70,1% (B₂) e 77,7% (B₃).

Figura 1. Número de folhas do feijão caupi em função da salinidade da água de irrigação (A) e doses de bioestimulante (B)



Nas plantas que foram pulverizadas com biofertilizante na dose B₄ (15 mL L⁻¹), o número de folhas foi reduzido linearmente pelo aumento da salinidade, com perda de 2,0 folhas por planta em resposta ao aumento unitário da condutividade elétrica da água, de forma que na

salinidade $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve redução total de 38,6% (Figura 1A).

Quando as plantas são submetidas ao estresse salina apresentam alterações morfológicas e anatômicas como estratégias de adaptação à condição adversa, a exemplo da redução no número de folhas, refletindo redução de transpiração, como alternativa para manter a absorção de água (OLIVEIRA et al., 2013), resposta bastante comum e já tem sido relatada por vários estudos desenvolvidos com a cultura do feijão caupi (COELHO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013).

A diminuição no número de folhas pode estar relacionada ao menor crescimento da planta devido à restrição no processo de absorção; como consequência, ocorre redução do fluxo de água no sentido solo-planta-atmosfera ocasionando alterações morfológicas e anatômicas na planta (COELHO et al., 2013).

Na Figura 1B é apresentado o efeito do aumento nas doses de bioestimulante de acordo com cada nível de salinidade da água de irrigação, na qual se pode observar que houve resposta positiva ao regulador de crescimento na menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), apresentando aumento linear do número de folhas com o aumento da doses de Stimulate[®], com maior valor ocorrendo na dose 15 mL L^{-1} (24 folhas), correspondendo ao aumento de 20% em relação à ausência do regulador vegetal (20 folhas).

Na salinidade $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ocorreu resposta quadrática ao bioestimulante, com maior número de folhas na dose 6 mL L^{-1} (28 folhas), enquanto o menor valor (20 folhas) ocorreu na maior dose de Stimulate[®] (15 mL L^{-1}). Para a salinidade $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve efeito linear e negativo pelo aumento na dose do regulador, com maior número de folhas ocorrendo na ausência de bioestimulante (19 folhas), enquanto a maior dose (15 mL L^{-1}) provocou o menor número de folhas (15 folhas). Já para a maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$), inicialmente houve resposta negativa até a dose de 7 mL L^{-1} , apresentando aumento no número de folhas e o maior valor ocorreu na maior dose (15 mL L^{-1}), com 16 folhas (Figura 1B).

Dentre os principais efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas, destaca-se a redução na área foliar, seja pela redução no número de folhas e/ou no tamanho do limbo foliar. Neste trabalho, verifica-se que o uso de água de elevada salinidade reduziu consideravelmente o número de folhas, entretanto, a maior dose de bioestimulante proporcionou aumento nesta variável.

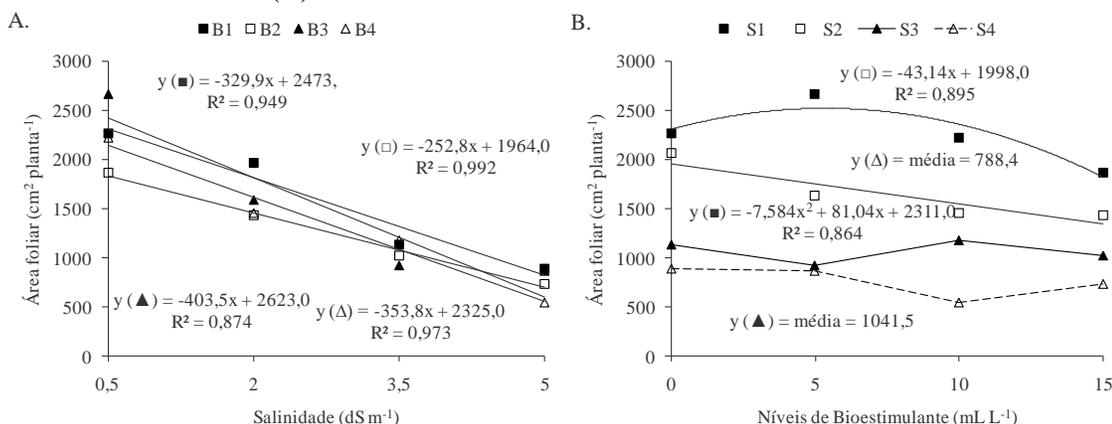
Em estudo desenvolvido com a cultura do feijão caupi sobre diferentes formas de aplicação de Stimulate[®] 10X (sementes e foliar), Oliveira et al. (2013) observaram resposta significativa para o número de folhas, entretanto esses autores não observaram efeito positivo em relação ao tratamento testemunha.

O aumento da salinidade da água de irrigação associado às doses de bioestimulante, provocaram a redução na área foliar, apresentando resposta linear e decrescente, com destaque para as doses de 10 e 15 mL L^{-1} , apresentando reduções de 403 e $354 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ por aumento unitário da salinidade. Considerando as plantas irrigadas com água de maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) em comparação com as irrigadas com água de menor salinidades, houve reduções totais de 64, 62, 75 e 74%, para as doses de Stimulate[®] de 0, 5, 10 e 15 mL L^{-1} , respectivamente (Figura 2A).

Sabe-se que em condições adversas as plantas desenvolvem formas de adaptação, resultando em alterações bioquímicas e/ou morfológicas. Entre estas se destaca a redução da área foliar relacionada, possivelmente, a um dos mecanismos de adaptação ao estresse salino diminuindo a superfície transpirante (TESTER; DAVENPORT, 2003). Tal comportamento já foi confirmado por outros autores em estudos desenvolvidos com a cultura do feijão caupi (OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2011; DUTRA et al., 2011).

Quanto ao efeito do uso de bioestimulante sobre a área foliar, verificou-se que ocorreu resposta quadrática nas plantas irrigada com água de menor salinidade ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), com maior área foliar ocorrendo na dose de $5,3 \text{ mL L}^{-1}$ ($2527,5 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), decrescendo em seguida, na dose de 15 mL L^{-1} com área foliar de $1350,9 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, menor que o valor obtido na ausência do regulador vegetal ($2311 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) (Figura 2B).

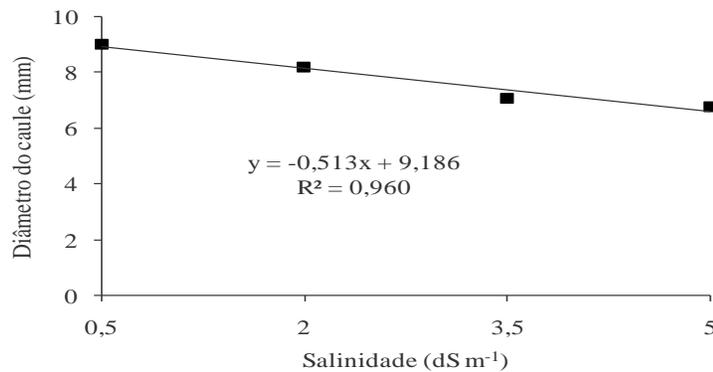
Figura 2. Área foliar do feijão caupi em função da salinidade da água de irrigação (A) e doses de bioestimulante (B)



Para a salinidade $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, o aumento nas doses de bioestimulante provocou redução linear da área foliar, com perda de $43,1 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ por aumento unitário na dose de bioestimulante, já na dose 15 mL L^{-1} obteve-se a menor área foliar ($1350,9 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), com redução total de $31,6\%$ em relação à ausência do Stimulate® ($1976,4 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$). Não houve efeito do bioestimulante sobre a área foliar das plantas irrigadas com águas de salinidade $3,5$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, obtendo-se valores médios de $1041,5$ e $788,4 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, respectivamente (Figura 2B).

Estes resultados demonstram que o efeito do Stimulate® sobre a emissão foliar no feijoeiro pode ser alterado de acordo com as condições de estresse, porém com o aumento da salinidade o efeito benéfico do regulador vegetal foi inibido.

O diâmetro do caule das plantas foi afetado apenas pela salinidade da água, ocorrendo redução de $0,513 \text{ mm}$ por aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação, apresentando o maior e menor valor ocorrendo nas salinidades $0,5$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, com $8,9$ e $6,6 \text{ mm}$, correspondendo a perda total de $25,8\%$ (Figura 3).

Figura 3. Diâmetro do caule de feijão caupi em função da salinidade da água de irrigação

Com relação ao acúmulo de massa seca, constatou-se, através da análise de variância, que houve efeito significativa da interação entre os fatores estudados para as variáveis massa de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de vagens (MSV) e massa seca total (MST) ao nível de 1% de probabilidade, resposta também observada para o fator salinidade quando avaliado isoladamente. Não houve efeito isolado do fator bioestimulante sobre a MSC ($p > 0,05$), entretanto, foram observadas respostas significativas para MSF e MSV ($p < 0,01$), bem como para MST ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF), massa seca de vagens (MSV) e massa seca total (MST) do feijão caupi em função da salinidade da água de irrigação e doses de bioestimulante

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		MSC	MSF	MSV	MST
Salinidade (S)	3	426,42**	305,07**	55,15**	2082,92**
Bioestimulante (B)	3	4,28 ^{ns}	25,44**	13,07**	67,52*
Interação S x B	9	22,53**	29,92**	9,97**	95,81**
Blocos	3	7,35 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,29 ^{ns}	10,78 ^{ns}
Resíduo	48	5,18	2,68	1,18	16,32
CV (%)		20,18	17,86	23,58	15,32

** : Significativo a 0,01 de probabilidade; * : Significativo a 0,05 de probabilidade; ns: Não significativo.

Na Figura 4 é apresentada a resposta da cultura aos tratamentos aplicados quanto ao acúmulo de biomassa nos diferentes órgãos das plantas. Para a massa seca de caule (MSC) houve efeito quadrático da salinidade da água nas plantas tratadas com bioestimulante nas doses B₁, B₂ e B₃, com maiores valores ocorrendo nas salinidades 1,5; 1,8 e 2,0 dS m⁻¹, com valores máximos de 17,9; 15,7 e 15,8 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 4A).

Para estas doses de bioestimulante, o aumento da salinidade a partir dos níveis descritos acima, provocou redução na MSC, com menores valores ocorrendo na salinidade 5,0 dS m⁻¹, com valores mínimos de 7,3; 5,9 e 5,0 g planta⁻¹, resultando em perda total de aproximadamente 59,

62 e 68%, para B₁, B₂ e B₃, respectivamente (Figura 4A).

É possível verificar que para a dose B₄ ocorreu redução linear na ordem de 2,5 g planta⁻¹ por aumento unitário da salinidade, correspondendo a perda total de 73% na salinidade 5,0 dS m⁻¹ (15,8 g planta⁻¹) em comparação com a MSC obtida na salinidade 0,5 dS m⁻¹ (4,3 g planta⁻¹). Desta forma, percebe-se que o uso de doses elevadas de bioestimulante potencializou o efeito da salinidade sobre a massa seca de caule (Figura 4A).

Em estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2013) foi observada redução na MSC com o aumento da salinidade independentemente da forma de aplicação de bioestimulante, apresentando efeito severo quando o biorregulador foi aplicado em combinação com o tratamento de sementes e via foliar.

Na Figura 4B é apresentada a resposta da cultura as doses de bioestimulante para cada nível de salinidade. Nas plantas irrigadas com água de menor salinidade (0,5 dS m⁻¹) verificou-se uma redução na MSC em resposta ao aumento nas doses de Stimulate[®] até 8,3 mL L⁻¹ (12,7 g planta⁻¹) e com aumento a partir desta dose, obtendo MSC de 15,2 g planta⁻¹ na dose 15 mL L⁻¹.

Para as salinidades S₁, S₂ e S₃ verificaram repostas lineares e decrescentes, apresentando redução na MSC de 0,419; 0,358 e 0,206 g planta⁻¹ em resposta ao aumento unitário nas doses de bioestimulante, resultando na dose 15 mL L⁻¹ em perdas totais de 32, 39 e 45%, para S₁, S₂ e S₃, respectivamente (Figura 4B).

Analisando esses resultados, percebe-se que o efeito do bioestimulante é afetado pelas condições ambientais em que a planta é submetida, principalmente sob condições de estresse, em que a eficácia do biorregulador foi comprometida pela salinidade.

A massa seca de folhas (MSF) também foi afetada pela salinidade em todas as doses de bioestimulante, porém o efeito foi variável de acordo com a dose adotada. Para as doses B₁ e B₄ ocorreram reduções na MSF em decorrência do aumento da salinidade, com valores de 2,5 e 1,8 g planta⁻¹ em resposta ao aumento unitário da salinidade, destacando na maior salinidade (5,0 dS m⁻¹) perdas totais de 66 e 68%, para B₁ e B₄, respectivamente. Por outro lado, nas doses B₂ e B₃, ocorreram repostas quadráticas, obtendo-se maiores valores de MSF nas salinidades 1,5 e 2,1 dS m⁻¹, com 12,1 e 14,8 g planta⁻¹, respectivamente. Para ambas as doses (B₂ e B₃) houve redução na MSF para salinidades acima destes níveis (1,5 e 2,1 dS m⁻¹). Na salinidade (5,0 dS m⁻¹), foram obtidos os menores valores (2,8 e 4,3 g planta⁻¹) (Figura 4C).

A redução da massa seca de folhas em plantas submetidas ao estresse salino foi relatada por outros autores (NEVES et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013). O efeito negativo da salinidade sobre o acúmulo de massa seca de folhas ocorreu em função da redução na expansão do limbo foliar.

Analisando o efeito do bioestimulante sobre a MSF de acordo com cada nível de salinidade, na salinidade S₁, houve redução na MSF com o aumento nas doses de Stimulate[®] até o volume de 9,1 mL L⁻¹ (10,3 g planta⁻¹) apresentando em seguida, um acréscimo com valor máximo de 13,0 g planta⁻¹ na dose 15 mL L⁻¹. Para a salinidade S₂ foi observada resposta quadrática, ocorrendo aumento na MSF em resposta à aplicação de bioestimulante em até 4,9 mL L⁻¹ (16,3 g planta⁻¹), a partir desta dose houve um decréscimo, como menores valores na dose 15 mL L⁻¹ (8,5 g planta⁻¹) (Figura 4D).

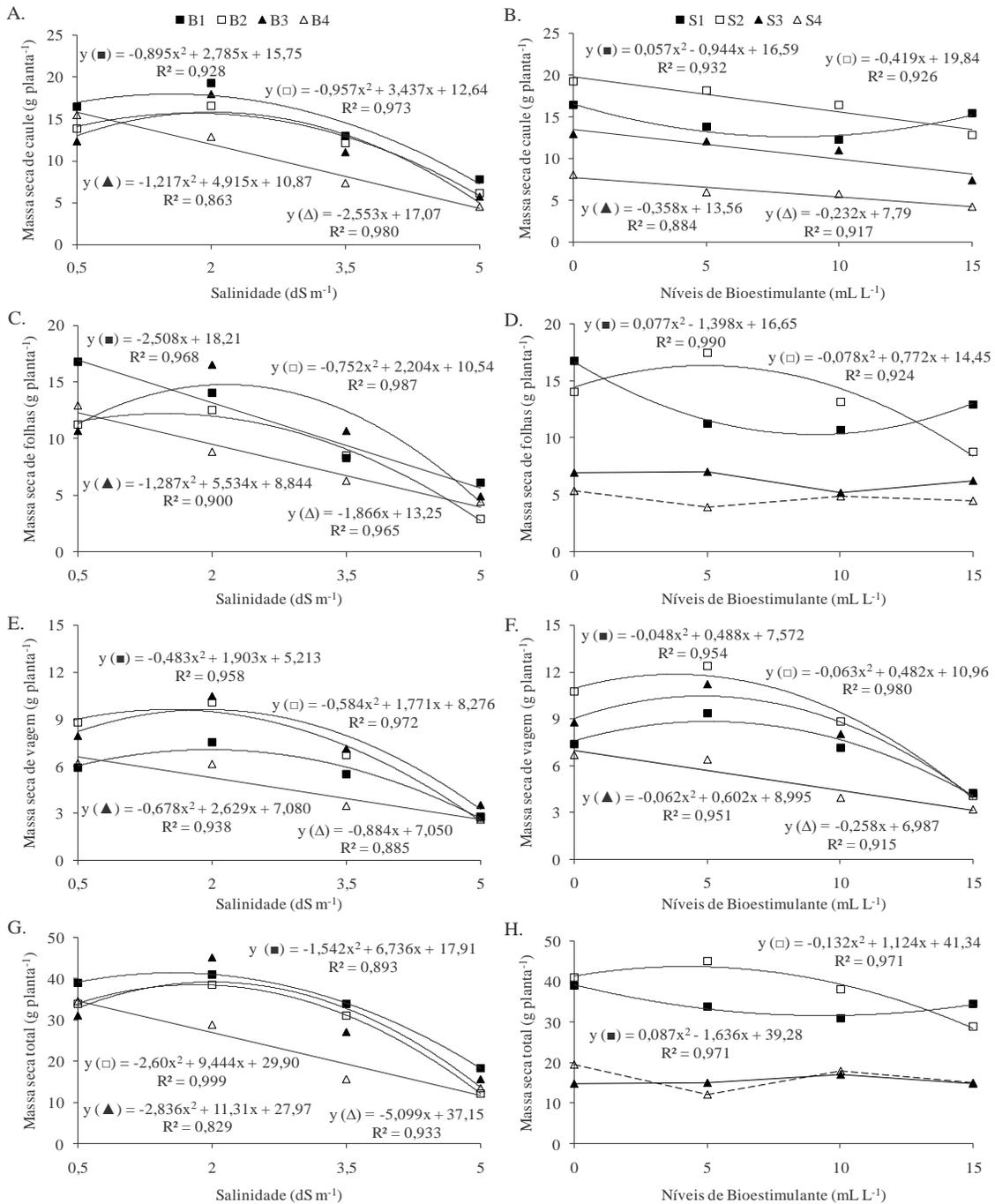
Não houve resposta significativa ao bioestimulante para MSF nas plantas irrigadas com águas de salinidades S₃ e S₄, obtendo-se valores médios de 6,4 e 4,7 g planta⁻¹, para S₃ e S₄ respectivamente (Tabela 3). Estes resultados corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (2013), onde concluíram que o efeito do uso de bioestimulante sobre a MSF apresenta resposta

positivamente somente na ausência de estresse salino (Figura 4D).

Analisando o desenvolvimento foliar em conjunto (NF, AF e MSF), verifica-se que quando as plantas foram irrigadas com água de maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$), o uso da maior dose de bioestimulante (15 mL L^{-1}) proporcionou aumento nas variáveis NF e MSF, apesar de não afetar a AF. Este comportamento demonstra que o uso do bioestimulante proporcionou maior espessura do limbo foliar, comportamento semelhante ao observado por Oliveira et al. (2016) em milho pipoca.

Analisando a massa seca de vagens (MSV) em função da salinidade da água de irrigação, verificaram-se respostas quadráticas nas doses de bioestimulante B_1 , B_2 e B_3 . Nestas doses, os maiores valores obtidos foram de 7,1; 9,6 e 9,6 g planta^{-1} nas salinidades de 2,0; 1,5 e 1,9 dS m^{-1} , respectivamente. A partir destes níveis, o aumento da salinidade provocou a redução na MSV e na maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) ocorreram os menores valores de MSV, com 2,6; 2,5 e 3,3 g planta^{-1} , para B_1 , B_2 e B_3 , respectivamente (Figura 4E).

Figura 4. Massa seca de caule (A e B), massa seca de folhas (C e D), massa seca de vagens (E e F) e massa seca total de feijão caupi em função do uso de águas salinas e doses de bioestimulante



Nas plantas tratadas com bioestimulante na dose B₄ o aumento da salinidade apresentou resposta linear e decrescente na MSV, com redução de 0,884 g planta⁻¹ por aumento unitário da salinidade, de forma que o menor valor ocorreu na salinidade 5,0 dS m⁻¹ (2,6 g planta⁻¹),

resultando em perda total de 60% em comparação com a salinidade $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, em que se obteve MSV de $6,6 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 4E).

A partir destes resultados, percebe-se que o uso do bioestimulante não promoveu melhorias no desempenho do feijoeiro sob estresse salino, provocando inclusive, em elevada salinidade, o aumento do efeito negativo da salinidade. O estresse salino sobre a massa seca de vagens reflete diretamente o na produção de grãos, e isso corrobora com resultados obtidos por outros autores (SILVA et al., 2013; BEZERRA et al., 2010). De acordo com Furtado et al. (2014) o aumento da salinidade provoca o retardamento da floração e eleva à taxa de abortamento de flores.

Com relação ao efeito do bioestimulante sobre a MSV para cada nível de salinidade (Figura 4F), foram observadas respostas quadráticas ao aumento na dose de Stimulate® para as salinidades S_1 , S_2 e S_3 , com maiores valores obtidos nas doses de 5,1; 3,8 e 4,8 mL L^{-1} , com máximo de 8,8; 11,9 e 10,5 g planta^{-1} , respectivamente. Assim, verifica-se ainda que doses acima destes níveis promovem redução na MSV destacando-se na dose 15 mL L^{-1} com valores mínimos (S_2 e S_3) ou próximos aos obtidos na ausência do Stimulate®.

Ainda na Figura 4F, é apresentado o efeito do bioestimulante nas plantas submetidas à maior salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Observar-se que houve resposta linear e decrescente na MSV na medida em que aumentou as doses de Stimulate®. A maior dose proporcionou a menor MSV ($2,6 \text{ g planta}^{-1}$), equivalente a redução de 60% em relação ao valor obtida na ausência do biorregulador ($6,6 \text{ g planta}^{-1}$).

Na literatura são poucos os estudos sobre a eficiência do uso de bioestimulante em plantas submetidas ao estresse salino (OLIVEIRA et al., 2013), entretanto, outros autores verificaram resposta positiva do uso de bioestimulante em outras condições ambientais, a exemplo de Abrantes et al. (2011), trabalhando com o feijoeiro *Phaseolus vulgaris*, verificaram que a aplicação foliar de bioestimulante aumentou a massa das vagens e grãos. Já Almeida et al. (2014), não observaram resposta positiva do uso de bioestimulante no desenvolvimento da cultura. De acordo com esses autores, a aplicação do bioestimulante via foliar na fase vegetativa, ou início da reprodutiva, proporciona incrementos na nodulação, no crescimento radicular, no conteúdo de açúcares solúveis, aminoácidos totais e na atividade da nitrato redutase, porém, não interfere no crescimento da parte aérea e na produtividade da cultura do feijão.

Assim, observou-se respostas quadráticas para massa seca total (MST) ao aumento da salinidade da água utilizada na irrigação para as plantas tratadas com as doses B_1 , B_2 e B_3 de bioestimulante. Para estas doses, os maiores valores de MST ocorreram nas salinidades de 2,18; 1,82 e 1,99 dS m^{-1} , com 25,27; 38,48 e 39,25 g planta^{-1} , respectivamente. Apesar das reduções na MST com o aumento da salinidade a partir destes níveis, percebe-se que, em comparação com as plantas irrigadas com água de menor salinidade, ocorreram reduções a partir destes níveis. O aumento da salinidade provocou redução na MST, podendo ser explicado no nível $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ com reduções de aproximadamente 48,4; 68,5 e 65,3% em relação aos valores máximos obtidos (Figura 4G).

Quando as plantas foram pulverizadas com a maior dose de bioestimulante (B_4) houve redução linear na MST em resposta ao aumento da salinidade, apresentando redução de aproximadamente $5,1 \text{ g planta}^{-1}$ por aumento unitário da salinidade, resultando na maior salinidade em perda total de 66,3% (Figura 4G).

A redução na produção de biomassa em função ao aumento da salinidade tem sido relatada por vários autores como (OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2011). O efeito deletério

da salinidade sobre crescimento das plantas ocorre devido ao comprometimento de funções fisiológicas e bioquímicas, estando associado aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais, decorrentes do acúmulo de sais na zona radicular da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A massa seca total foi afetada pelas doses de bioestimulante apenas nas plantas irrigadas com águas de menor salinidade (0,5 e 2,0 dS m⁻¹). Nas plantas submetidas à salinidade 0,5 dS m⁻¹, o uso de bioestimulante resultou em redução na massa seca total até a dose de 9,4 mL L⁻¹, obtendo-se menor valor (31,6 g planta⁻¹). No entanto, doses acima de 9,4 mL L⁻¹ promoveram aumento no acúmulo de biomassa, porém, a maior dose promoveu massa seca total inferior ao obtido na ausência de bioestimulante (Figura 4H).

O efeito do biorregulador Stimulate[®] sobre crescimento e produção de biomassa pode ser atribuído à função dos componentes deste biorregulador (giberélico, citocinina e auxina). De acordo com Taiz e Zeiger (2009) esses hormônios são responsáveis pela divisão celular, em que o primeiro promove o crescimento do caule através da diferenciação de células meristemáticas e o segundo, induz a diferenciação do floema e xilema.

Considerando a salinidade 2,0 dS m⁻¹, foi observada resposta quadrática ao aumento na dose de biorregulador, com resposta positiva até o nível de 4,2 mL L⁻¹, obtendo-se máximo de MST 43,7 g planta⁻¹. Verifica-se ainda que doses acima desta resultou em redução de massa seca total, de forma que na dose de 15 mL L⁻¹ obteve-se menor MST (28,5 g planta⁻¹). Não houve efeito significativo das doses de bioestimulante sobre a massa seca total nas plantas submetidas às maiores salinidade, obtendo-se valores médios de MST em 15,46 e 16,14 g planta⁻¹, para as salinidades 3,5 e 5,0 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 4H).

Conforme os resultados apresentados na Figura 4, o maior desenvolvimento das plantas ocorreu em salinidades variando de 1,82 a 2,18 dS m⁻¹, enquanto o bioestimulante foi mais eficiente nas plantas submetidas a salinidade de 2,0 dS m⁻¹. Além disso, o uso de água com elevada salinidade reduziu consideravelmente o crescimento das plantas e sem resposta ao bioestimulante nestas condições.

O uso do Stimulate[®] foi eficiente apenas em plantas sob condições favoráveis de desenvolvimento, de forma que o efeito do biorregulador foi inibido pelo uso de águas com elevadas salinidades (3,5 e 5,0 dS m⁻¹), confirmando os resultados obtidos por Oliveira et al. (2013) para a cv. Quarentinha. Esses resultados indicam que a resposta da cultura a aplicação do bioestimulante depende não só da dose, podendo ser influenciada por outros fatores, como condição de cultivo e estresses aos quais as plantas são submetidas (ALBRECHT et al., 2012; MOTERLE et al., 2008). De forma semelhante, Ávila et al. (2010) e Baldo et al. (2009), trabalhando com as cultura do feijoeiro e algodoeiro, respectivamente, também não verificaram efeito da aplicação do bioestimulante via tratamento de sementes e via pulverização foliar no crescimento das plantas submetidas ao estresse hídrico.

6 CONCLUSÕES

O uso de Stimulate[®] não reduziu o efeito deletério da salinidade na cultura do feijão caupi, e quando utilizado em doses elevadas potencializou o efeito da salinidade.

O uso de água com condutividade acima de 3,5 dS m⁻¹ reduz o crescimento e a produção de grãos do feijão caupi, com efeito severo em doses crescentes de bioestimulante.

O uso de bioestimulante favorece o crescimento e produção de biomassa de feijão caupi

na ausência do estresse salino, mas seu efeito é inibido sob estresse salino.

7 REFERÊNCIAS

- ABRANTES, F. L.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; SILVA, M. P.; SIMIDU, H. M.; ANDREOTTI, M.; BUZZETTI, S.; VALÉRIO FILHO, W. V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 148-154, 2011.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, p. 774-782, 2012.
- ALMEIDA, A. Q.; SORATTO, R. P.; BROETTO, F.; CATANEO, A. C. Nodulação, aspectos bioquímicos, crescimento e produtividade do feijoeiro em função da aplicação de bioestimulante. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 77-88, 2014.
- ÁVILA, M. R.; BARIZÃO, D. A. O.; GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L. P. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, p. 221-230, 2010.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO Estudos Irrigação e Drenagem, 29).
- BALDO, R.; SCALON, S. P. Q.; ROSA, Y. B. C. J.; MUSSURY, R. M.; BETONI, R.; BARRETO, W. S. Comportamento do algodoeiro cultivar delta opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1804-1812, 2009.
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1075-1082, 2010.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 379-385, 2013.
- CONAB – **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2016/2017: Oitavo levantamento. Brasília, v.8. 2016. 144p.
- DUTRA, A. T.; SILVA, E. N.; RODRIGUES, C. R. F.; VIEIRA, S. A.; ARAGÃO, R. M.; SILVEIRA, J. A. G. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão

caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 403-409, 2011.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

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**, Pombal, v. 9, p. 291-299, 2014.

LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 663-675, 2011.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 701-709, 2008.

MOURA, J. Z.; PÁDUA, L. E. M.; MOURA, S. G.; TORRES, J. S.; SILVA, P. R. R. Escala de desenvolvimento fenológico e exigência térmica associada a graus-dia do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, p. 66-71, 2012.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 758-765, 2009.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA, A. A. T.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 465-471, 2013.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, p. 304-317, 2013.

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**, Campina Grande, v. 15, p. 383-389, 2011.

SOUZA, M. S.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, J. D. M.; AROUCHA, E. M. M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 241-245, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 91, p. 503-527, 2003.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004.