



Seleção de linhagens de Feijão-Caupi resistentes ao estresse salino com concentrações de NaCl

Selection of Cowpea lines resistant to saline stress with NaCl concentrations

Selección de líneas de Cowpea resistentes al estrés salino con concentraciones de NaCl

DOI: 10.55905/revconv.17n.10-142

Originals received: 09/03/2024

Acceptance for publication: 09/23/2024

Pedro Luid de Sousa Oliveira

Mestre em Agronomia - Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal de Jataí

Endereço: Açailândia – Maranhão, Brasil

E-mail: luid_oliveira@outlook.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3317-6590>

Edson Araujo de Amorim

Mestre em Agronomia - Produção Vegetal

Instituição: Universidade Estadual de Londrina

Endereço: Londrina – Paraná, Brasil

E-mail: edsonamorins@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8171-3381>

Potiára Oliveira Diniz

Mestra em Fitotecnia - Entomologia Aplicada

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz – Maranhão, Brasil

E-mail: potiara_diniz@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4391-290X>

Kaesel Jackson Damasceno e Silva

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Lavras

Instituição: Centro de Pesquisa Agropecuária Meio Norte

Endereço: Teresina - Piauí, Brasil

E-mail: kaesel.damasceno@embrapa.br



Anatercia Ferreira Alves

Doutora em Fitotecnia - Biotecnologia e Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Endereço: Imperatriz – Maranhão, Brasil

E-mail: anaterciaa@yahoo.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3487-6898>

RESUMO

O feijão-caupi é de grande importância para as regiões Norte e Nordeste do Brasil pelo seu alto potencial produtivo e valor nutritivo. Pode tolerar estresses mesmo em condições naturais, dentre eles, estresse salino, que pode afetar negativamente o seu crescimento e o seu desenvolvimento inicial. Assim, objetivou-se selecionar linhagens de feijão-caupi resistentes ao estresse salino em diferentes concentrações de NaCl. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial de 3x5, com tratamentos de três concentrações de NaCl e 5 genótipos de feijão-caupi, fornecidos pela EMBRAPA Meio-Norte Teresina-PI. Cada tratamento consistiu de 4 repetições de 50 unidades de sementes. As condições de estresse salino induzido por cloreto de sódio promovem reduções significativas no desempenho de sementes e no crescimento inicial de feijão-caupi. Na concentração de 40 mM, a linhagem que apresentou maior desempenho foi a Bico15, sendo tolerante a essa concentração salina para as características de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, massa seca da parte aérea e massa seca do cotilédone. Para a concentração de 80 mM, todas as linhagens apresentaram desempenho iguais para comprimento de raiz, comprimento da parte aérea, massa fresca da parte aérea, massa fresca do cotilédone, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea. As linhagens avaliadas apresentaram pouca tolerância para a concentração de 80 mM de NaCl.

Palavras-chave: genótipos, salinidade, tolerância, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

ABSTRACT

Cowpea is of great importance to the North and Northeast regions of Brazil due to its high productive potential and nutritional value. It can tolerate stress even in natural conditions, including salt stress, which can negatively affect its growth and initial development. Thus, the objective was to select cowpea lines resistant to saline stress in different concentrations of NaCl. The experimental design used was completely randomized, in a 3x5 factorial arrangement, with treatments of three concentrations of NaCl and 5 genotypes of cowpea, provided by EMBRAPA Meio-Norte Teresina-PI. Each treatment consisted of 4 replications of 50 seed units. Saline stress conditions induced by sodium chloride promote significant reductions in seed performance and initial growth of cowpea. At a concentration of 40 mM, the strain that presented the highest performance was Bico15, being tolerant to this saline concentration for the characteristics of germination percentage, germination speed index, average germination time, dry mass of the aerial part and dry mass of the cotyledon. For the concentration of 80 mM, all lines showed equal performance for root length, shoot length, shoot fresh mass, cotyledon fresh mass, root dry mass and shoot dry mass. The strains evaluated showed little tolerance for the 80 mM NaCl concentration.

Keywords: genotypes, salinity, tolerance, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.



RESUMEN

El caupí es de gran importancia para las regiones Norte y Nordeste de Brasil debido a su alto potencial productivo y valor nutricional. Puede tolerar el estrés incluso en condiciones naturales, incluido el estrés salino, que puede afectar negativamente a su crecimiento y desarrollo inicial. Así, el objetivo fue seleccionar líneas de caupí resistentes al estrés salino en diferentes concentraciones de NaCl. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en arreglo factorial 3x5, con tratamientos de tres concentraciones de NaCl y 5 genotipos de caupí, proporcionado por EMBRAPA Meio-Norte Teresina-PI. Cada tratamiento constó de 4 repeticiones de 50 unidades de semillas. Las condiciones de estrés salino inducidas por el cloruro de sodio promueven reducciones significativas en el rendimiento de las semillas y el crecimiento inicial del caupí. A una concentración de 40 mM, la cepa que presentó mayor rendimiento fue Bico15, siendo tolerante a esta concentración salina para las características de porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, tiempo promedio de germinación, masa seca de la parte aérea y masa seca del cotiledón. Para la concentración de 80 mM, todas las líneas mostraron el mismo rendimiento en longitud de raíz, longitud de brote, masa fresca de brote, masa fresca de cotiledón, masa seca de raíz y masa seca de brote. Las cepas evaluadas mostraron poca tolerancia a la concentración de NaCl 80 mM.

Palabras clave: genotipos, salinidad, tolerancia, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma planta herbácea, autógama, de clima tropical e amplamente cultivada nas regiões quentes da África, Brasil e Estados Unidos. No Brasil, apresenta maior consumo nas regiões Norte e Nordeste, além de lançar uma produção em média de 35,3 mil toneladas na safra 20/21 nessas duas regiões (Dutra *et al.* 2012; Sousa *et al.* 2022).

Na região nordeste o feijão-caupi tem maior destaque quando comparado ao feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) devido a sua capacidade de adaptação às adversidades climáticas, edáficas e biológicas da região, como altas temperaturas e déficit hídrico, em virtude das suas características de rusticidade e precocidade, além de ser uma fonte de proteína de baixo custo (Mendes, 2017).

Embora o feijão-caupi seja bastante cultivado no país, Sousa *et al.* (2022) afirmam que, o que dificulta a sua produção na região Nordeste, é o acúmulo de sais no solo, ocasionado pela baixa densidade pluviométrica, bem como a alta evaporação da água, sendo maximizado nos sistemas de irrigação que utilizam água insuficiente ou de baixa qualidade e/ou com drenagem irregular.



E apesar de o feijão-caupi apresentar tolerância à diferentes condições de estresse, o crescimento e seu desenvolvimento podem ser afetado negativamente pelo excesso de sais no solo, assim, podendo ter seu desenvolvimento e crescimento inicial prejudicados e, portanto, comprometendo a produtividade (Melo *et al.*, 2022). Pois, a salinidade, no crescimento e desenvolvimento inicial de uma plântula, afeta seu metabolismo dificultando a mobilização dos carboidratos de reserva e provoca distúrbios nas membranas do eixo embrionário (Sousa *et al.* 2022).

Nesse contexto, o conhecimento sobre como o estresse salino influencia na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas tem importância especial na ecofisiologia para avaliar os limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies (Mini *et al.* 2019).

Devido a necessidade de se selecionar genótipos mais resistentes da cultura, a utilização de genótipos menos sensíveis ao estresse salino tem se tornado um dos métodos mais empregados para se contornar esse problema (Coelho, 2012; Costa *et al.* 2013). No entanto, mesmo havendo técnicas que visem minimizar os efeitos desse estresse para a cultura, como por exemplo, o cultivo adensado, esses métodos são dispendiosos e demorados, algo que os torna impraticáveis. Uma técnica viável para a utilização de água salina sem grandes prejuízos nas trocas gasosas da planta, seria o uso de genótipos mais tolerantes à salinidade da água (Mini *et al.* 2019; Brito *et al.* 2016; Sá *et al.* 2015).

Segundo Fageria *et al.* (2010), o feijão-caupi é considerado moderadamente tolerante a salinidade, podendo suportar, sem perdas expressivas na produção. Assim, a busca por novas fontes de genes para a tolerância à salinidade deve ser constante. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho selecionar genótipos de feijão-caupi resistentes ao estresse salino utilizando NaCl.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Melhoramento Genético, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão -UEMASUL, em Imperatriz – MA.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial de 3x5, onde os tratamentos consistiram de três concentrações de NaCl (cloreto de sódio)



controle, sem adição de NaCl, solução de 40 mM e solução de 80 mM de NaCl, e cinco genótipos de feijão-caupi (BRS Tumucumaque, Bico11, Bico15, Bico19, Bico24), fornecida pela EMBRAPA Meio-Norte Teresina-PI, compostos por 4 repetições de 50 unidades de sementes. As soluções de 40 mM e 80 mM foram preparadas respectivamente com 2,34 g e 4,70 g de NaCl para 1 L de água destilada.

As sementes foram previamente esterilizadas com mistura de água sanitária e água destilada na proporção de 1:3 (água sanitária: água destilada) e semeadas em papel germitest, o qual foi dobrado em formato de rolo. Os rolos foram umedecidos com 20 mL, 2,5 vezes o peso do papel germitest, de água destilada (controle) e com soluções de NaCl de modo a fornecer 40 mM, 80 mM.

As sementes foram mantidas nos rolos a fim de reduzir as perdas de umidade e acondicionadas em câmara de germinação a 25 °C, sob fotoperíodo de 12 h de escuro e 12 h de luz. Os papéis foram molhados frequentemente 2 vezes ao dia durante 10 dias com 20 mL de água destilada (controle), 20 mL com 40 mM de NaCl e 20 mL com 80 mM de NaCl para cada tratamento com suas respectivas repetições. Em seguida, com base nos resultados foram realizadas as avaliações dos seguintes testes:

Teste/Porcentagem de germinação – realizado no décimo dia após a semeadura (final do experimento), considerando-se germinadas as sementes que emitiram raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação - calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n),$$

Em que:

IVG: índice de velocidade de germinação.

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem;



Tempo médio de germinação - obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura e calculado através da fórmula abaixo, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$$TMG = \frac{\sum(n_i \cdot t_i)}{\sum n_i}, \text{ em que}$$

TMG = tempo médio de germinação em (dias).

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i -ésima contagem.

Comprimento da Radícula (CR) e Comprimento da Parte Aérea (CPA) – o comprimento de raiz primária e parte aérea das plântulas consideradas normais foi avaliado no décimo dia com auxílio de régua milimetrada, efetuando-se as medições em centímetros e os resultados foram expressos em cm.plântula^{-1} (Carvalho, 2000).

Massa Fresca da Raiz (MFR) e Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) - foi realizada após a avaliação do comprimento. A coleta tanto da raiz, quanto da parte aérea ambos separadamente e feito a pesagem para se obter a massa fresca respectivamente.

Massa Seca da Raiz (MSR) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) - As plântulas normais foram colocadas em sacos de papel devidamente identificadas e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 60 ± 2 °C, por um período de 24 horas. Em seguida, foi realizada a pesagem do material em balança analítica, obtendo-se, então, a biomassa seca com precisão de 0,001 g e o peso de cada amostra foi dividida pelo número de plântulas normais que foram utilizadas no teste para cada amostra, obtendo-se, então, a biomassa seca média de cada plântula (Carvalho, 2000).

As médias dos dados obtidos das avaliações foram submetidas à análise estatística no programa Genes e R- 4.3.3. Na análise estatística as médias foram submetidas à análise de variância e realizado o teste de médias comparadas através do teste Tukey a 5% de probabilidade.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância das variáveis avaliadas dos genótipos de feijão-caupi. Para as fontes de variação Genótipo e Tratamento observou-se efeito significativo para todas as características avaliadas, com exceção de TMG para genótipo e PG para tratamento. Para a interação “GxT” não houve efeito significativo para TMG e PG, sendo que as demais características observou-se significância.



Tabela 1: Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR) e massa fresca total e massa seca total (MFT e MST). Imperatriz – MA, 2019.

FONTES DE VARIACÃO	QUADRADOS MÉDIOS											
	G.L	PG	IVG	TMG	CR	CPA	MFPA	MSPA	MFR	MSR	MFT	MST
Genótipo (G)	4	0,031*	17,250*	0,265 ^{NS}	2,950*	1,795*	18,271*	0,286*	1,931*	0,057*	28,058*	6,737*
Tratamento (T)	2	0,042 ^{NS}	45,390*	1,446*	26,149*	15,193*	40,909*	1,251*	2,630*	0,304*	124,640*	12,730*
G x T	8	0,004 ^{NS}	5,610*	0,590 ^{NS}	2,167*	1,192*	9,315*	0,148*	1,365*	0,052*	12,974*	2,173*
C.V		16,44	16,60	5,67	29,57	22,45	49,80	41,60	54,20	54,20	27,70	39,54
Média Geral		0,35	12,55	16,10	2,38	2,51	2,76	0,41	0,99	2,97	6,79	2,49

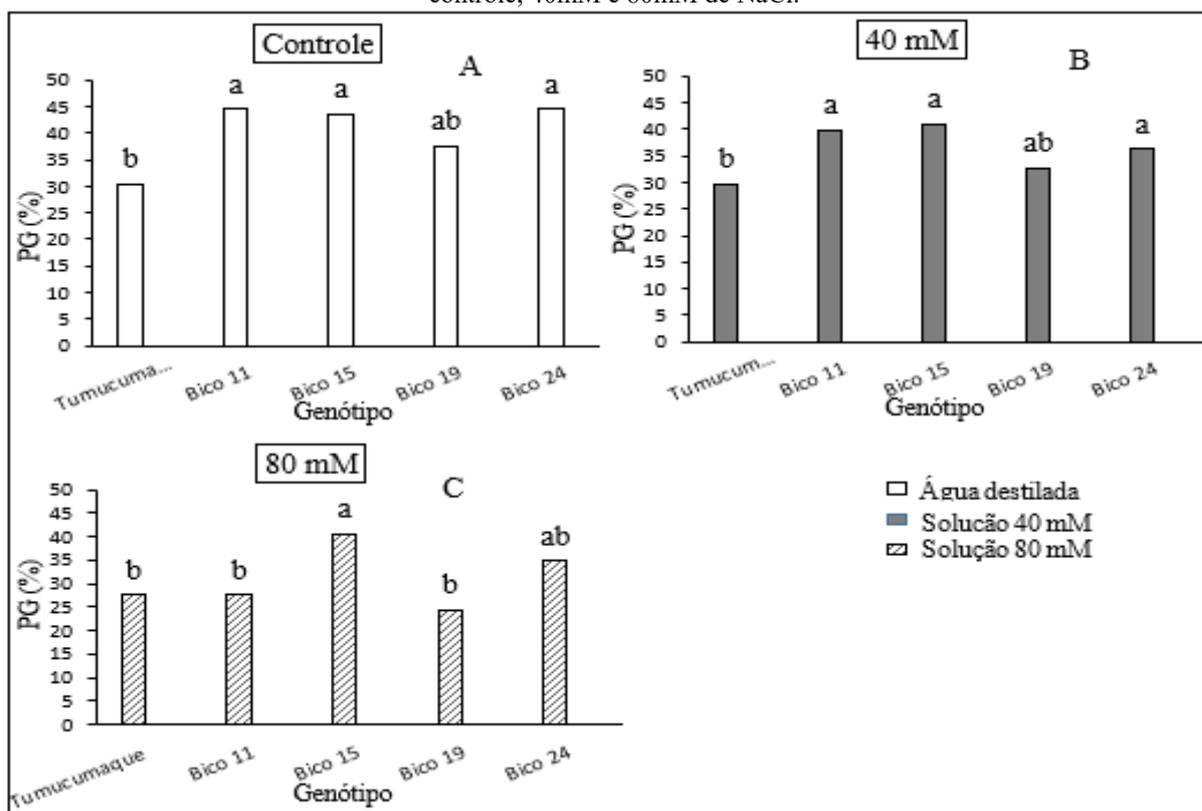
G x T: interação entre genótipo e tratamento. C.V (%): Coeficiente de Variação. *: significativo a 5% de probabilidade. NS não significativo. G.L: Graus de liberdade.

Fonte: Autor



A Figura 1 apresenta os valores de dados médios de porcentagem de germinação dos genótipos de feijão-caupi.

Figura 1: Dados médios de Porcentagem de Germinação (PG) dos genótipos de feijão-caupi dos tratamentos controle, 40mM e 80mM de NaCl.



(Solução com água destilada, 40 mM e 80 mM de NaCl). Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre genótipos no mesmo tratamento ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

No tratamento controle (Figura 1A), as linhagens Bico 11 (44,5%), Bico 24 (43,5%) e Bico 15 (44,5%) apresentaram médias superiores a testemunha BRS Tumucumaque (30,5%). Na concentração de 40 mM de NaCl (Figura 1B) os genótipos Bico 11, Bico 15 e Bico 24 também se destacaram em relação a testemunha. Na concentração salina 80 mM de NaCl (Figura 1C), a linhagem Bico 15 foi a que apresentou a maior média de germinação com 40,5%.

Além disso, observou-se que houve uma diminuição ou estagnação da porcentagem de germinação dos genótipos quando eles foram submetidos as concentrações de estresses salinos de 40 mM e 80 mM de NaCl. Resultado semelhante encontrado por Chagas *et al.* (2018), trabalhando com sementes básicas de feijão-caupi BR3-Tracuateua também verificou que o aumento da concentração de sais provocou a diminuição da porcentagem de germinação da



linhagem quando foram submetidas em estresse salino com concentrações de 25 mM, 50 mM, 75 mM e 100 mM de NaCl.

Na Tabela 2 estão apresentados os dados médios de índice de velocidade de germinação dos genótipos de feijão-caupi.

Tabela 2: Médias de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM de NaCl.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	16, 13 aA	13, 41 aA	8, 48 bB
Bico15	16, 71 aA	14, 38 aA	13, 83 aA
Bico19	14, 15 abA	12, 14 abA	8, 84 bB
Bico24	15, 40 aA	12, 32 abA	12, 76 aA
BRS Tumucumaque	11, 24 bA	8, 96 bA	10, 25 abA
Média	14, 72	12, 24	10, 71

(Solução com água destilada, 40 mM e 80 mM de NaCl). Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre genótipos no mesmo tratamento ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. E letra maiúscula diferença entre tratamentos no mesmo genótipo.

Fonte: Autor

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), entre os genótipos no mesmo tratamento, os que se destacaram da testemunha no Controle foram Bico11, Bico15 e Bico24. Na solução de 40 mM de NaCl foram Bico11 e Bico15. Já na solução de 80 mM, foram os genótipos Bico15 e Bico24 que se destacaram. Além disso, observou-se, na relação entre genótipo e tratamento, que os genótipos Bico11 e Bico 19 que eles apresentaram diminuição do IVG na solução de 80 mM (Tabela 2).

Em trabalhos de Neto *et al.* (2020) ao realizarem um experimento sobre a germinação e crescimento inicial de *Vigna unguiculata* (L.) sob estresse salino cujos tratamentos foram constituídos de concentrações salinas de 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 dS m⁻¹ de NaCl e CaCl₂ e água destilada como testemunha e utilizando a cultivar BR17 Gurguéia submetida a esses estresses, observaram que houve decréscimo na velocidade de germinação até o maior nível de salinidade (12,5 dS m⁻¹).

Larré *et al.* (2011), ao encontrarem resultados semelhante ao da Figura 2, afirmaram que os valores de IVG podem representar o efeito direto dos sais na redução do vigor das sementes. Portanto, quanto maior for a concentração de sais, por causa da irrigação, as plantas de feijão-caupi tem maior dificuldade para se desenvolverem (Neves *et al.* 2009 e Silva *et al.* 2011). Isso se atribui à redução de alguns fatores fisiológicos como a transpiração e a fotossíntese, afetando o seu crescimento e desenvolvimento (Neves *et al.* 2009; Bezerra *et al.* 2010).



Na Tabela 3 estão apresentados os dados médios de tempo médio de germinação dos genótipos de feijão-caupi.

Tabela 3: Médias de Tempo Médio de Germinação (TMG) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM de NaCl.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	16, 23	16, 03	16, 99
Bico15	16, 00	15, 35	16, 22
Bico19	16, 14	16, 01	16, 12
Bico24	15, 94	15, 35	16, 21
Tumucumaque	16, 11	16, 92	16, 00
Média	16, 08	15, 93	16, 30

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre genótipos no mesmo tratamento ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Observou-se que não houve diferença entre as médias de tempo médio de germinação entre os genótipos (Tabela 3). Ou seja, as sementes dos genótipos levaram o mesmo tempo para germinarem.

A Tabela 4 apresenta os dados médios para para o comprimento de raiz dos genótipos de feijão-caupi.

Tabela 4: Dados médios de Comprimento de Raiz (CR) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM de NaCl.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	4, 05 aA	2, 25 aB	1, 41 aB
Bico15	4, 61 aA	3, 08 aB	1, 22 aC
Bico19	4, 41 aA	1, 92 aB	1, 23 aB
Bico24	3, 21 aA	2, 05 aAB	1, 44 aB
Tumucumaque	1, 51 bAB	2, 31 aA	1, 08 aB
Média	3, 56	2, 32	1, 28

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Observou-se no controle (Tabela 4), que todos os genótipos apresentaram diferença entre médias da testemunha, enquanto na concentração de 40mM e 80mM de NaCl, todos os genótipos apresentaram redução no crescimento da raiz. A testemunha apresentou redução no crescimento apenas no tratamento de 80mM de NaCl. Conforme Santos *et al.* (2009), isso provavelmente ocorreu devido à redução no crescimento da planta, ocasionada pelo comprometimento de funções fisiológicas e bioquímica.



Leite *et al.* (2020) realizaram um estudo sobre a resposta germinativa do feijão arigó e manteiguinha (*Vinga unguicula* L. Walp) submetidas a condições de estresse salino onde essas variedades foram submetidas nas concentrações salinas de 1,8; 2,5; 3,9; e 7,0 dSm⁻¹ de NaCl e observaram que o crescimento da raiz das plântulas decresceu a partir da concentração salina de 2,5 dSm⁻¹. Leite *et al.* (2020), Lima *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2009), avaliando a tolerância de plantas de feijão-caupi sob condições de salinidade também observaram reduções no crescimento de raiz com o aumento da salinidade da água de irrigação.

A Tabela 5 apresenta os dados médias do comprimento da parte aérea dos genótipos de feijão-caupi.

Tabela 5: Médias de Comprimento da Parte Aérea (CPA) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM de NaCl.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	3,98 aA	2,35 abB	1,73 aB
Bico15	3,75 abA	2,52 abB	1,48 aC
Bico19	4,40 aA	2,96 aB	1,56 aC
Bico24	2,75 bcA	2,62 abAB	1,78 aB
Tumucumaque	2,20 cA	1,78 bA	1,83 aA
Média	3,42	2,45	1,68

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

No tratamento controle e 40 mM de NaCl, observou-se que os genótipos Bico11, Bico15 e Bico19 foram superiores em relação a testemunha. Na concentração de 80mM de NaCl, não houve diferença entre os genótipos. De forma geral ao comparar o desenvolvimento da parte aérea de cada genótipo nos tratamentos de 40mM e 80mM de NaCl observou-se que houve estagnação e redução do crescimento (Tabela 5).

Chagas *et al.* (2018), trabalhando com a germinação e o vigor de sementes de feijão-caupi BR3 Tracuateua submetidas a estresse salino por cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl), observaram que o CPA apresentou resultados semelhantes para NaCl, havendo diminuição do hipocótilo conforme se aumentaram as concentrações.

A redução do crescimento das plantas de feijão-caupi quando submetidas ao estresse salino, pode estar relacionado à redução no potencial hídrico dos tecidos da planta causada pelo excesso de sais na solução do solo, provocando restrições nas taxas de alongação e de divisão celular (Silva *et al.* 2009; Taiz e Zeiger, 2013).



A Tabela 6 apresenta dados médios da massa fresca raiz dos genótipos de feijão-caupi. Observa-se que houve diferença entre os genótipos em cada tratamento. No tratamento controle, na concentração de 40mM de NaCl, o genótipo Bico15 apresentou as melhores médias de massa fresca da raiz. Na concentração de 80mM de NaCl, Bico24 apresentou a maior média para massa fresca da raiz. De modo geral, ao comparar a massa fresca da cada genótipo em cada tratamento observou-se que os genótipos Bico11 e Bico15 apresentam diferença significativa ao aumentar a concentração salina.

Tabela 6: Médias de Massa Fresca da Raiz (MFR) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	1, 54 abA	1, 17 abAB	0, 40 abB
Bico15	2, 52 aA	1, 94 aA	0, 18 bB
Bico19	0, 59 bcA	0, 62 bA	0, 59 abA
Bico24	1, 29 bcA	0, 82 bA	1, 37 aA
Tumucumaque	0, 45 cA	0, 98 abA	0, 37 abA
Média	1, 28	1, 11	0, 58

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Pereira *et al.* (2019) ao realizarem um estudo sobre o efeito do estresse salino no crescimento do feijão-caupi sob a correção de biofertilizante com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade no crescimento vegetativo de *Vigna unguiculata*, com e sem aplicações mistas de biofertilizantes em solos salinos, sendo as parcelas compostas por águas com cinco níveis de salinidade, 0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹ nas quais sementes de feijão-caupi foram submetidas.

O resultado da massa fresca da raiz, no estudo onde não houve aplicação de biofertilizante, mostrou que as médias da massa fresca da raiz decresceram quando houve aumento da salinidade.

A Tabela 7 apresenta os dados médios da massa fresca da parte aérea dos genótipos do feijão-caupi. Observa-se diferença entre os genótipos em cada tratamento e para cada genótipo em cada tratamento. No controle, o genótipo Bico11 apresentou a maior média para massa fresca da parte aérea e a testemunha apresentou a menor média. Na concentração de 40mM de NaCl o Bico15 apresentou a maior média de massa fresca. Na concentração de 80mM de NaCl, os genótipos Bico11 e Bico15 apresentaram redução drástica da massa fresca da parte aérea.



Tabela 7: Médias de Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	6, 92 aA	3, 22 bB	1, 09 aB
Bico15	5, 65 abA	6, 23 aA	0, 65 aB
Bico19	2, 37 cA	2, 88 bA	1, 06 aA
Bico24	2, 94 bcA	3, 21 bA	1, 82 aA
Tumucumaque	1, 16 cA	1, 18 bA	1, 03 aA
Média	3, 81	3, 34	1, 13

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

O resultado ocasionado pela concentração de 80 mM de NaCl pode ser explicado porque o estresse ocasionou o fechamento estomático das plântulas de feijão-caupi, conseqüentemente, o que reduziu o uso da água, a assimilação de CO₂ e o acúmulo de biomassa (Sousa *et al.* 2014; Prazeres *et al.* 2015; Leite *et al.* 2017).

Resultado semelhante foi observado por Pereira *et al.* (2019). No estudo onde não houve aplicação de biofertilizante, o resultado da massa fresca da parte aérea mostrou que as médias dessa variável também decresceram quando houve aumento da salinidade.

A Tabela 8 apresenta os dados da massa fresca da raiz dos genótipos do feijão-caupi. Observa-se diferença no controle, entre o genótipo Bico15 e a testemunha. Na concentração de 40mM de NaCl, os genótipos Bico19 e Bico24 apresentaram as menores médias. Em 80mM de NaCl, o genótipo Bico24 apresentou a maior média. Ao comparar cada genótipo em cada tratamento observou-se redução no crescimento dos genótipos Bico11, Bico15 e Bico19. A testemunha apresentou aumento de massa seca na concentração de 40mM de NaCl, mas redução na 80mM de NaCl e o genótipo Bico24 redução na 40mM de NaCl e aumento na 80mM de NaCl.

Tabela 8: Médias da Massa Seca da Raiz (MSR) dos genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	1, 54 abA	1, 17 abAB	0, 40 abB
Bico15	2, 52 aA	1, 94 aA	0, 18 bB
Bico19	0, 59 bcA	0, 62 bA	0, 59 abA
Bico24	1, 29 bcA	0, 82 bA	1, 37 aA
Tumucumaque	0, 45 cA	0, 98 abA	0, 37 abA
Média	1, 28	1, 11	0, 58

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor



Com aumento da concentração salina do meio, os genótipos de feijão-caupi sofreram uma redução em suas massas secas devido o aumento da concentração de NaCl ter povocado distúrbios na fisiologia das raízes afetando a absorção de água e conseqüentemente o acúmulo de nutrientes na estrutura da raiz.

Resultados semelhantes foi encontrado por Brito *et al.* (2015) ao realizarem um estudo sobre crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina observaram que a média de massa seca da raiz dos genótipos variaram entre si e à medida que a salinidade passou de 0,8 dSm⁻¹ para 4,8 dSm⁻¹ houve redução dessas médias em todos os genótipos.

A Tabela 9 apresenta os dados médios da massa fresca da parte aérea dos genótipos do feijão-caupi, podendo observar que os genótipos que obtiveram maiores médias de massa seca da parte aérea no controle foram o Bico11 e o Bico15. Na concentração 40mM de NaCl, o Bico15 apresentou a melhor média de massa seca da parte aérea. Enquanto em 80mM de NaCl, não houve diferença entre os genótipos. Ao aumentar a concentração de NaCl os genótipos apresentaram estagnação e redução da massa seca da parte aérea.

Tabela 9: Médias de Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) de genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	1,065 aA	0,510 bB	0,205 aC
Bico15	0,735 abA	0,865 aA	0,073 aB
Bico19	0,363 cAB	0,495 bA	0,080 aB
Bico24	0,483 bcA	0,510 bA	0,180 aB
Tumucumaque	0,268 cA	0,325 bA	0,113 aA
Média	0,583	0,541	0,130

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Corroborando com os resultados da tabela, Júnior *et al.* (2021) realizaram um estudo sobre o crescimento e desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi em função da salinidade da água de irrigação com o objetivo de avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação em caracteres morfofisiológicos de três cultivares de feijão-caupi, BRS Tumucumaque, BRS Guariba e BRS Imponente. Cada uma dessas cultivares foram submetidas a cinco níveis de salinidade (0,01; 1,41; 2,81; 4,21 e 5,61) medida em dSm⁻¹. Nesse experimento observaram que a massa seca da parte aérea decresceu em todas as cultivares a medida que o nível de salinidade aumentou.



Segundo Coelho *et al.* (2013), a redução ocorre devido à grande quantidade de Na^+ e Cl^- ions iminentemente prejudiciais aos tecidos foliares e ao efeito osmótico dos sais sobre as raízes e, assim, indiretamente dificultado a produção de biomassa líquida.

A Tabela 10 apresenta diferença entre as médias da massa fresca total dos genótipos do feijão-caupi em cada tratamento, exceto no tratamento de 80mM de NaCl, e nas médias de massa fresca total de um mesmo genótipo em cada tratamento. Observou-se no controle, que dentre os genótipos, o Bico19 foi o que obteve a menor média de massa fresca total, já em 40mM de NaCl, a menor média foi apresentada pela testemunha. Observou-se também que houve diminuição das médias de massa fresca total de cada genótipo à medida que houve aumento da concentração salina, exceto da média de massa fresca total do Bico19, que, na concentração de 40mM de NaCl, houve um aumento da média, decaindo logo após ser aumentada a concentração de NaCl.

Tabela 10: Médias de Massa Fresca Total (g) de genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	9,97 aA	6,73 abB	4,64 aB
Bico15	10,99 aA	10,31 aA	3,52 aB
Bico19	3,25 bB	6,72 abA	2,73 aB
Bico24	9,65 aA	9,09 abA	3,80 aB
Tumucumaque	9,27 aA	6,17 bAB	5,05 aB
Média	8,62	7,80	3,95

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

O efeito negativo da salinidade na massa fresca total pode ocorrer quando em concentrações mais altas, o estresse salino causa redução no crescimento das plântulas, este fator está atribuído à restrição hídrica que se dá devido à menor velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos ou pela dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas da semente e plântula (Nunes *et al.*,2016).

A Tabela 11 apresenta as médias de massa seca total e observa-se diferença entre os genótipos nos tratamentos controle e 80mM de NaCl. No controle e no tratamento 80mM de NaCl, a menor média da massa seca total foi apresentada no Bico19 (1,188g). Para 40mM de NaCl, não houve diferença entre os genótipos. De modo geral, ao comparar a média da massa seca total de cada genótipo em cada tratamento, os que apresentaram redução nas médias em 80mM de NaCl, em relação ao controle e 40mM de NaCl foram o Bico15 e o Bico24.



Tabela 11: Médias de Massa Seca Total de genótipos de feijão-caupi nos tratamentos controle, estresse salino 40mM e 80mM.

Genótipos	Controle	Solução 40 mM	Solução 80 mM
Bico11	3, 650 aA	1, 797 aB	2, 208 abAB
Bico15	3, 133 abA	3, 275 aA	1, 265 abB
Bico19	1, 188 bA	1, 847 aA	0, 713 bA
Bico24	3, 992 aA	3, 570 aA	1, 157 abB
Tumucumaque	4, 020 aA	2, 828 aA	2, 795 aA
Média	3, 197	2, 663	1, 628

Diferentes letras minúsculas indicam diferença significativa entre os genótipos no mesmo tratamento a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Diferentes letras maiúsculas indicam diferença de cada genótipo nos diferentes tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Autor

Oliveira *et al.* (2017), ao realizar um trabalho avaliando o crescimento de feijão-caupi submetido à irrigação com águas salinas e doses de bioestimulantes submetidos a quatro níveis de salinidade da água de irrigação de (S1-0,5; S2-2,0; S3-3,5 e S4-5,0 dS m⁻¹), observaram que houve redução da massa seca total à medida em que houve aumento da salinidade principalmente na maior concentração (5 dS m⁻¹).

Assim, a tolerância entre os genótipos de feijão-caupi pode variar ou se comportar de forma semelhante de acordo com o nível de salinidade.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos apresentaram crescimento e desenvolvimento normal em condições normais. As condições de estresse salino induzido por cloreto de sódio (NaCl) promovem reduções significativas no desempenho de sementes e no crescimento inicial de feijão-caupi. Alguns genótipos mostraram certa tolerância para algumas variáveis em relação a outros genótipos quando submetidos às soluções de 40mM e 80mM de NaCl. É necessário a realização de mais estudos com estes ou outros genótipos de feijão-caupi submetidos em estresse salino nas mesmas condições deste estudo ou em outras para a obtenção de mais informações.



REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão-caupi/milho utilizando-se água de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.
- BRITO, M. E. B., SÁ, F. V. S., SOARES FILHO, W. S., SILVA, L. A., FERNANDES, P. D. Gas exchange and fluorescence of citrus rootstocks varieties under saline stress. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2: P. 1-8, 2016.
- BRITO, K. Q. D.; NASCIMENTO, R.; SILVA, I. A. C.; SANTOS, J. E. A.; SOUZA, F. G. Crescimento de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 10, n. 5, p. 1-6, 2015.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- 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, PB, v.17, n. 4, p. 379-385, 2013.
- COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão Vigna cultivado em solos salinizados**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012, 73p.
- CHAGAS, C.T.; OLIVEIRA, K.S.S.; BARBOSA, J.B.; SILVA, F.P.; DANTAS, T.O.; QUADROS, RODRIGUES. Sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a estresse salino. **Revista Cultivar o Saber**. Volume 9 - n° 3, p. 258 a 265, 2018.
- COSTA, M. E.; MORAIS, F. A.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p. 34-43, 2013.
- DUTRA, A.S.; BEZERRA, F.T.C.; NASCIMENTO, P.R. & LIMA, D.C.– Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão -caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 43, n. 4, p. 816 -821, 2012.
- FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. DOS S.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. de (ed.); **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, cap. 13, p.205-218, 2010.



JÚNIOR, J.; BEZERRA, A. A. C.; SILVA, E. M. Crescimento e desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi em função da salinidade da água de irrigação. **Irriga**, v. 26, n. 2, p. 1-24, 2021.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LARRÉ, C. F.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.1, p.86-94, 2011.

LEITE, K. N., DE ANDRADE, Y. C., MARQUES, K. D. M. Resposta germinativa do feijão arigó e manteiguinha (*Vigna unguicula* L. Walp) submetidas a condições estresse salino. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 165-171, 2020.

LEITE, J. V. Q., FERNANDES, P. D., OLIVEIRA, W. J., SOUZA, E. R., SANTOS, D. P., SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. **Revista Brasileira De Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do Feijão Caupi à salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.2, n.2, p.79-86, 2007.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MELO, A. S. de *et al.* Restrição de água em plantas de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Alterações metabólicas e indução de tolerância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 190-197, 2022.

MENDES, B.C. **Desempenho da cultura do feijão-caupi em função da adubação com silicato de potássio via foliar**. Chapadinha – MA, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/1388/1/BiancaMendes.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2024.

MINI, M.*et al.* Identification of salt-tolerant cowpea genotypes using ISSR markers and proteome analysis. **Frontiers in Bioscience-Elite**, v. 11, n. 1, p. 130-149, 2019.

NETO, A. C. A., NUNES, R. T. C., DE QUEIROZ, R. C., MOREIRA, G. L. P., DE ANDRADE SILVA, R., & SÃO JOSÉ, A. R. Germinação e crescimento inicial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. sob estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 283-292, 2020.

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



NUNES, R.T.C.; NETO, A.C.A.; SOUZA, U.O.; MORAIS, O.M.; Desempenho germinativo de sementes de girassol submetidas ao estresse salino. **Cultura Agrônômica**, v.25, n.1, p.79-92, 2016.

OLIVEIRA, F. de A. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; LIMA, L. A.; ALVES, R. de C.; RÉGIS, L. R. de L.; SANTOS, S. T. dos. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314–329, 2017.

PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.2, p.111-118, 2015.

PEREIRA, E. D.; MARINHO, A. B.; RAMOS, E. G.; FERNANDES, C. N. D.; BORGES, F. R. M.; ADRIANO, J. N. J. Saline stress effect on cowpea beans growth under biofertilizer correction. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 35, n. 5, p. 1328-1338, 2019.

SÁ, F. V. S., BRITO, M. E. B., ANDRADE SILVA, L., MOREIRA, R. C. L., FERNANDES, P. D., FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira "Sunki Comum" sob solução hidropônica salinizada, **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015.

SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, v. 56, p. 666-678, 2009.

SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B. D.; SILVA, M. V. T. D.; MEDEIROS, J. F. D. Evolução da salinidade em solos representativos do agropólo Mossoró-assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 7, n. 4, p. 26-31, 2011.

SILVA, F. E. O.; MARACAJÁ, P. B.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Desenvolvimento vegetativo de feijão-caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n. 3, p. 156-159, 2009.

SOUSA, D. J. P. *et al.* Mitigação dos efeitos do estresse salino em feijão-caupi através da aplicação exógena de brassinosteróide. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.

SOUSA, G. G., VIANA, T. V. A., LACERDA, C. F., AZEVEDO, B. M., SILVA, G. L., COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.