



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA  
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

SAULO SAMUEL CARNEIRO PRAXEDES

**TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO**

MOSSORÓ

2020

SAULO SAMUEL CARNEIRO PRAXEDES

**TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água

Nome do Orientador: Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto

Nome do Coorientador: Dr. Francisco Vanies da Silva Sá

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação de sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P919t Praxedes, Saulo Samuel Carneiro.  
Tolerância de variedades crioulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) ao estresse salino / Saulo Samuel Carneiro Praxedes. - 2020.  
59 f. : il.

Orientador: Miguel Ferreira Neto.  
Coorientador: Francisco Vanies da Silva Sá.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2020.

1. Crescimento. 2. Emergência. 3. Salinidade da água. 4. Trocas gasosas. 5. Fluorescência da clorofila. I. Ferreira Neto, Miguel, orient. II. Sá, Francisco Vanies da Silva, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

SAULO SAMUEL CARNEIRO PRAXEDES

**TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna  
Unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água

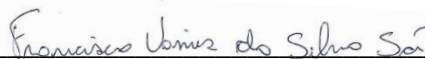
Defesa em: 27/07/2020.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto (UFERSA)  
Orientador



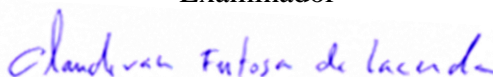
---

Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (PNPD/CAPES/UFERSA)  
Coorientador



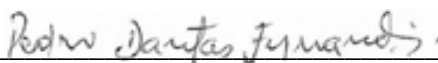
---

Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (UEPB)  
Examinador



---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (UFC)  
Examinador



---

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes (UFCG)  
Examinador

Aos meus pais,  
Lino Ademar Filho e Ednólia Carneiro,  
À minha esposa Mayara,  
Aos meus filhos,  
Maria Heloísa e Samuel Heitor,  
Muita gratidão:  
Pelo amor e carinho;  
Pela compreensão;  
Pelo apoio nas adversidades;  
Pela motivação;  
Do primeiro ao último dia.  
**OFEREÇO**

A Deus, o meu agradecimento por este presente maravilhoso que é a vida, pelo que conquistei até agora, pelos obstáculos que coloca em meu caminho, pelas pessoas as quais eu amo.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, por me dá a chance de aprender e ser feliz, por me dares sempre a Tua mão, por todas as bênçãos derramadas sobre mim.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, instituição em que tive a oportunidade de cursar a graduação, o mestrado e o doutorado, a qual devo o maior respeito.

Ao Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte – EMATER, pela concessão de horário especial de trabalho, o qual me permitiu cursar o doutorado em Manejo de Solo e Água.

Ao professor Miguel Ferreira Neto e ao pesquisador Francisco Vanies da Silva Sá, pelas orientações, confiança, apoio e importante ajuda que me ofertaram.

A todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, pelo aprendizado e experiência adquiridos ao longo do curso e pela humildade em compartilhar os seus conhecimentos.

À minha família, pelo apoio, carinho e dedicação, por sempre estarem dispostos a me ajudar. Obrigada por tudo.

Aos meus pais, pela educação e pelo amor mais especial, pela fortaleza que são, e que formaram este ser.

À minha esposa Mayara, pelo seu amor, atenção, carinho, paciência, por cada momento único e verdadeiro a meu lado.

Aos amigos de turma: Marcelo, João Paulo, Lizandra, Isaac, Silereudo, Aline, Danielle, Flávio, Gonçalo e Nilson pela companhia e pela convivência durante o curso.

A Gleydson, Layla, Fernanda, Roseane, Érika e Bianca pela colaboração na condução do experimento, por sempre estarem disponíveis a me ajudar, meu sincero agradecimento.

À minha colega de pesquisa Aline Loiola e seu esposo Ícaro, por terem caminhado comigo enfrentando juntos esta batalha.

Ao professor Nildo da Silva Dias e aos membros desta banca examinadora muito obrigado pelas contribuições dadas a este trabalho.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram no desenvolvimento deste trabalho, o meu muito obrigado.

Dos teus escassos nutrientes  
Provém a nossa produção  
O solo dá o seu sustento  
Conforto, alimentação  
Mas o homem não o preserva  
Acaba com as suas reservas  
Expondo-o à erosão

**O autor**

## RESUMO GERAL

PRAXEDES, S. S. C. Tolerância de variedades crioulas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) ao estresse salino. 2020. 59f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

O feijão-caupi é fonte de proteína e principal cultura de subsistência do semiárido brasileiro, onde a salinidade é fator limitante. O uso de variedades tolerantes ao estresse salino pode melhorar o rendimento agrônômico em ambientes estressantes. Nesse contexto, foram montados dois experimentos distintos, em casa de vegetação, o primeiro com objetivo de estudar os efeitos da salinidade da água de irrigação na fase de emergência, e o segundo, estudar o crescimento, fotossíntese, produção e tolerância de variedades crioulas de caupi. No primeiro experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 23 x 2, composto de 23 variedades crioulas de caupi (Canapu Vermelho, Boquinha, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Ceará, Baeta, Manteiga, Roxão, Costela de Vaca, Feijão Branco, Coruja, Rabo de Peba Branco, Sopinha, Canapu Branco, Lisão, Canapu Miúdo, Sempre Verde Ligeiro, Vagem Roxa, Ovo de Peru, Rabo de Peba Miúdo, Feijão Azul, Canário e Paulistinha), e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 5,5 dS m<sup>-1</sup>), com quatro repetições de 50 sementes, sendo as plântulas avaliadas quanto à emergência, ao vigor, índice de tolerância à salinidade e à dissimilaridade. O segundo experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 15 x 2, composto de 15 variedades crioulas (Boquinha; Pingo de Ouro; Sempre Verde; Ceará; Baeta; Roxão; Costela de Vaca; Feijão Branco; Coruja; Canapu Branco; Lisão; Canapu Miúdo; Ovo de Peru; Canário e Paulistinha) e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>), com cinco repetições, sendo as plantas cultivadas em vasos contendo 10 dm<sup>3</sup> de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico durante 80 dias. A alta salinidade da água de irrigação reduziu a emergência, o vigor e a massa seca das plântulas de caupi. As variedades Lisão, Costela de Vaca, Canário, Feijão Branco, Ceará e Boquinha foram as mais tolerantes à salinidade, enquanto que as variedades Sempre Verde e Manteiga foram as mais sensíveis à salinidade na fase de emergência e crescimento inicial. Quanto à produção e acúmulo de biomassa, as variedades Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão e Boquinha foram classificadas como sensíveis ao excesso de sais, ao passo que as variedades tolerantes foram Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará. Todas as variedades tolerantes tiveram produção semelhante ao controle devido à melhoria na fotossíntese e na eficiência no uso da água.

**Palavras-chave:** Emergência de plântulas, salinidade da água, trocas gasosas, fluorescência da clorofila, produção.



## ABSTRACT

PRAXEDES, S. S. C. Tolerance of traditional varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) under salt stress. 2020. 59f. Thesis (Doctor of Science in Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

Cowpea is a source of protein and the main subsistence crop in the Brazilian semiarid region, where salinity is a limiting factor. The use of varieties tolerant to salt stress can improve agronomic performance in stressful environments. In this context, two different experiments were set up in a greenhouse, the first with the objective of studying the effects of irrigation water salinity in the emergency phase, and the second, studying the growth, photosynthesis, production and tolerance of traditional varieties of cowpea. In the first experiment, in a completely randomized design was used, in a factorial scheme 23 x 2, composed of 23 traditional varieties of cowpea (Canapu Vermelho, Boquinha, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Ceará, Baeta, Manteiga, Roxão, Costela de Vaca, Feijão Branco, Coruja, Rabo de Peba Branco, Sopinha, Canapu Branco, Lisão, Canapu Miúdo, Sempre Verde Ligeiro, Vagem Roxa, Ovo de Peru, Rabo de Peba Miúdo, Feijão Azul, Canário and Paulistinha), and two levels of salinity of irrigation water (0,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>), with four repetitions of 50 seeds, seedlings being evaluated for emergence, vigor, salinity tolerance index, and dissimilarity. The second experiment was conducted in randomized blocks, in a 15 x 2 factorial scheme, composed of 15 traditional varieties (Boquinha; Pingo de Ouro; Sempre Verde; Ceará; Baeta; Roxão; Costela de Vaca; Feijão Branco; Coruja; Canapu branco; Lisão; Canapu miúdo; Ovo de Peru; Canário e Paulistinha), and two levels of salinity of the irrigation water (0.5 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>), with five repetitions, the plants being cultivated in pots containing 10 dm<sup>3</sup> of a dystrophic Red Yellow Latosol for 80 days. The high salinity of irrigation water reduced the emergence, vigor and dry mass of cowpea seedlings. The varieties 'Lisão', 'Costela de Vaca', 'Canário', 'Feijão Branco', 'Ceará', and 'Boquinha' were the most tolerant to salinity, while the varieties 'Sempre Verde' and 'Manteiga' were the most sensitive to salinity in the emergency and initial growth phase. As for the production and accumulation of biomass, the varieties Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão and Boquinha were classified as sensitive to excess of salts, whereas the tolerant varieties were Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca and Ceará. All tolerant varieties had similar production to the control due to the improvement in photosynthesis and water use efficiency.

**Key-words:** Seedling emergence, water salinity, gas exchange, chlorophyll fluorescence, production.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I - TOLERÂNCIA DE PLÂNTULAS DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO**

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (S) e variedades (V) de feijão-caupi..... **19**

### **CAPÍTULO II - RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS, CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB ESTRESSE SALINO**

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (S) e variedades (V) de feijão-caupi..... **38**

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I - TOLERÂNCIA DE PLÂNTULAS DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO

Tabela 1. Caracterização química das águas utilizadas no experimento. ....	11
Tabela 2. Resumo do teste 'F' para as variáveis percentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) e índice de tolerância à salinidade (ITS) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. ....	14
Tabela 3. Percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação. ....	14
Tabela 4. Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação. ....	16
Tabela 5. Massa seca total (MST) e índice de tolerância à salinidade (ITS) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação. ....	18

### CAPÍTULO II - RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS, CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB ESTRESSE SALINO

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento. ....	27
Tabela 2. Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®. ....	27
Tabela 3. Caracterização físico-química das fontes hídricas utilizadas no experimento. ....	27
Tabela 4. ANOVA e médias para a variável condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) dos solos cultivados com variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a dois níveis de salinidade da água de irrigação. ....	31
Tabela 5. ANOVA e médias para as variáveis taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> ( $A_N$ ), concentração interna de CO <sub>2</sub> ( $C_i$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC_i$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 6. ANOVA e médias para as variáveis condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ) e eficiência instantânea do uso da água ( $E_iUA$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. ....	33
Tabela 7. ANOVA e médias para as variáveis fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), máxima eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), eficiência quântica do fotossistema II ( $Y(II)$ ), taxa de transporte de elétrons ( $ETR$ ), coeficiente de extinção fotoquímico ( $qL$ ), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y(NPQ)$ )	

e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y(NO)$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. ....	<b>34</b>
Tabela 8. ANOVA e médias para as variáveis diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. ....	<b>35</b>
Tabela 9. ANOVA e médias para as variáveis comprimento do ramo principal (CRP) e massa seca da parte aérea (MSPA) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação. ....	<b>36</b>
Tabela 10. ANOVA e médias para as variáveis número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vargem (NSV), sementes por planta (NSP) e produção por planta (PP) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação...	<b>37</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I - TOLERÂNCIA DE PLÂNTULAS DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO.....</b>	<b>8</b>
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO .....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÕES .....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
<b>CAPÍTULO II - RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS, CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB ESTRESSE SALINO.....</b>	<b>23</b>
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1. INTRODUÇÃO .....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3. RESULTADOS.....	30
4. DISCUSSÃO .....	38
5. CONCLUSÕES .....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.), também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, é a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, destacando-se como importante fonte de proteína na dieta das pessoas destas regiões (Melo et al., 2018). Na região Nordeste, o feijão-caupi tem uma grande participação na área cultivada, porém tem uma participação relativamente modesta na produção da região, a qual decorre da baixa produtividade, sendo cultivado, principalmente, por agricultores familiares que ainda utilizam práticas tradicionais (Freire Filho et al, 2011).

Esses agricultores possuem pouco aparato tecnológico e utilizam mão-de-obra familiar e sementes oriundas de seleção efetuada pelo próprio agricultor, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas, caracterizando-as como sementes crioulas ou tradicionais. Machado et al. (2008) definem as variedades tradicionais ou locais como altamente adaptadas aos locais onde são conservadas, manejadas e fazem parte da autonomia familiar, constituindo fator principal à segurança alimentar dos povos.

De acordo com Francisco (2013), compreende-se como variedade tradicional aquela que vem sendo manejada em um mesmo ecossistema, por pelo menos três gerações familiares (avô, pai e filho), período no qual são incorporados valores históricos, que passam a fazer parte das tradições da comunidade. Esse processo não representa uma hereditariedade direta por via familiar, podendo ser pela hereditariedade local, dentro de um processo coletivo.

Já é crescente na região Nordeste a formalização de associações de guardiões de sementes crioulas com o objetivo de melhor organizar o manejo, as práticas produtivas e a conservação de tais sementes entre os agricultores. O Estado do Rio Grande do Norte é pioneiro em programas de distribuição de sementes crioulas a agricultores familiares, com reposição dos estoques das casas de sementes em comunidades tradicionais, como as remanescentes de quilombolas e indígenas.

As variedades crioulas de feijão-caupi mais cultivadas na mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte, são Coruja; Canapu; Lizão; Sempre Verde e Costela de Vaca, com relatos de cultivo destas variedades em propriedades da região desde 1874, portanto, mais de 140 anos de seleção de sementes de qualidade, mantendo a tradição de utilização e cultivo (Silva, 2019). Em relatos do mesmo pesquisador, essas variedades possuem crescimento indeterminado (com exceção da variedade Sempre Verde, que possui crescimento determinado), com produção iniciando aos 50 dias após a emergência (Coruja), de 50 a 60 dias (Sempre Verde), 60 a 70 dias (Canapum e Lizão), e após os 70 dias (Costela de Vaca).

Como forma de aumentar a produtividade das variedades crioulas e, ao mesmo tempo, enfrentar dificuldades na busca por fontes hídricas alternativas para irrigação, a utilização de

água de qualidade inferior, como o rejeito salino, é uma alternativa de melhoria de produtividade no cultivo do feijão-caupi crioulo no semiárido brasileiro. Na região do Polo Agrícola Mossoró/Açu, no Estado do Rio Grande do Norte, a maior demanda por água para irrigação tem obrigado à utilização de águas com níveis de salinidade mais elevados (Porto Filho et al., 2006).

O uso de tais fontes está relacionado à escassez de água de boa qualidade e ao aumento da sua demanda para atender ao crescimento da população, associados ao elevado consumo hídrico pelas culturas irrigadas, o que tem evidenciado o interesse em aumentar a eficiência na sua utilização. As fontes de águas de qualidade inferior são muito comuns em regiões semiáridas, devido à ocorrência de águas subterrâneas rasas, além da baixa e intermitente recarga do lençol freático.

Nesses casos, devido à alta salinidade, a água é pré-tratada por um processo de dessalinização por osmose reversa (Dias et al, 2011; Oliveira et al., 2016). Essa técnica é comumente utilizada em regiões áridas e semiáridas (Santos et al. 2010) a qual permite o uso de águas salinas e salobras para consumo humano (Dias et al., 2010). Embora esse processo gere água de alta qualidade, o mesmo gera um outro tipo de água, o resíduo, com maior nível de salinidade que o da água coletada no aquífero e, por conseguinte, com risco de contaminação ambiental elevado (Soares et al., 2006).

O rejeito salino do processo de dessalinização por osmose reversa é, frequentemente, descartado de forma inadequada no solo e nas fontes de água, o qual resulta em salinização e subsequente dano à qualidade física e química desses recursos (Dias et al., 2010; Sousa Neto et al., 2011). Para Silva et al. (2008) e Santos et al. (2011), o descarte inadequado de resíduos salinos pode impactar, severamente, o meio ambiente e, negativamente, a qualidade de vida local e a economia.

Nesse contexto, alternativas para a utilização de resíduos estão sendo estudadas, tais como criação de tilápias e camarões, uso de tanques de evaporação e cultivo de halófitas são alternativas convenientes para a sua destinação (Moura et al., 2016). Entretanto, Soares et al. (2006) afirmam que o uso do rejeito para irrigação de plantas halófitas forrageiras pode ser incompatível com a seguridade ambiental, em razão da ineficiência de extração de sais dessas plantas frente ao montante aplicado ao solo. Nesse sentido, a escolha da melhor opção para se dispor o rejeito passa pela análise de vários fatores, dentre eles a disponibilidade local de terra, compatibilidade das águas receptoras, geologia, clima, volume de concentrado e os custos envolvidos (Mickley, 2004b).

Outra opção seria a utilização dos rejeitos na produção de alimentos pela agricultura familiar. Entre as culturas que podem ser exploradas comercialmente, o feijão-caupi é uma

planta considerada tolerante à seca (Silva et al., 2013) e moderadamente tolerante à salinidade, em que a mesma tolera a irrigação com água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m<sup>-1</sup> e 4,8 dS m<sup>-1</sup> para a salinidade do solo, sem redução na produtividade (Ayers & Westcot, 1999).

No entanto, a utilização de águas salinas na irrigação pode representar risco à produção agrícola das culturas. Acrescente-se que o seu uso promove alterações nas condições físico-químicas, as quais não existiam inicialmente no solo em proporções deletérias sob o crescimento e o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas (Alencar et al., 2003), além do desequilíbrio nutricional (Neves et al., 2009).

Os efeitos são notados já na semeadura, em decorrência dos danos nas sementes, pelo estresse salino, os quais estão relacionados ao aumento da pressão osmótica, que reduz a disponibilidade de água e afeta a embebição das sementes (Barreto et al., 2010), com redução na porcentagem de germinação, velocidade de emergência e crescimento das plântulas em decorrência da toxicidade de íons específicos, a qual reduz a mobilização de reservas e induz desordem da membrana celular, conseqüentemente, altera a uniformidade e o rendimento agrônômico das culturas agrícolas (Scheeren et al., 2010; Almeida et al., 2012; Coelho et al., 2014; Sá et al., 2016).

Há registros dos efeitos negativos da salinidade no feijão-caupi no comprimento da haste principal, diâmetro do caule e matéria seca (Prazeres et al., 2015), número de folhas (Sousa et al., 2013) e produção de grãos (Oliveira et al., 2017). Por sua vez, Sá et al. (2016, 2017) verificaram que a tolerância à salinidade é variável entre variedades, genótipos e linhagens de feijão-caupi na fase de germinação.

A redução na produtividade das plantas submetidas ao estresse salino também pode estar relacionada à redução na sua atividade fotossintética. Este fato demonstra a importância da realização das medidas de trocas gasosas para determinação das taxas fotossintéticas, sendo uma importante ferramenta na determinação da adaptação das plantas ao ambiente salino (Santos et al., 2010).

A utilização de águas com elevada razão de adsorção de sódio (RAS) pode alterar as condições físico-químicas do solo e o excesso de sais solúveis na zona radicular causa redução do potencial osmótico, que promove o déficit hídrico, fechamento estomático, limitações na assimilação de CO<sub>2</sub> e na eficiência do uso da água e na fotoquímica das plantas (Leite et al., 2017; Sá et al., 2018).

Alguns autores relataram o efeito da salinidade sobre as trocas gasosas em plantas de feijão-caupi. Leite et al. (2017) investigando os efeitos da salinidade na condutância estomática em plantas de feijão-caupi, observaram que ocorreu diminuição da condutância estomática com o aumento da CE da água de irrigação aos 20 e 24 dias após o plantio (DAP). De modo



semelhante, Andrade et al. (2018) encontraram que a salinidade da água afetou negativamente todas as características de trocas gasosas em feijão-caupi, independente do genótipo.

Portanto, de acordo com pesquisas, o uso de variedades de feijoeiro mais tolerantes à salinidade da água pode tornar-se uma técnica importante para a utilização de água salina sem grandes prejuízos nas trocas gasosas em feijão-caupi. Nesse contexto, objetivou-se estudar a tolerância de variedades crioulas de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação na fase de emergência e crescimento inicial, bem como estudar as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila, o crescimento e a produção, irrigadas com águas de alta salinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar, D. R.; Porto Filho, F. de Q.; Medeiros, J. F. de; Holanda, J. S. de; Porto, V. C. N.; Ferreira Neto, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 7, n.2, p. 221-226, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000200006>

Almeida, W. S. de; Fernandes, F. R. B.; Bertini, C. H. C. de M.; Pinheiro, M. de S.; Teófilo, E. M. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1047-1054, out. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001000003>

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2ª ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p.

Andrade, J. R. de; Maia Júnior, S. de O.; Silva, R. F. B. da; Barbosa, J. W. da S.; Nascimento, R. do; Alencar, A. E. V. de. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2653-2660, 2018.

Barreto, H. B. F.; Freitas, R. M. O. de; Oliveira, L. A. de A.; Araújo, J. A. de M.; Costa, E. M. da. Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth). Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 125-130, 2010.

Coelho, J. B. M.; Barros, M. de F. C.; Bezerra Neto, E.; Souza, E. R. de. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão-caupi cultivado em solos salinizados. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 708-713, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700006>

Dias, N. da S.; Sousa Neto, O. N. de; Cosme, C. R.; Jales, A. G. de O.; Rebouças, J. R. L.; Oliveira, A. M. de. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 991-995, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001000001>

DIAS, N. da S.; Lira, R. B. de; Brito, R. F. de; Sousa Neto, O. N. de; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. de. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 755-761, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700011>

Francisco, P. M. S. Adubação orgânica do solo: a conscientização por meio de campos de multiplicação de sementes crioulas no agreste paraibano. Areia: UFPB/CCA, 2013.58 f.: il. Orientador: Prof. Dr. Rosivaldo Gomes de Sá Sobrinho.

Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V. Q.; Rocha, M. de M.; Silva, K. J. D. e; Nogueira, M. do S. da R.; Rodrigues, E. V. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

Leite, J. V. Q.; Fernandes, P. D.; Oliveira, W. J. de; Souza, E. R. de; Santos, D. P. dos; Santos, C. S. dos. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/320917811>

Machado, A. T.; Santilli, J.; Magalhães, R. A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008. 98p.

Melo, A. S. de; Silva, A. R. F. da; Dutra, A. F.; Dutra, W. F.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. da S. Photosynthetic efficiency and production of cowpea cultivars under deficit irrigation. Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 13, n. 5, e2133, 2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2133>

Mickley, M. C. Desalination concentrate management and issues in the United States. 2004. <http://www.twdb.state.tx.us/Desalination/Desal/proceedings/Mickley.pdf>.

Moura, E. S. R. de; Cosme, C. R.; Dias, N. da S.; Portela, J. C.; Souza, A. C. M. Produção e qualidade forrageira da erva sal irrigada com rejeito da dessalinização por osmose reversa. Revista Caatinga, Mossoró, v.29, n.1, p.1-10, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n101rc>.

Neves, A. L. R.; Lacerda, C. F. de; Guimarães, F. V. A.; Gomes Filho, E.; Feitosa, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, p.873–881, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700009>

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, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p314-329>

Oliveira, A. M. P. de; Rebouças, C. A. M.; Dias, N. da S.; Portela, J. C.; Diniz, A. A. Contamination potential of specific ions in soil treated with reject brine from desalination plants. Revista Caatinga, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 569–577, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n306rc>

Porto Filho, F. de Q.; Medeiros, J. F. de; Sousa Neto, E. R. de; Gheyi, H. R.; Matos, J. de A. de. Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 453-459. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000200015>

Prazeres, S. da S.; Lacerda, C. F. de; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araújo, I. C. da S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>.

Sá, F. V. da S.; Ferreira Neto, M.; Lima, Y. B. de; Paiva, E. P. de; Prata, R. C.; Lacerda, C. F.; Brito, M. E. B. Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 9, n. 4, p. 668-679, 2018. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i4.2763>

Sá, F. V. S.; Nascimento, R. do; Pereira, M. de O.; Borges, V. E.; Guimaraes, R. F. B.; Ramos, J. G.; Mendes, J. da S.; Penha, J. L. da. Vigor and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes under salt stress. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 33, p. 1488-1494. 2017. doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n6a2017-37053>

Sá, F. V. da S.; Paiva, E. P. de; Torres, S. B.; Brito, M. E. B.; Nogueira, N. W.; Frade, L. J. G.; Freitas, R. M. O. de. Seed germination and vigor of different cowpea cultivars under salt stress. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v.7, n.4, p.450-455. 2016. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i4.1541>

Santos, A. N. dos; Silva, E. F. de F. e; Soares, T. M.; Dantas, R. M. L.; Silva, M. M. da. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 2, n. 1, p. 319-326, 2011. DOI: 10.1590/S1806-66902011000200009

Santos, R. S. da S.; Dias, N. da S.; Sousa Neto, O. N. de; Gurgel, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400026>

Scheeren, B. R.; Peske, S. T.; Schuch, L. O. B.; Barros, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Fortaleza, v. 32, n.3, p. 35-41, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004>

Silva, N. V. da. Biometria de sementes de variedades crioulas de feijão-caupi cultivadas por agricultores familiares na região de Apodi/RN. Pombal: UFCG, 2019. 58f. Dissertação Mestrado.

Silva, F. L. B. da; Lacerda, C. F. de; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G. de; Sousa, C. H. C. de; 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, n. 2, p. 304-317, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p304>

Silva, C. M. M. de S.; Vieira, R. F.; Oliveira, P. R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 10, p.1389-1396, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001000018>

Soares, T. M.; Silva, I. J. O. da; Duarte, S. N.; Silva, E. F. de F. e. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300028>

Sousa, J. R. M. de; Andrade, E. M. G.; Furtado, G. de F.; Soares, L. A. dos A.; Silva, S. S. da; Sousa Júnior, J. R. de. Crescimento vegetativo do feijão caupi sob doses de nitrogênio irrigado

com águas salinas. Revista ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, Patos, v.9, n.3, p 94-98, 2013.

Sousa Neto, O. N. de; Dias, N. da S.; Ferreira Neto, M. Lira, R. B. de; Rebouças, J. R. L. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de mudas de espécies da Caatinga. Revista Caatinga, Mossoró, v.24, n. 4, p. 123-129, 2011.

# CAPÍTULO I - TOLERÂNCIA DE PLÂNTULAS DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) AO ESTRESSE SALINO

## RESUMO

O feijão-caupi é uma importante fonte de proteína, sendo a principal cultura de subsistência da região Nordeste do Brasil, onde a restrição de água e a salinidade são fatores limitantes. A identificação de variedades tolerantes ao estresse salino pode auxiliar na expansão da cultura, além de melhorar o rendimento dos cultivos. Objetivou-se estudar a tolerância de variedades crioulas de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação na fase de emergência e crescimento inicial. O experimento foi realizado em casa de vegetação, usando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 23 x 2, composto de 23 variedades de feijão-caupi (Canapu Vermelho, Boquinha, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Ceará, Baeta, Manteiga, Roxão, Costela de Vaca, Feijão Branco, Coruja, Rabo de Peba Branco, Sopinha, Canapu Branco, Lisão, Canapu Miúdo, Sempre Verde Ligeiro, Vagem Roxa, Ovo de Peru, Rabo de Peba Miúdo, Feijão Azul, Canário e Paulistinha), e dois níveis de salinidade da água de irrigação ( $S_1 = 0,5$  e  $S_2 = 5,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), com quatro repetições de 50 sementes. As plântulas foram avaliadas quanto à emergência, vigor, índice de tolerância à salinidade e à dissimilaridade. O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a emergência, o vigor e o acúmulo de massa seca das variedades de feijão-caupi. As variedades Lisão, Costela de Vaca, Canário, Feijão Branco, Ceará e Boquinha foram as mais tolerantes à salinidade, enquanto que as variedades Sempre Verde e Manteiga foram as mais sensíveis à salinidade na fase de emergência e crescimento inicial.

**Palavras-chave:** crescimento, emergência, salinidade da água

## CHAPTER I - TOLERANCE OF SEEDLINGS TRADITIONAL VARIETIES OF COWPEA (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) TO SALT STRESS

### ABSTRACT

Cowpea is an important source of protein, being the main subsistence crop in the northeast region of Brazil, where water restriction and salinity are limiting factors. Identification of saline stress tolerant varieties can aid crop expansion and improve crop yields. The objective was to study the tolerance of traditional varieties of cowpea to the salinity of irrigation water in the emergency and initial growth phase. The experiment was carried out in a greenhouse using a completely randomized design (DIC), in a 23 x 2 factorial scheme, composed of 23 cowpea varieties (Canapu Vermelho, Boquinha, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Ceará, Baeta, Manteiga, Roxão, Costela de Vaca, Feijão Branco, Coruja, Rabo de Peba Branco, Sopinha, Canapu Branco, Lisão, Canapu Miúdo, Sempre Verde Ligeiro, Vagem Roxa, Ovo de Peru, Rabo de Peba Miúdo, Feijão Azul, Canário, and Paulistinha) and two levels of salinity of irrigation water (S1 = 0.5 and S2 = 5.5 dS m<sup>-1</sup>), with four repetitions of 50 seeds. The seedlings were evaluated for emergence, vigor, salinity tolerance index, and dissimilarity. Increased salinity of irrigation water reduced emergence, vigor and dry matter accumulation of cowpea varieties. The cowpea varieties 'Lisão', 'Costela de Vaca', 'Canário', 'Feijão Branco', 'Ceará', and 'Boquinha' were the most tolerant to salinity, while the varieties 'Sempre Verde' and 'Manteiga' were the most sensitive to salinity in the emergency and initial growth phase.

**Key-words:** growth, emergency, water salinity

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, é uma das principais culturas de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, destacando-se como principal fonte de proteína na dieta da população (Melo et al., 2018). Seu cultivo na região Nordeste dá-se, principalmente, por agricultores familiares, utilizando pouco aparato tecnológico e mão-de-obra familiar, utilizando-se para a semeadura sementes crioulas ou tradicionais (Chagas et al., 2018).

Compreende-se como variedade crioula ou tradicional aquela que vem sendo manejada em um mesmo ecossistema, por pelo menos três gerações familiares, período no qual são incorporados valores históricos, que passam a fazer parte das tradições locais (Machado et al., 2008). Esse processo não representa uma hereditariedade direta por via familiar, podendo ser pela hereditariedade da comunidade, dentro de um processo coletivo. É importante destacar que o uso de sementes crioulas é uma estratégia promissora para cultivo no semiárido, haja vista que vêm sendo selecionadas pelos produtores por serem adaptadas e produzirem mesmo em condições restritivas (Souza et al., 2019).

No entanto, as características climáticas da região Nordeste do Brasil são de aspectos notáveis, particularmente as chuvas concentradas em curtos períodos do ano, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas (Melo et al., 2018). Além disso, a região do semiárido brasileiro também se defronta com o alto teor de sais em parte das fontes de água subterrâneas e superficiais (Oliveira, 2015). Na região do Polo Agrícola Mossoró/Açu, no Estado do Rio Grande do Norte, a maior demanda por água para irrigação tem obrigado a utilização de águas com salinidade elevada (superior a 3,0 dS m<sup>-1</sup>) (Porto Filho et al., 2006).

Fatores abióticos, como a seca e a salinidade, são as principais causas de danos significativos ao crescimento, desenvolvimento e produção das culturas (Aquino et al., 2017). Para Coelho et al. (2014), a salinidade no solo ou na água influencia negativamente na capacidade dos vegetais de absorverem água, provocando alterações metabólicas semelhantes às do déficit hídrico.

Na avaliação de três cultivares de feijão-caupi, Patel et al. (2010) registraram reduções drásticas no acúmulo de biomassa das plantas com o aumento da salinidade da água de irrigação no intervalo de 0,75 a 10,0 dS m<sup>-1</sup>. Conforme Ayers e Westcot (1999, p. 153), a referida cultura tolera irrigação com água salina 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>, sendo considerada uma espécie moderadamente tolerante à salinidade. Entretanto, Sá et al. (2017a) constataram que a salinidade da água de irrigação acima de 1,5 dS m<sup>-1</sup> reduz a emergência, o crescimento e o acúmulo de massa seca de plantas de feijão-caupi.

Em estudos realizados na fase de germinação, Sá et al. (2016, 2017b) verificaram que a tolerância à salinidade do feijão-caupi é variável entre variedades, genótipos e linhagens desta espécie. Com isso, objetivou-se estudar a tolerância de variedades crioulas de feijão-caupi à salinidade da água de irrigação na fase de emergência e crescimento inicial.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), em Mossoró-RN, nos meses de março a abril de 2019. O município está localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil, nas coordenadas geográficas locais de 5°11'31" S e 37°20'40" W, a uma altitude de 18 m. No interior da casa de vegetação durante o período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 40,4 e 22,8 °C e a umidades relativas máxima e mínima de 88,0 e 21,0%, respectivamente.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 23 x 2, com sementes de 23 variedades crioulas de feijão-caupi (V1 - Canapu Vermelho, V2 - Boquinha, V3 - Pingo de Ouro, V4 - Sempre Verde, V5 - Ceará, V6 - Baeta, V7 - Manteiga, V8 - Roxão, V9 - Costela de Vaca, V10 - Feijão Branco, V11 - Coruja, V12 - Rabo de Peba Branco, V13 - Sopinha, V14 - Canapu Branco, V15 - Lisão, V16 - Canapu Miúdo, V17 - Sempre Verde Ligeiro, V18 - Vagem Roxa, V19 - Ovo de Peru, V20 - Rabo de Peba Miúdo, V21 - Feijão Azul, V22 - Canário e V23 - Paulistinha), submetidas a dois níveis de salinidade da água de irrigação ( $S_1 = 0,5$  e  $S_2 = 5,5$  dS m<sup>-1</sup>), com quatro repetições de 50 sementes por repetição, totalizando 184 parcelas experimentais.

Os dois diferentes níveis de salinidade foram obtidos a partir da água do sistema de abastecimento local ( $CEa = 0,5$  dS m<sup>-1</sup>) e pela adição à esta de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2(H<sub>2</sub>O) e MgCl<sub>2</sub>.6(H<sub>2</sub>O) na proporção de 7 x 2 x 1 (Na:Ca:Mg), respectivamente, proporção de íons encontrados nas águas utilizadas para irrigação no Nordeste do Brasil (Medeiros et al., 2003), misturando os sais conforme necessário até atingir o nível desejado ( $CEa = 5,5$  dS m<sup>-1</sup>). A composição química destas águas está disposta na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química das águas utilizadas no experimento

	Parâmetros									
	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS
		dS m <sup>-1</sup>	mmolc L <sup>-1</sup>							
S <sub>1</sub>	7,37	0,50	0,31	2,79	1,20	0,83	1,90	0,60	2,70	1,96
S <sub>2</sub>	7,97	5,50	0,32	37,81	6,15	10,92	51,95	0,60	2,70	9,15

pH - Potencial hidrogeniônico; CE - Condutividade elétrica; K<sup>+</sup> - Potássio; Na<sup>+</sup> - Sódio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Cl<sup>-</sup> - Cloro; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - Carbonato; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Bicarbonato; RAS - Razão de adsorção de sódio.



As águas foram preparadas e armazenadas em recipientes plásticos de 150 L, um para cada nível de CEa estudado. Os valores foram monitorados com um medidor de condutividade elétrica portátil (Lutron, CD-4301), com condutividade ajustada à temperatura de 25°C.

As sementes utilizadas foram adquiridas de coleções provenientes de guardiões de sementes crioulas pertencentes a comunidades rurais localizadas em municípios da região Oeste do estado do Rio Grande do Norte. As sementes eram provenientes da safra do ano de 2018 e estavam armazenadas em garrafas PET, vedadas, para evitar qualquer alteração no grau de umidade e guardadas em armazéns secos, bem arejados e sem o uso de conservantes. A semeadura ocorreu em 30 de março de 2019, em bandejas de 200 células, preenchidas com substrato de fibra de coco, utilizando uma semente por célula à profundidade de 1,0 cm.

O manejo da irrigação constituiu-se de duas irrigações diárias, as quais foram realizadas com auxílio de um sistema de irrigação de mudas do tipo floating, a partir do contato direto das bandejas com um espelho d'água de 3,0 cm de espessura, fazendo com que a água chegasse no meio de crescimento das raízes por ascensão capilar. Para a formação deste espelho d'água foram construídos dois reservatórios revestidos com lona impermeável, com 1,0 m<sup>2</sup> de área e 5,0 cm de profundidade cada, um para cada nível de salinidade da água de irrigação (Oliveira et al., 2014).

A partir do 3º dia após a semeadura, o número de plântulas emergidas (cotilédones acima do nível do solo) foi contado, sem descartá-las, obtendo-se um valor cumulativo até o 8º dia após a semeadura, seguindo as diretrizes das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009 p. 395). Assim, o número de plântulas emergentes referentes a cada contagem foi obtido pela subtração da leitura do dia anterior do valor do dia atual. O número de plântulas emergentes referentes a cada leitura foi utilizado para calcular o índice de velocidade de emergência (IVE), utilizando a fórmula de Maguire (1962), que é a soma da emergência diária média, conforme Eq. 1.

$$IVE = \frac{E1}{T1} + \frac{E2}{T2} + \dots + \frac{Ei}{Ti} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: *IVE* é o índice de velocidade de emergência; *E1* até *Ei* é o número de emergência ocorrida a cada dia e *T1* até *Ti* é o tempo (dias).

No oitavo dia após a semeadura, com o término do teste de emergência, as plântulas normais das parcelas foram coletadas, separadas em parte aérea (folhas + caule) e raiz, e secas em estufa de ar forçado a 65 °C, até massa constante. Em seguida, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001 g. Estes dados foram utilizados para o cálculo da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) (MSPA + MSR), com dados expressos em mg.

Com os dados de massa seca total, calculou-se as porcentagens particionadas entre os órgãos vegetativos e o índice de tolerância à salinidade. Para isto, comparou-se os dados do tratamento salino (S<sub>2</sub>) com os do controle (CEa = 0,5 dS m<sup>-1</sup>) (Fageria et al., 2010), baseando-se em quatro níveis de classificação, de acordo com as perdas de rendimento: T (tolerante; 0-20%), MT (moderadamente tolerante; 21-40%), MS (moderadamente sensível; 41-60%) e S (Sensível; > 60%), assim como disposto na Eq. 2.

$$\text{ITS}(\%) = \frac{\text{Produção de MST no tratamento salino}}{\text{Produção de MST no tratamento controle}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Para os cálculos desses índices, utilizou-se a massa seca total de cada variedade como parâmetro principal para determinação da tolerância dos materiais ao estresse salino. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Em caso de significância, aplicou-se o teste de agrupamento de Scott-Knott para o fator variedade e o teste 't' de Student para o fator salinidade, ambos em nível de significância de 0,05, utilizando-se o software para análises estatísticas SISVAR® (Ferreira, 2014). Os dados de porcentagem de emergência e massa seca total foram submetidos à padronização, ficando com a média nula ( $\bar{X} = 0$ ) e variância um ( $S^2 = 1$ ). Posteriormente, procedeu-se análise de cluster por método hierárquico, Ward's minimum variance, utilizando-se como medida de dissimilaridade a Distância Euclidiana (Hair et al., 2009 p. 688). Foi utilizado software livre para análise estatística univariada e multivariada O PAST 3.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre variedades e níveis de salinidade para porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e índice de tolerância à salinidade (ITS) ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ) e para massa seca da raiz (MSR) ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

A porcentagem de emergência do feijão-caupi variedade 7 - Manteiga foi a única reduzida pela salinidade, com redução de 27% ao comparar os níveis de 0,5 com 5,5 dS m<sup>-1</sup>, o que indica menor grau de tolerância dessa variedade no estágio de germinação/emergência (Tabela 3). Dentro do nível mais salino, as variedades 2 - Boquinha, 5 - Ceará, 6 - Baeta, 8 - Roxão, 9 - Costela de Vaca, 14 - Canapu Branco, 16 - Canapu Miúdo, 19 - Ovo de Peru, 20 - Rabo de Peba Miúdo, 21 - Feijão Azul, 22 - Canário e 23 - Paulistinha apresentaram os melhores valores de emergência (Tabela 3).

Tabela 2. Resumo do teste ‘F’ para as variáveis percentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) e índice de tolerância à salinidade (ITS) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação

Fontes de variação	Graus de liberdade	Pr>Fc					
		PE	IVE	MSPA	MSR <sup>1</sup>	MST	ITS
Bloco	3	0,426 <sup>NS</sup>	0,644 <sup>NS</sup>	0,352 <sup>NS</sup>	0,351 <sup>NS</sup>	0,130 <sup>NS</sup>	0,702 <sup>NS</sup>
Salinidade (S)	1	0,302 <sup>NS</sup>	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
Variedade (V)	22	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**
S x G	22	0,000**	0,000**	0,000**	0,047*	0,000**	0,000**
Erro	135	--	--	--	--	--	--
Coeficiente de variação (%)		7,26	9,24	14,98	17,76	15,03	9,11

\*\*significativo a 1% (p<0,01); \* significativo a 5% (p<0,05); <sup>NS</sup> não significativo; <sup>1</sup> dados transformados para raiz quadrada.

Tabela 3. Percentagem de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVE) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação.

Variedades	PE (%)		IVE	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>
1 - Canapu Vermelho	87 Ab	88 Ab	21,5 Ab	17,8 Bc
2 - Boquinha	94 Aa	97 Aa	25,7 Aa	24,4 Ab
3 - Pingo de Ouro	84 Ab	76 Ac	19,3 Ac	17,5 Ac
4 - Sempre Verde	89 Ab	83 Ab	24,7 Aa	17,6 Bc
5 - Ceará	90 Aa	99 Aa	25,7 Aa	28,6 Aa
6 - Baeta	92 Aa	94 Aa	27,0 Aa	26,9 Aa
7 - Manteiga	82 Ab	60 Bd	17,8 Ac	11,5 Bd
8 - Roxão	99 Aa	96 Aa	28,7 Aa	21,9 Bb
9 - Costela de Vaca	97 Aa	92 Aa	23,4 Ab	19,1 Bc
10 - Feijão Branco	87 Ab	84 Ab	24,6 Aa	23,1 Ab
11 - Coruja	93 Aa	90 Ab	25,8 Aa	20,8 Bc
12 - Rabo de Peba Branco	77 Ab	69 Ac	21,9 Ab	18,0 Bc
13 - Sopinha	93 Aa	88 Ab	27,6 Aa	25,9 Aa
14 - Canapu branco	100 Aa	98 Aa	25,2 Aa	23,1 Ab
15 - Lisão	92 Aa	85 Ab	26,7 Aa	24,3 Ab
16 - Canapu miúdo	87 Bb	97 Aa	22,6 Ab	24,1 Ab
17 - Sempre Verde Ligeiro	89 Ab	90 Ab	25,0 Aa	19,9 Bc
18 - Vagem roxa	95 Aa	86 Ab	27,4 Aa	22,2 Bb
19 - Ovo de Peru	79 Ab	92 Aa	18,7 Ac	20,9 Ac
20 - Rabo de Peba Miúdo	95 Aa	94 Aa	25,1 Aa	19,2 Bc
21 - Feijão Azul	88 Ab	97 Aa	22,4 Ab	22,4 Ab
22 - Canário	95 Aa	99 Aa	22,6 Ab	22,7 Ab
23 - Paulistinha	93 Aa	99 Aa	26,6 Aa	26,0 Aa

Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes ‘t’ de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Os índices de velocidade de emergência (IVE) das variedades 1 - Canapu Vermelho, 4 - Sempre Verde, 7 - Manteiga, 8 - Roxão, 9 - Costela de Vaca, 11 - Coruja, 12 - Rabo de Peba Branco, 17 - Sempre Verde Ligeiro, 18 - Vagem Roxa e 20 - Rabo de Peba Miúdo também foram reduzidos com o aumento da salinidade da água de irrigação. Esses resultados demonstram que o estresse salino retarda a emergência de plântulas das variedades de feijão-caupi com maior predisposição à sensibilidade ao estresse salino, porém não foi suficiente para reduzir a PE, com exceção da variedade 7 - Manteiga (Tabela 3). Entretanto, na alta salinidade, as variedades 5 - Ceará; 6 - Baeta; 13 - Sopinha e 23 - Paulistinha apresentaram os melhores IVE (Tabela 3).

Resultados semelhantes foram relatados por Santos et al. (2009), Almeida et al. (2012) e Sá et al. (2017) ao avaliarem o estresse salino (0,0 à 16,66 dS m<sup>-1</sup>) na germinação de sementes de feijão-caupi. Esses pesquisadores verificaram que o efeito osmótico compromete a germinação e o vigor das plântulas, pois reduz a velocidade e uniformidade de germinação, tamanho inicial e adequado estabelecimento, por causa dos danos na capacidade de degradação das reservas devido à menor hidratação dos tecidos.

Em uma análise geral da porcentagem e do índice de velocidade de emergência das variedades em condições de alta salinidade, as variedades crioulas 5 - Ceará, 6 - Baeta e 23 - Paulistinha expressaram o melhor desempenho na fase de emergência (Tabela 3). Esse fato ocorreu devido à capacidade de alguns genótipos realizarem a homeostase osmótica, a qual favorece a hidratação dos tecidos em potenciais osmóticos desfavoráveis à espécie (Syvertsen & Garcia-Sanchez, 2014; Sá et al., 2017b).

Em pesquisa de estresse salino sobre a germinação do feijão-caupi, Sá et al. (2016) observaram que não houve diferença nos níveis de salinidade da água de irrigação (0,0 a 8,0 dS m<sup>-1</sup>) na germinação das cultivares Paulistinha e Canapu Branco, ao passo que outras variedades como Pingo de Ouro e Costela de Vaca foram afetadas na fase de germinação, o que confirma que a resposta do feijão-caupi à salinidade é variável dentro da mesma espécie, desde a fase de desenvolvimento inicial.

O acúmulo de massa seca na parte aérea das variedades 1 - Canapu Vermelho; 2 - Boquinha; 3 - Pingo de Ouro; 4 - Sempre Verde; 6 - Baeta; 7 - Manteiga; 8 - Roxão; 9 - Costela de Vaca; 11 - Coruja; 12 - Rabo de Peba Branco; 14 - Canapu branco; 16 - Canapu miúdo; 17 - Sempre Verde Ligeiro; 18 - Vagem roxa; 19 - Ovo de Peru; 20 - Rabo de Peba Miúdo; 21 - Feijão Azul e 23 - Paulistinha foi reduzido com o aumento da salinidade da água de 0,5 para 5,5 dS m<sup>-1</sup>, com reduções de até 70,3%, constatada na variedade 4 - Sempre Verde (Tabela 4).

A redução no vigor das sementes causada pelo estresse salino retarda o estabelecimento das plantas em campo. Essa depleção é causada pela diminuição da mobilização de reservas e induz distúrbios nas membranas celulares, ocasionando aumento da pressão osmótica da solução do solo e, com isso, reduz a disponibilidade de água para as sementes (Barreto et al., 2010; Almeida et al., 2012; Coelho et al., 2014).

Resultado semelhante foi encontrado por Sá et al. (2017a), que observaram decréscimo no acúmulo de massa seca da parte aérea de variedades de feijão-caupi, dentre elas a Paulistinha, e por Gomes et al. (2015), que verificaram a influência negativa do estresse hídrico e salino no acúmulo de massa seca da parte aérea de feijão-vagem.

Tabela 4. Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação.

Variedades	MSPA (mg)		MSR (mg)	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>
1 - Canapu Vermelho	171,4 Aa	87,2 Bc	30,5 Ab	16,5 Bb
2 - Boquinha	128,8 Ab	105,2 Bb	16,1 Ac	14,3 Ab
3 - Pingo de Ouro	98,1 Ac	74,1 Bc	34,4 Ab	10,2 Bb
4 - Sempre Verde	154,8 Aa	45,9 Bd	29,7 Ab	12,0 Bb
5 - Ceará	140,8 Aa	121,3 Aa	31,6 Ab	25,6 Aa
6 - Baeta	147,6 Aa	82,2 Bc	24,9 Ac	16,9 Ab
7 - Manteiga	142,6 Aa	66,4 Bc	27,4 Ac	14,2 Bb
8 - Roxão	112,4 Ab	85,2 Bc	14,7 Ac	8,1 Ab
9 - Costela de Vaca	153,2 Aa	122,5 Ba	30,1 Ab	32,7 Aa
10 - Feijão Branco	149,9 Aa	134,9 Aa	30,0 Ab	24,5 Aa
11 - Coruja	145,7 Aa	79,5 Bc	24,8 Ac	16,9 Ab
12 - Rabo de Peba Branco	151,0 Aa	121,6 Ba	40,8 Aa	31,3 Aa
13 - Sopinha	73,6 Ad	52,9 Ad	22,7 Ac	18,1 Ab
14 - Canapu branco	123,1 Ab	69,7 Bc	23,1 Ac	25,8 Aa
15 - Lisão	102,1 Ac	105,3 Ab	33,0 Ab	25,9 Aa
16 - Canapu miúdo	107,8 Ab	69,2 Bc	19,6 Ac	17,5 Ab
17 - Sempre Verde Ligeiro	162,2 Aa	92,5 Bb	47,3 Aa	27,1 Ba
18 - Vagem roxa	154,5 Aa	76,0 Bc	25,5 Ac	12,0 Bb
19 - Ovo de Peru	151,8 Aa	99,5 Bb	27,1 Ac	18,3 Ab
20 - Rabo de Peba Miúdo	133,6 Aa	51,3 Bd	21,7 Ac	18,5 Ab
21 - Feijão Azul	125,0 Ab	60,7 Bd	19,7 Ac	16,7 Ab
22 - Canário	121,0 Ab	99,6 Ab	31,8 Ab	34,3 Aa
23 - Paulistinha	115,3 Ab	67,2 Bc	16,9 Ac	12,0 Ab

Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

No entanto, nas variedades 5 - Ceará; 10 - Feijão Branco; 13 - Sopinha; 15 - Lisão e 22 - Canário não houve redução significativa do acúmulo de massa seca da parte aérea com o aumento do nível de salinidade da água. Este comportamento sugere maior tolerância da parte aérea destas variedades com relação à salinidade. Dentro do nível mais salino, as variedades 5 - Ceará, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco e 12 - Rabo de Peba Branco apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea (Tabela 4).

Observa-se na Tabela 4 que as variedades 1 - Canapu Vermelho, 3 - Pingo de Ouro, 4 - Sempre Verde, 7 - Manteiga, 17 - Sempre Verde Ligeiro e 18 - Vagem Roxa tiveram o acúmulo de massa seca da raiz reduzido pelo aumento da salinidade da água, com reduções de até 59,6% na variedade 4 - Sempre Verde. Reduções na massa seca da raiz na presença de sais na solução do solo afetam negativamente a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, o acúmulo de massa seca da parte aérea, fato também observado em outros estudos (Coelho et al., 2010; Gomes et al., 2015; Sá et al., 2017b).

Em contraste, alguns materiais não tiveram o acúmulo de massa seca da raiz influenciado pelo aumento da salinidade, como averiguado nas variedades 2 - Boquinha, 5 - Ceará, 6 - Baeta, 8 - Roxão, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco, 11 - Coruja, 12 - Rabo de Peba Branco, 13 - Sopinha, 14 - Canapu Branco, 15 - Lisão, 16 - Canapu Miúdo, 19 - Ovo de Peru, 20 - Rabo de Peba Miúdo, 21 - Feijão Azul, 22 - Canário e 23 - Paulistinha.

As variedades 5 - Ceará, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco, 12 - Rabo de Peba Branco, 14 - Canapu Branco, 15 - Lisão, 17 - Sempre Verde Ligeiro e 22 - Canário apresentaram o maior acúmulo de massa seca da raiz no nível mais elevado de salinidade da água, em relação às demais variedades estudadas (Tabela 4). Em relação às plântulas submetidas ao estresse salino, o vigor é mais afetado que a germinação e/ou emergência, ocasionando maior redução da biomassa, o que pode ser atribuído à diminuição da divisão e expansão celular, levando-se a redução no crescimento da plântulas (Santos et al. 2009; Almeida et al., 2012; Lopes et al., 2014; Bernardes et al., 2015).

A massa seca total das variedades 1 - Canapu Vermelho, 3 - Pingo de Ouro, 4 - Sempre Verde, 6 - Baeta, 7 - Manteiga, 8 - Roxão, 9 - Costela de Vaca, 11 - Coruja, 12 - Rabo de Peba Branco, 14 - Canapu Branco, 16 - Canapu Miúdo, 17 - Sempre Verde Ligeiro, 18 - Vagem Roxa, 19 - Ovo de Peru, 20 - Rabo de Peba Miúdo, 21 - Feijão Azul e 23 - Paulistinha foi reduzida significativamente ( $P < 0,05$ ) com o aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 5). Este fato indica que o estresse salino afetou o acúmulo de carboidratos nas plântulas de feijão-caupi. Isso se deve, possivelmente, à redução dos polissacarídeos de reserva e à degradação da atividade de enzimas hidrolíticas (cotilédones) (Sá et al., 2017b). Outras reduções no acúmulo de massa seca em plântulas de feijão-caupi sob estresse salino também foram verificadas por Santos et al. (2009) e Almeida et al. (2012).

As variedades 2 - Boquinha, 5 - Ceará, 10 - Feijão Branco, 13 - Sopinha, 15 - Lisão e 22 - Canário não foram influenciadas ( $P < 0,05$ ) pelo aumento do nível de salinidade da água. Este comportamento sugere maior tolerância e ausência de influência dos sais sobre o crescimento e desenvolvimento destas variedades. Dentro do nível mais salino as variedades 5 - Ceará, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco e 12 - Rabo de Peba Branco apresentaram os maiores valores para massa seca total (Tabela 5).

Já em relação ao índice de tolerância à salinidade, apenas a variedade 15 - Lisão não foi influenciada significativamente ( $P > 0,05$ ) pelo aumento do nível de salinidade da água. Além desta, as variedades 2 - Boquinha, 5 - Ceará, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco e 22 - Canário apresentaram os melhores índices de tolerância no maior nível de salinidade.

Tabela 5. Massa seca total (MST) e índice de tolerância à salinidade (ITS) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas à salinidade da água de irrigação.

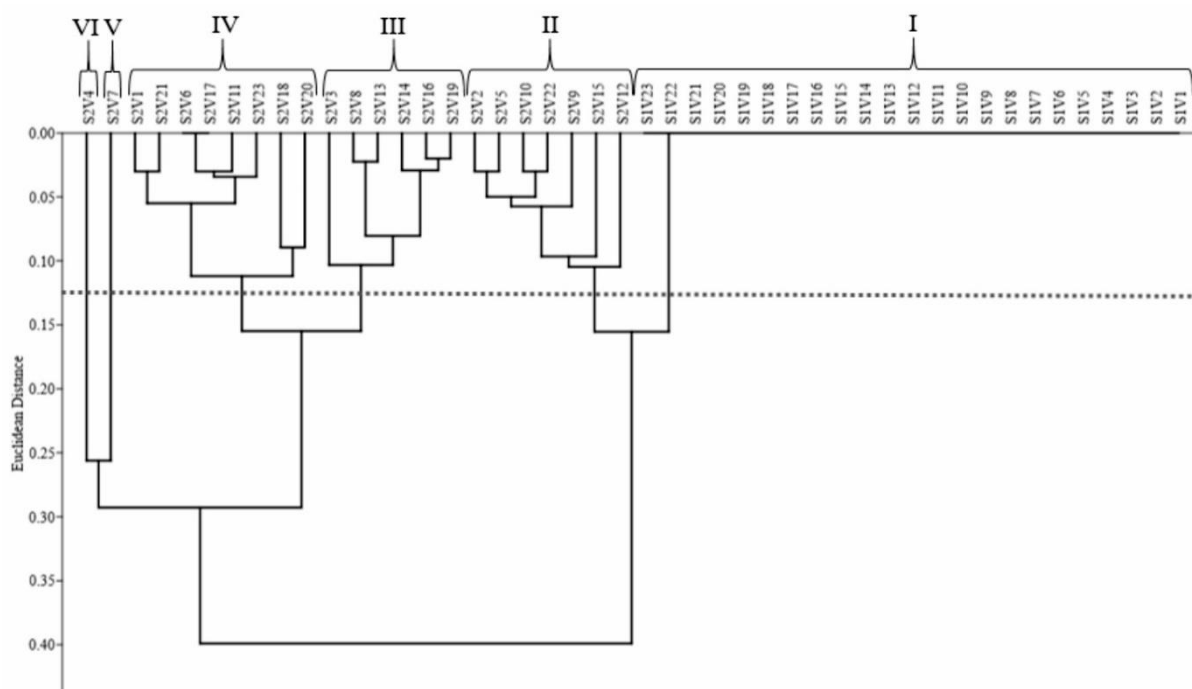
Variedades	MST (mg)		ITS (%)	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	5,5 dS m <sup>-1</sup>
1 - Canapu Vermelho	201,9 Aa	103,7 Bc	100 Aa	51,3 Be
2 - Boquinha	144,9 Ab	119,5 Ab	100 Aa	82,5 Ba
3 - Pingo de Ouro	132,5 Ab	84,3 Bc	100 Aa	63,6 Bc
4 - Sempre Verde	184,5 Aa	57,9 Bc	100 Aa	31,4 Bf
5 - Ceará	172,5 Aa	146,9 Aa	100 Aa	85,2 Ba
6 - Baeta	172,5 Aa	99,1 Bc	100 Aa	57,5 Bd
7 - Manteiga	170,0 Aa	80,6 Bc	100 Aa	47,4 Be
8 - Roxão	127,2 Ab	93,3 Bc	100 Aa	73,4 Bb
9 - Costela de Vaca	183,3 Aa	155,1 Ba	100 Aa	82,7 Ba
10 - Feijão Branco	180,0 Aa	159,4 Aa	100 Aa	88,4 Ba
11 - Coruja	170,5 Aa	96,4 Bc	100 Aa	56,5 Bd
12 - Rabo de Peba Branco	191,8 Aa	152,9 Ba	100 Aa	79,7 Bb
13 - Sopinha	96,2 Ac	71,0 Ac	100 Aa	73,7 Bb
14 - Canapu branco	146,1 Ab	95,5 Bc	100 Aa	65,3 Bc
15 - Lisão	135,1 Ab	131,2 Ab	100 Aa	92,2 Aa
16 - Canapu miúdo	127,3 Ab	86,7 Bc	100 Aa	68,1 Bc
17 - Sempre Verde Ligeiro	209,5 Aa	119,6 Bb	100 Aa	57,1 Bd
18 - Vagem roxa	180,0 Aa	88,0 Bc	100 Aa	48,9 Be
19 - Ovo de Peru	178,9 Aa	117,7 Bb	100 Aa	65,8 Bc
20 - Rabo de Peba Miúdo	155,2 Ab	69,8 Bc	100 Aa	45,0 Be
21 - Feijão Azul	144,7 Ab	77,5 Bc	100 Aa	53,5 Bd
22 - Canário	152,8 Ab	133,9 Ab	100 Aa	87,6 Ba
23 - Paulistinha	132,1 Ab	79,2 Bc	100 Aa	59,9 Bd

Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Neste estudo, quanto ao índice de tolerância à salinidade da água na irrigação, quatro grupos foram formados. As variedades 2 - Boquinha, 5 - Ceará, 9 - Costela de Vaca, 10 - Feijão Branco, 15 - Lisão e 22 - Canário foram classificadas como tolerantes ( $ITS \geq 80\%$ ); e as variedades 3 - Pingo de Ouro, 8 - Roxão, 12 - Rabo de Peba Branco, 13 - Sopinha, 14 - Canapu branco, 16 - Canapu miúdo e 19 - Ovo de Peru foram classificadas como moderadamente tolerantes ( $60\% \leq ITS < 80\%$ ). Já as variedades 1 - Canapu Vermelho, 6 - Baeta, 7 - Manteiga, 11 - Coruja, 17 - Sempre Verde Ligeiro, 18 - Vagem roxa, 20 - Rabo de Peba Miúdo, 21 - Feijão Azul e 23 - Paulistinha foram classificadas como moderadamente sensíveis ( $40\% \leq ITS < 60\%$ ), enquanto que a variedade 4 - Sempre Verde foi a única classificada como sensível ( $ITS < 40\%$ ) (Fageria et al., 2010).

A partir da análise de agrupamento, tomando-se por base a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, com corte à uma distância de 0,13 para formação de seis grupos de combinações entre níveis de salinidade (S) e variedades de feijão-caupi (V), o primeiro grupo (I) foi caracterizado pelas 23 variedades na condição de baixa salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), ou seja, em condições de ausência de estresse salino. No grupo dois (II), conglomerados podem ser caracterizados pelas variedades com melhor percentagem de emergência e maior acúmulo de massa seca na condição de alta salinidade, sendo elas nesta ordem as mais tolerantes: 12 - Rabo

de Peba Branco; 15 - Lisão; 9 - Costela de Vaca; 22 - Canário; 10 - Feijão Branco; 5 - Ceará e 2 - Boquinha (Figura 1).



S1 - Baixa salinidade (0,5 dSm-1); S2 - Alta salinidade (5,5 dSm-1); V1 - Canapu Vermelho; V2 - Boquinha; V3 - Pingo de Ouro; V4 - Sempre Verde; V5 - Ceará; V6 - Baeta; V7 - Manteiga; V8 - Roxão; V9 - Costela de Vaca; V10 - Feijão Branco; V11 - Coruja; V12 - Rabo de Peba Branco; V13 - Sopinha; V14 - Canapu branco; V15 - Lisão; V16 - Canapu miúdo; V17 - Sempre Verde Ligeiro; V18 - Vagem roxa; V19 - Ovo de Peru; V20 - Rabo de Peba Miúdo; V21 - Feijão Azul; V22 - Canário; V23 - Paulistinha.

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (S) e variedades (V) de feijão-caupi

No terceiro grupo (III) são agrupadas as variedades 19 - Ovo de Peru, 16 - Canapu miúdo, 14 - Canapu branco, 13 - Sopinha, 8 - Roxão e 3 - Pingo de Ouro. E no quarto grupo (IV) são agrupadas as variedades 20 - Rabo de Peba Miúdo, 18 - Vagem roxa, 23 - Paulistinha, 11 - Coruja, 17 - Sempre Verde Ligeiro, 6 - Baeta, 21 - Feijão Azul, e 1 - Canapu Vermelho (Figura 1). Ao correlacionar esses dados com os dados do ITS, pode-se inferir que o grupo III comporta as variedades com moderada tolerância à salinidade, e no grupo IV se encontram as com moderada sensibilidade à salinidade (Tabela 5). Nos grupos V e VI são observadas as variedades 7 - Manteiga e 4 - Sempre Verde, respectivamente, que apresentaram os piores desempenhos na emergência e acúmulo de biomassa, destacando-se como sensíveis à salinidade (Figura 1).

O dendrograma de dissimilaridade, tomando-se por base a Distância Euclidiana, pode ser usado como ferramenta auxiliar ao índice de tolerância à salinidade, por ser mais criterioso quanto aos grupos de maior sensibilidade ao estresse, uma vez que o processo multivariado leva em consideração as múltiplas variáveis estudadas.



A identificação de materiais com potencial tolerância à salinidade durante a fase de germinação e crescimento inicial é muito importante, pois pode ser utilizada como referência para o estabelecimento de culturas em regiões com escassos recursos hídricos e de presença de sais na água de irrigação, como a região semiárida do Nordeste do Brasil (Medeiros et al., 2003), onde o cultivo de feijão-caupi é expressivo.

#### 4. CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a emergência, o vigor e o acúmulo de massa seca das variedades de feijão-caupi.

As variedades Lisão > Costela de Vaca > Canário > Feijão Branco > Ceará > Boquinha, nesta ordem, são as mais tolerantes à salinidade na fase de crescimento inicial.

As variedades Rabo de Peba Branco > Ovo de Peru > Canapu miúdo > Canapu branco > Sopinha > Roxão > Pingo de Ouro são moderadamente tolerantes à salinidade na fase de crescimento inicial.

As variedades Rabo de Peba Miúdo, Vagem roxa, Paulistinha, Coruja, Sempre Verde Ligeiro, Baeta, Feijão Azul e Canapu Vermelho são moderadamente sensíveis à salinidade na fase de crescimento inicial.

As variedades de feijão-caupi Sempre Verde e Manteiga, nesta ordem, são as mais sensíveis à salinidade na fase de crescimento inicial da cultura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, W. S., Fernandes, F. R. B., Bertini, C. H. C. M., Pinheiro, M. S., & Teófilo, E. M. (2012). Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(10), 1047-1054. doi: 10.1590/S1415-43662012001000003.
- Aquino, J. P. A., Bezerra, A. A. C., Alcântara, F., Neto, Lima, C. J. G. S., & Sousa, R. R. (2017). Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. *Revista Caatinga*, 30(4), 1001-1008. doi: 10.1590/1983-21252017v30n421rc
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1999). *A qualidade de água na agricultura*. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999.
- Barreto, H. B. F., Freitas, R. M. O., Oliveira, L. A. A., Araújo, J. A. M., & Costa, E. M. (2010). Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(3), 125-130.
- Bernardes, P. M., Mengarda, L. H. G., Lopes, J. C., Nogueira, M. U., & Rodrigues, L. L. (2015). Qualidade fisiológica de sementes de repolho de alta e baixa viabilidade sob estresse salino. *Revista Nucleus*, 12(1), 77-86. doi: 10.3738/1982.2278.1105

- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS.
- Chagas, D. L. M., Farias, J. E. C., Souza, R. F., Freitas, S. P., Jr., & Costa, M. G. S. (2018). Germinação e vigor de sementes crioulas de feijão-caupi. *Agrarian Academy*, 5(9), 487-498. doi: 10.18677/Agrarian\_Academy\_2018a48
- Coelho, D. L. M, Agostini, E. A. T, Guaberto, L. M, Neto, N. B. M, & Custódio, C. C. (2010). Estresse hídrico com diferentes osmóticos em sementes de feijão e expressão diferencial de proteínas durante a germinação. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(3), 491-499. doi: 10.4025/actasciagron.v32i3.4694.
- Coelho, J. B. M., Barros, M. F. C., Bezerra, E., Neto, & Souza, E. R. (2014). Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão-caupi cultivado em solos salinizados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(7), 708-713. doi: 10.1590/S1415-43662014000700006
- Fageria, N. K., Soares Filho, W. S., & Gheyi, H. R. (2010). Melhoramento genético vegetal e seleção de espécies tolerantes à salinidade. In: Gheyi, H. R., Dias, N. S., & Lacerda, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados* (Cap.13, p.205-216). Fortaleza: INCTSal.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001
- Gomes, G. R., Almeida, L. H. C., & Takahashi, L. S. A. (2015). Efeito do estresse hídrico e salino no vigor e germinação de sementes de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultura Agrônômica*, 24(1), 83-92.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009) *Análise multivariada de dados*. 6.ed. Porto Alegre: Bookman.
- Lopes, K. P., Nascimento, M. G. R., Barbosa, R. C. A., & Costa, C. C. (2014). Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brassicas oleracea* L. Var. Itália. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(5), 2251-2260. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n5p2251
- Machado, A. T., Santilli, J., & Magalhães, R. (2008). *A agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(1), 176-177.
- Medeiros, J. F., Lisboa, R. A., Oliveira, M., Silva Júnior, M. J., & Alves, L. P. (2003). Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7(3), 469-472. doi: 10.1590/S1415-43662003000300010
- Melo, A. S., Silva, A. R. F., Dutra, A. F., Dutra, W. F., Brito, M. E. B., & Sá, F. V. S. (2018). Photosynthetic efficiency and production of cowpea cultivars under deficit irrigation. *Revista Ambiente e Água*, 13(5), e2133. doi: 10.4136/ambi-agua.2133

- Oliveira, F. A., Martins, D. C., Oliveira, M. K. T., Souza, M. L., Neta, Ribeiro, M. S. S., & Silva, R. T. (2014). Desenvolvimento inicial de cultivares de abóboras e morangas submetidas ao estresse salino. *Revista Agro@ambiente On-line*, 8(2), 222-229. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1540
- Oliveira, L. B. (2015). Uso e manejo da água na região semiárida do nordeste do Brasil. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, 11(1), 50-64.
- Patel, P. R., Kajalii, S. S., Pateli, V. R., Patel, V. J., & Khristiii, S. M. (2010). Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22(1), 43-48. doi: 10.1590/S1677-04202010000100005
- Porto, F. Q., Fº., Medeiros, J. F., Sousa Neto, E. R., Gheyi, H. R., & Matos, J. A. (2006). Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. *Ciência Rural*, 36(2), 453-459. doi: 10.1590/S0103-84782006000200015
- Sá, F. V. S., Ferreira Neto, M., Lima, Y. B., Paiva, E. P., Gheyi, H. R., & Dias, N. S. (2017a). Initial development of cowpea plants under salt stress and phosphate fertilization. *Revista Ambiente e Água*, 12(3), 405-415. doi: 10.4136/ambi-agua.2070
- Sá, F. V. S., Nascimento, R., Pereira, M. O., Borges, V.E., Guimaraes, R. F. B., Ramos, J. G., Mendes, J. S., & Penha, J. L. (2017b). Vigor and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes under salt stress. *Bioscience Journal*, 33(6), 1488-1494. doi: 10.14393/BJ-v33n6a2017-37053
- Sá, F. V. S., Paiva, E. P., Torres, S. B., Brito, M. E. B., Nogueira, N. W., Frade, L. J. G., & Freitas, R. M. O. (2016). Seed germination and vigor of different cowpea cultivars under salt stress. *Comunicata Scientiae*, 7(4), 450-455. doi: 10.14295/cs.v7i4.154
- Santos, P. R., Ruiz, H. A., Neves, J. C. L., Almeida, E. F., Freire, M. B. G. S., & Freire, F. J. (2009). Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(supl), 882-889. doi: 10.1590/S1415-43662009000700010
- Souza, L. F., Araújo, M. S., Ferraz, R. L. S., Costa, P. S., Medeiros, A. S., & Magalhães, I. D. (2019). Sementes crioulas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) para cultivo agroecológico. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 14(1), 33-40. doi: 10.18378/rvads.v14i1.6482
- Syvertsen, J. P., & Garcia-Sanchez, F. (2014). Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. *Environmental and Experimental Botany*, 103(1), 128-137. doi: 10.1016/j.envexpbot.2013.09.015

## **CAPÍTULO II - RESPOSTAS FOTOSSINTÉTICAS, CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E TOLERÂNCIA DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB ESTRESSE SALINO**

### **RESUMO**

O feijão-caupi é fonte de proteína e principal cultura de subsistência do semiárido brasileiro, onde a salinidade é fator limitante. O uso de variedades tolerantes ao estresse salino pode melhorar o rendimento dos cultivos. Com o objetivo de estudar os efeitos da salinidade da água de irrigação no crescimento, respostas fotossintéticas, produção e tolerância de quinze variedades crioulas de feijão-caupi, um experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 15 x 2, composto de 15 variedades crioulas de feijão-caupi (Boquinha; Ceará; Costela de Vaca; Lisão; Canário; Pingo de Ouro; Roxão; Feijão Branco; Canapu Branco; Canapu Miúdo; Ovo de Peru; Baeta; Coruja; Paulistinha; Sempre Verde) e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>), com cinco repetições. As plantas foram cultivadas em vasos contendo 10 dm<sup>3</sup> de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico durante 80 dias. As variedades Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão e Boquinha foram classificadas como sensível, ao passo que as variedades tolerantes foram Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará. Todas as variedades tolerantes tiveram produções semelhantes ao controle, devido à melhoria na fotossíntese e na eficiência no uso da água.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata* (L) Walp., salinidade, trocas gasosas, fluorescência da clorofila, produção

## CHAPTER II - PHOTOSYNTHETIC RESPONSES, GROWTH, PRODUCTION AND TOLERANCE OF TRADITIONAL COWPEA VARIETIES UNDER SALT STRESS

### ABSTRACT

Cowpea is a source of protein and the main subsistence crop in the Brazilian semiarid region, where salinity is a limiting factor. The use of varieties tolerant to salt stress can improve crop yields. In order to study the effects of irrigation water salinity on growth, photosynthetic responses, production and tolerance of fifteen traditional varieties of cowpea, an experiment was conducted in randomized blocks, in a 15 x 2 factorial scheme, composed of 15 traditional varieties of cowpea (Boquinha; Ceará; Costela de Vaca; Lisão; Canário; Pingo de Ouro; Roxão; Feijão Branco; Canapu Branco; Canapu Miúdo; Ovo de Peru; Baeta; Coruja; Paulistinha; Sempre Verde) and two levels of salinity of the irrigation water (0.5 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>), with five repetitions. The plants were grown in pots containing 10 dm<sup>3</sup> of a dystrophic Red Yellow Latosol for 80 days. The varieties Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão and Boquinha were classified as sensitive, while the tolerant varieties were Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca and Ceará. There are similar yields of varieties tolerant to salinity and control due to improvements in photosynthesis and water use efficiency.

**Key-words:** *Vigna unguiculata* (L) Walp., salinity, gas exchange, chlorophyll fluorescence, production

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.), também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, é uma das principais fontes de proteína na dieta humana nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Melo et al., 2018). O cultivo é realizado principalmente, por agricultores familiares e pequenos irrigantes, e em sua maioria utilizam sementes crioulas ou tradicionais.

Nos cultivos irrigados do Nordeste brasileiro, principalmente na região do Polo Agrícola Mossoró/Açu, no Estado do Rio Grande do Norte, a grande demanda por recurso hídrico para irrigação tem impulsionado a utilização de águas com salinidade elevada, em alguns casos chegando a  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ , como as águas subterrâneas do aquífero Calcário Jandaíra (Porto Filho et al., 2006). O feijão-caupi é uma espécie considerada moderadamente tolerante à salinidade, com salinidade limiar de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  da água de irrigação e de  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  para a salinidade do solo (Ayers & Westcot, 1985).

A utilização de águas com elevada razão de adsorção de sódio (RAS) pode alterar as condições físico-químicas do solo e o excesso de sais solúveis no solo causa redução do potencial osmótico, promove o déficit hídrico, fechamento estomático, limitações na assimilação de  $\text{CO}_2$  e na eficiência do uso da água e alterações no processo fotoquímico das plantas (Leite et al., 2017; Sá et al., 2018). As restrições osmóticas em conjunto com o desequilíbrio iônico e nutricional restringem as trocas gasosas e o acúmulo de biomassa/produção do feijão-caupi (Lima et al., 2017; Leite et al., 2017; Sá et al., 2019).

A identificação e seleção de variedades de feijoeiro tolerantes à salinidade da água torna-se a principal técnica para a utilização de água salina, sem grandes prejuízos ao cultivo de feijão-caupi. Pesquisas na fase de crescimento inicial têm sido realizadas visando selecionar genótipos de feijão-caupi tolerantes à salinidade (Sá et al., 2016; Sá et al., 2017; Praxedes et al., 2020), no entanto há carência de estudos durante todo o ciclo de produção. A hipótese desse trabalho é que, em razão da variabilidade genética de variedades de feijão-caupi tradicionalmente cultivadas na região semiárida, aquelas que se apresentem com alto potencial de tolerância à salinidade possam ser indicadas para cultivos irrigados com água de baixa qualidade. Nesse sentido, objetivou-se estudar os efeitos da salinidade da água de irrigação sob o crescimento, as trocas gasosas e produção de quinze variedades crioulas de feijão-caupi, visando selecionar as mais tolerantes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização, delineamento experimental e planta material**

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação localizada nas dependências da Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFRSA, campus Leste, Mossoró/RN, Brasil, no período de maio a agosto de 2019. O município fica localizado nas coordenadas geográficas de 5° 12' de latitude Sul e 37° 19' de longitude Oeste, com altitude média de 18 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw<sup>h</sup>, no período de condução do experimento foram registradas as temperaturas máximas e mínimas de 44,2 e 20,4 °C, e umidades máximas e mínimas de 86 e 22%, respectivamente. A temperatura média e umidade média diária ao longo do experimento foram de 33,8 °C e 49%, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizado, com tratamentos em esquema fatorial 15 x 2, consistindo da combinação de quinze variedades de feijão-caupi (V1 - Boquinha; V2 - Ceará; V3 - Costela de Vaca; V4 - Lisão; V5 - Canário; V6 - Pingo de Ouro; V7 - Roxão; V8 - Feijão Branco; V9 - Canapu Branco; V10 - Canapu Miúdo; V11 - Ovo de Peru; V12 - Baeta; V13 - Coruja; V14 - Paulistinha; V15 - Sempre Verde) com dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 dS m<sup>-1</sup> e 4,5 dS m<sup>-1</sup>), com cinco repetições.

As sementes utilizadas foram adquiridas de coleções provenientes de guardiões de sementes crioulas pertencentes a comunidades rurais localizadas em municípios da região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. As sementes foram provenientes da safra de 2018 e estavam armazenadas em garrafas PET, vedadas, para evitar qualquer alteração no grau de umidade e guardadas em armazéns secos, bem arejados e sem o uso de conservantes. As variedades utilizadas nesta pesquisa foram escolhidas com base em estudo preliminar desenvolvido nas fases de germinação e crescimento inicial da cultura do feijão-caupi (Praxedes et al., 2020).

### **Instalação do experimento e manejo de adubação**

A semeadura foi realizada utilizando-se de 9 sementes, com o primeiro desbaste realizado aos 4 dias após a germinação, deixando 3 plantas por vaso, e o segundo, 15 dias depois, restando apenas uma planta por vaso.

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso plástico com capacidade de 12,0 L, sendo 1,0 L preenchido de brita em sua parte inferior, 1,0 L que sobra na parte superior e 10,0 L preenchido com solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, textura franca arenosa (SANTOS et al., 2018), cujas características físico-químicas (EMBRAPA, 1999), encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado no experimento.

pH	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	CTC	V	PST
	(%)	-----	(mg dm <sup>-3</sup> )	-----	-----				(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-----	-----	%	-----
5,30	1,67	2,1	54,2	21,6	2,70	0,90	0,05	1,82	3,83	3,88	5,65	68	2,0
				Areia			Silte			Argila			
Densidade (kg dm <sup>-3</sup> )		-----							(g kg <sup>-1</sup> )				
1,60		820			30			150					

A acidez do solo foi corrigida com cal hidratada, com teores de CaO e MgO na proporção de 48% e 24%, respectivamente. O solo foi corrigido para elevação da saturação por bases para 90%. Após 15 dias, o solo foi adubado de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para vasos em cultivo protegido, sendo aplicado 300 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>-</sup>, 150 mg de K<sub>2</sub>O e 100 mg de N por dm<sup>3</sup> de solo, por meio da fertirrigação, utilizando Ureia (45% de N), Cloreto de Potássio (KCl = 60% de K<sub>2</sub>O) e Monoamônio Fosfato (MAP = 12% de N e 50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>-</sup>). A adubação com micronutrientes foi realizada via foliar na pré-floração e 15 dias após a floração, com o fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®, na proporção de 3 ml L<sup>-1</sup> de calda, seguindo a recomendação do fabricante (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.

Parâmetros								
N	Ca	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn	C.O.
-----								%
-----g L <sup>-1</sup> -----								
73,50	14,70	78,63	14,17	0,74	73,50	1,47	73,50	2,45

N - Nitrogênio; Ca - Cálcio; S - Enxofre; B - Boro; Cu - Cobre; Mn - Manganês; Mo - Molibdênio; Zn - Zinco; C.O. - carbono orgânico.

### Águas salinas e manejo da irrigação e drenagem

No preparo das águas de irrigação foi utilizada água de abastecimento local (CEa = 0,50 dS m<sup>-1</sup>) para o menor nível de salinidade. E para o maior nível de salinidade (CEa = 4,50 dS m<sup>-1</sup>) foi feita a mistura de água de abastecimento local com rejeito da dessalinização da água salobra (CEa = 9,50 dS m<sup>-1</sup>). O rejeito de dessalinização foi obtido no Assentamento Jurema, localizado às margens da RN - 013, km 4. (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização físico-química das fontes hídricas utilizadas no experimento

Fontes hídricas	Parâmetros										
	pH	CE	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	RAS	
		dS m <sup>-1</sup>	-----								-----
		-----mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----									
1	7,57	0,50	0,31	3,74	1,20	0,83	2,40	0,60	3,20	2,62	
2	7,10	9,50	0,83	54,13	24,20	37,80	116,00	0,00	3,40	9,70	

Fonte hídrica 1 - água de abastecimento; Fonte hídrica 2 - rejeito salino; pH (H<sub>2</sub>O) - Potencial hidrogeniônico em água; CE - Condutividade elétrica; K<sup>+</sup> - Potássio; Na<sup>+</sup> - Sódio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Cl<sup>-</sup> - Cloro; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - Carbonato; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - Bicarbonato; RAS - Razão de adsorção de sódio.

O manejo da irrigação foi baseado no método da lisimetria de drenagem, de modo a deixar o solo com umidade próxima à capacidade máxima de retenção, em irrigações realizadas uma vez ao dia, sendo a lâmina aplicada acrescida de uma fração de lixiviação (FL) de 15% a



cada sete dias. O volume aplicado ( $V_a$ ) por recipiente foi obtido pela diferença entre a lamina anterior ( $L_a$ ) aplicada menos a média de drenagem ( $D$ ), dividida pelo número de recipientes ( $n$ ), como indicado na equação 1:

$$V_a = \frac{L_a - D}{n(1 - FL)} \quad (1)$$

O sistema de irrigação foi formado por um motor bomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, acionada por motor monofásico, 210 V de tensão, 60 Hz de frequência, instalada em um reservatório com capacidade para 50 L e mangueiras de 16 mm com gotejadores autocompensantes de vazão de 1,3 L h<sup>-1</sup>.

A condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) foi estimada segundo a metodologia de Ayers e Westcot (1985), para solos de textura média. Para isso, aos 80 dias após a semeadura foi aplicada mais uma lamina de lixiviação (15%), o volume drenado foi coletado, no qual foi medida a condutividade elétrica da água de drenagem (CEd), utilizando-se de um condutímetro de bancada com os dados expressos em dS m<sup>-1</sup> ajustados para temperatura de 25 °C. Os dados foram aplicados na Equação 2:

$$CEes = \frac{CEd}{2} \quad (2)$$

### **Análise de trocas gasosas e fluorescência da clorofila a**

As análises fisiológicas foram realizadas durante a fase de floração das plantas, aos 58 dias após a semeadura. As trocas gasosas foram realizadas no período de 6 às 9 horas, com avaliações em folhas totalmente expandidas situadas no terço superior de cada planta, com analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro<sup>+</sup> Portable Photosynthesis System<sup>®</sup> (ADC Bio Scientific Limited, UK) com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e fluxo de ar de 200 mL min<sup>-1</sup>. As variáveis quantificadas foram: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração ( $E$ ) (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática ( $g_s$ ) (mol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ). Com base nesses dados, foram estimadas a eficiência no uso da água ( $EUA$ ) ( $A/E$ ) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ) ( $A/C_i$ ) (Sá et al., 2018).

Logo após às mensurações de trocas gasosas, avaliou-se a fluorescência da clorofila *a*, usando-se o fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizou-se do protocolo Fv/Fm para avaliações em condições de escuro. Nessas condições, foram estimadas as seguintes variáveis de indução de fluorescência: fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_o$ ), máxima eficiência quântica do PSII

( $F_v/F_m$ ), rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos no FSII ( $F_o/F_m$ ) e a eficiência fotoquímica no FSII ( $F_v/F_o$ ) (Sá et al., 2018).

Ainda com o uso do fluorômetro de pulso modulado, procederam-se avaliações em condições de claro, por meio do protocolo Yield. Para obtenção das leituras, aplicou-se a fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), visando estimar as seguintes variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), taxa de transporte de elétrons ( $ETR$ ) e eficiência quântica do fotossistema II ( $Y(II)$ ). De posse desses dados, foram determinados: fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), usando-se a equação 3; coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $qL$ ), usando-se a equação 4; rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y(NPQ)$ ), usando-se a equação 5; e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y(NO)$ ) com uso da equação 6. As equações estão descritas a seguir:

$$F_o' = [F_o/(F_m - F_o)/F_m + (F_o/F_m')] \quad \text{Oxborough \& Baker (1997)} \quad (3)$$

$$qL = (F_m' - F')/(F_m' - F_o') * (F_o')/(F') \quad \text{Kramer et al. (2004)} \quad (4)$$

$$Y(NPQ) = (F'/F_m') - (F'/F_m) \quad \text{Kramer et al., (2004)} \quad (5)$$

$$Y(NO) = F'/F_m \quad \text{Kramer et al., (2004)} \quad (6)$$

### **Análise de crescimento e acúmulo de fitomassa**

Aos 58 DAP foram mensurados o comprimento do ramo principal (CRP), utilizando trena e medindo-se a partir do colo da planta até a última inserção foliar, o diâmetro do caule (DC), medido a 1,0 cm do colo da planta, por meio de paquímetro digital e o número de folhas (NF). Após a colheita das vagens de todas as variedades aos 80 dias após a semeadura, a parte aérea das plantas foi coletada e colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante, sendo quantificados os valores de fitomassa seca da parte aérea (MSPA).

### **Quantificação da Produção**

A colheita das vagens foi realizada à medida em que cada variedade crioula atingiu o estágio fenológico R9 (fase de maturação), quando os frutos estavam secos, com a cor e o brilho característicos do genótipo. As vagens foram transportadas até o Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas do Semi-Árido - LASAPSA, da UFERSA, onde foram contados o número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), sementes por plantas (NSP) e produção por planta (PP) (g).

## **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste 'F'. Nos casos de efeito significativo, realizou-se o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) para o fator variedade, e teste de 't' de Student ( $p < 0,05$ ) para o fator salinidade, utilizando-se do software para análises estatísticas SISVAR® (Ferreira, 2014). Os dados de massa seca da parte aérea e produção de grãos por planta foram utilizados para classificação da tolerância à salinidade; para isso, os dados foram submetidos à padronização, ficando com a média nula ( $\bar{X} = 0$ ) e variância 1 ( $S^2 = 1$ ). Posteriormente, procedeu-se análise de cluster por método hierárquico, Ward's minimum variance, utilizando-se da Distância Euclidiana, como medida de dissimilaridade. Foi utilizado software livre para análise estatística univariada e multivariada O PAST 3.

## **3. RESULTADOS**

### **Salinidade do solo**

Houve interação significativa entre variedades e níveis de salinidade da água de irrigação ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). A irrigação com água salina de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  aumentou a CEes do solo contido nos vasos em que foram cultivadas as plantas das variedades de feijão-caupi, em relação aos vasos que receberam água com  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  (controle). A CEes do solo contido nos recipientes irrigados com água de alta salinidade variou entre  $6,3$  e  $9,7 \text{ dS m}^{-1}$ , isto é, entre 1,4 e 2,15 vezes a salinidade da água de irrigação. Quando a irrigação foi com água de alta salinidade em vasos cultivados com as variedades Canário e Roxão, foram registrados os maiores valores de CEes no solo, com  $9,7$  e  $8,4 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente, sem diferenciação para a salinidade nos vasos cultivados com as demais variedades (Tabela 4).

### **Trocas gasosas**

A interação entre variedades e níveis de salinidade foi significativa para a taxa de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,01$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $p < 0,01$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $p < 0,01$ ) (Tabela 5).

A  $A_N$  das variedades Boquinha, Roxão, Feijão Branco, Canapu Miúdo, Coruja e Paulistinha foi reduzida sob estresse salino ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), variando, em média, entre 13,19 e 74,21% em relação ao controle ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). As variedades Ceará, Canário, Pingo de Ouro, Canapu Branco, Baeta e Sempre Verde tiveram a  $A_N$  aumentada, no tratamento salino ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) com variação média entre 11,95 e 56,71% em relação ao controle ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). O estresse salino não influenciou ( $p < 0,05$ ) a  $A_N$  das variedades Costela de Vaca, Lisão e Ovo de Peru (Tabela 5).

Tabela 4. ANOVA e médias para a variável condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) dos solos cultivados com variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a dois níveis de salinidade da água de irrigação.

Teste 'F'		
Fontes de Variação	GL	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
Bloco	4	0,061 <sup>ns</sup>
Sal	1	0,000**
Var	14	0,011*
Sal x Var	14	0,018*
Erro	116	--
CV (%)		21,31
Teste de médias		
Variedade	CEes (dS m <sup>-1</sup> )	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>
V1 - Boquinha	1,3 Ba	7,8 Ac
V2 - Ceará	1,1 Ba	7,3 Ac
V3 - Costela de Vaca	1,4 Ba	6,7 Ac
V4 - Lisão	1,5 Ba	6,5 Ac
V5 - Canário	1,4 Ba	9,7 Aa
V6 - Pingo de Ouro	1,4 Ba	7,8 Ac
V7 - Roxão	1,7 Ba	8,4 Ab
V8 - Feijão Branco	1,4 Ba	7,8 Ac
V9 - Canapu Branco	1,5 Ba	7,4 Ac
V10 - Canapu miúdo	1,3 Ba	6,7 Ac
V11 - Ovo de Peru	1,3 Ba	7,9 Ac
V12 - Baeta	1,9 Ba	7,2 Ac
V13 - Coruja	1,3 Ba	7,0 Ac
V14 - Paulistinha	1,4 Ba	6,3 Ac
V15 - Sempre Verde	1,4 Ba	7,5 Ac

\*\*significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Houve a formação de 3 grupos quanto à performance fotossintética na condição de estresse salino, com as variedades Sempre Verde, Costela de Vaca, Pingo de Ouro e Baeta nos grupos de maior  $A_N$ ; Ceará, Lisão, Canário, Canapu Branco, Boquinha, Roxão e Paulistinha nos grupos de  $A_N$  intermediária; e Ovo de Peru, Feijão Branco, Coruja e Canapu Miúdo nos grupos de baixa  $A_N$ , nessa sequência (Tabela 5).

A aplicação de água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> reduziu a  $C_i$  nas variedades Canapu Branco, Ovo de Peru e Baeta, em relação ao controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>), com reduções que variaram entre 11,80 e 23,05%. Comportamento diferente foi observado nas variedades Ceará, Canário, Pingo de Ouro, Canapu Miúdo, Coruja e Sempre Verde, que tiveram incremento médio variando entre 11,82 e 42,68% na  $C_i$ , sob estresse salino (4,5 dS m<sup>-1</sup>), em relação ao controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>). As variedades Boquinha, Costela de Vaca, Lisão, Roxão, Feijão Branco e Paulistinha não tiveram a  $C_i$  influenciada pelo estresse salino (Tabela 5).

Tabela 5. ANOVA e médias para as variáveis taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_N$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) e eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

		Teste 'F'				
Fontes de Variação	GL	$A$		$C_i$		$EiCi$
Bloco	4	0,543 <sup>ns</sup>		0,000**		0,0284*
Sal	1	0,483 <sup>ns</sup>		0,000**		0,006**
Var	14	0,000**		0,000**		0,000**
Sal x Var	14	0,000**		0,000**		0,000**
Erro	116	--		--		--
CV (%)		8,19		6,71		13,95

Variedade	Teste de médias					
	$A_N$ ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		$C_i$ ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		$EiCi$	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>
V1 - Boquinha	16,92 Aa	10,13 Be	187 Ac	198 Ab	0,091 Aa	0,053 Bd
V2 - Ceará	8,15 Be	11,56 Ad	198 Bc	239 Aa	0,041 Ad	0,049 Ad
V3 - Costela de Vaca	15,04 Ab	15,11 Ab	155 Ad	164 Ad	0,098 Aa	0,092 Aa
V4 - Lisão	11,77 Ac	12,27 Ad	195 Ac	200 Ab	0,060 Ac	0,062 Ac
V5 - Canário	7,39 Be	11,12 Ad	137 Be	174 Ad	0,057 Ac	0,064 Ac
V6 - Pingo de Ouro	8,34 Be	13,07 Ac	165 Bd	189 Ac	0,051 Bc	0,069 Ab
V7 - Roxão	11,58 Ac	9,81 Be	190 Ac	192 Ac	0,061 Ac	0,052 Ad
V8 - Feijão Branco	10,78 Ad	7,98 Bf	215 Ab	208 Ab	0,050 Ac	0,039 Be
V9 - Canapu Branco	9,96 Bd	11,15 Ad	243 Aa	187 Bc	0,041 Bd	0,060 Ac
V10 - Canapu miúdo	10,47 Ad	2,70 Bg	164 Bd	234 Aa	0,065 Ac	0,011 Bf
V11 - Ovo de Peru	8,35 Ae	8,03 Af	231 Aa	203 Bb	0,036 Ad	0,040 Ae
V12 - Baeta	9,27 Be	13,61 Ac	178 Ad	157 Bd	0,053 Bc	0,087 Aa
V13 - Coruja	11,98 Ac	7,65 Bf	159 Bd	210 Ab	0,076 Ab	0,036 Be
V14 - Paulistinha	11,07 Ac	9,61 Be	199 Ac	213 Ab	0,056 Ac	0,045 Bd
V15 - Sempre Verde	11,30 Bc	17,06 Aa	203 Bc	227 Aa	0,056 Bc	0,075 Ab

\*\*significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A  $EiCi$  das variedades Pingo de Ouro, Canapu Branco, Baeta e Sempre Verde foram incrementadas na condição de estresse salino, em relação ao controle, com variação entre 33,93 e 64,15%. As variedades Boquinha, Feijão Branco, Canapu Miúdo, Coruja e Paulistinha tiveram a  $EiCi$  reduzidas, entre 19,64 e 83,08%, em média, na condição de estresse salino, em relação ao controle (Tabela 5). Já as variedades Ceará, Costela de Vaca, Lisão, Canário, Roxão e Ovo de Peru não tiveram a  $EiCi$  influenciada pelo estresse salino (Tabela 5). As melhores  $EiCi$  na condição de estresse salino foram observadas nas variedades Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Baeta e Sempre Verde. As piores  $EiCi$  na condição de estresse salino foram observadas nas variedades Feijão Branco, Canapu Miúdo, Ovo de Peru e Coruja (Tabela 5).

A interação entre variedades e níveis de salinidade foi significativa para a condutância estomática ( $p < 0,01$ ), transpiração ( $p < 0,01$ ) e eficiência instantânea do uso da água ( $p < 0,01$ ) (Tabela 6).

Tabela 6. ANOVA e médias para as variáveis condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ) e eficiência instantânea do uso da água ( $EiUA$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

		Teste 'F'					
Fontes de Variação	GL	$g_s$		$E$		$EiUA$	
Bloco	4	0,000**		0,000**		0,000**	
Sal	1	0,031*		0,000**		0,000**	
Var	14	0,000**		0,000**		0,000**	
Sal x Var	14	0,000**		0,000**		0,000**	
Erro	116	--		--		--	
CV (%)		8,37		6,00		7,32	

Variedade	Teste de médias					
	$g_s$		$E$		$EiUA$ [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$ ]	
	$(\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$		$(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$		$(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>
V1 - Boquinha	0,21 Aa	0,11 Be	4,32 Aa	1,98 Be	3,94 Bb	5,12 Af
V2 - Ceará	0,09 Be	0,18 Ab	2,47 Bf	3,49 Ab	3,30 Ac	3,29 Ah
V3 - Costela de Vaca	0,14 Ac	0,13 Ac	3,48 Ac	1,84 Be	4,33 Ba	8,22 Ab
V4 - Lisão	0,14 Ac	0,14 Ac	3,77 Ab	2,57 Bc	3,12 Bc	4,78 Af
V5 - Canário	0,06 Bg	0,11 Ae	1,69 Bh	2,47 Ad	4,37 Aa	4,51 Ag
V6 - Pingo de Ouro	0,08 Bf	0,13 Ac	2,28 Ag	1,74 Be	3,66 Bb	7,50 Ac
V7 - Roxão	0,13 Ac	0,09 Bf	3,22 Ad	1,64 Bf	3,61 Bb	5,96 Ae
V8 - Feijão Branco	0,15 Ab	0,09 Bf	3,83 Ab	2,40 Bd	2,82 Bd	3,35 Ah
V9 - Canapu Branco	0,16 Ab	0,11 Be	3,63 Ac	1,64 Bf	2,74 Bd	6,83 Ad
V10 - Canapu miúdo	0,10 Ae	0,03 Bg	2,59 Af	0,89 Bg	4,05 Aa	3,11 Bh
V11 - Ovo de Peru	0,12 Ad	0,08 Bf	2,83 Ae	1,80 Be	2,95 Bd	4,45 Ag
V12 - Baeta	0,10 Ae	0,11 Ae	2,86 Ae	1,44 Bf	3,28 Bc	9,44 Aa
V13 - Coruja	0,11 Ad	0,09 Bf	2,87 Ae	2,42 Bd	4,18 Aa	3,17 Bh
V14 - Paulistinha	0,13 Ac	0,12 Bd	3,32 Ad	2,69 Bc	3,34 Ac	3,58 Ah
V15 - Sempre Verde	0,14 Bc	0,26 Aa	3,37 Bd	4,02 Aa	3,36 Bc	4,24 Ag

\*\*significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Ao comparar o estresse salino (4,5 dS m<sup>-1</sup>) à condição de controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>) sob a  $g_s$  (Tabela 6), as variedades Boquinha, Roxão, Feijão Branco, Canapu Branco, Canapu Miúdo, Ovo de Peru, Coruja e Paulistinha tiveram redução média variando entre 7,69 e 70,00%. Já nas variedades Ceará, Canário, Pingo de Ouro e Sempre Verde houve incremento médio variando entre 62,50 e 100,00%. Por outro lado, a condutância estomática das variedades Costela de Vaca, Lisão e Baeta não foi influenciada pelo estresse salino. Nesta condição, os menores valores de  $g_s$  foram verificados nas variedades Canapu Miúdo, Ovo de Peru, Roxão, Feijão Branco e Coruja, enquanto que os maiores foram registrados nas variedades Sempre Verde e Ceará.

Com exceção das variedades Ceará, Canário e Sempre Verde, que tiveram incremento na  $E$ , as demais tiveram a  $E$  reduzida, variando entre 15,68 e 65,64% em média, na condição de estresse salino (4,5 dS m<sup>-1</sup>), em relação ao controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>). Na condição de estresse salino as menores  $E$  foram verificadas nas variedades Canapu Miúdo, Baeta, Canapu Branco e Roxão (Tabela 6).

A *EiUA* das variedades Canapu Miúdo e Coruja reduziu em média 23,69% na condição de estresse salino (4,5 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>) (Tabela 6). Na condição de estresse salino, houve incremento médio variando entre 18,79 e 187,80% na *EiUA* das variedades Boquinha, Costela de Vaca, Lisão, Pingo de Ouro, Roxão, Feijão Branco, Canapu Branco, Ovo de Peru, Baeta e Sempre Verde, em relação ao tratamento controle. As variedades Ceará, Canário e Paulistinha não tiveram a *EiUA* influenciada pelo estresse salino (Tabela 6). Nesta condição, os maiores valores de *EiUA* foram verificados nas variedades Baeta, Costela de Vaca, Pingo de Ouro e Canapu Branco, enquanto que os menores valores foram encontrados nas variedades Canapu Miúdo, Coruja, Ceará, Feijão Branco e Paulistinha (Tabela 6).

### Fluorescência da clorofila

Houve efeito significativo dos níveis de salinidade da água para fluorescência inicial ( $p < 0,05$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) ( $p < 0,05$ ), máxima eficiência quântica do fotossistema II ( $p < 0,01$ ), eficiência quântica do fotossistema II ( $P < 0,01$ ), taxa de transporte de elétrons ( $p < 0,01$ ) e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $p < 0,01$ ) (Tabela 7).

As variedades de feijão-caupi irrigadas com água de alta salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>) tiveram incremento nos valores de  $F_v$ ,  $F/F_m$ ,  $ETR$  e  $Y(NPQ)$  de 3,29, 1,33, 79,02 e 11,11% em relação ao tratamento controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 7). Entretanto, a irrigação com água de alta salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>) reduziu a  $F_o$  e a  $Y(II)$  em 3,65 e 4,41% em relação ao tratamento controle (0,5 dS m<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. ANOVA e médias para as variáveis fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), máxima eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), eficiência quântica do fotossistema II ( $Y(II)$ ), taxa de transporte de elétrons ( $ETR$ ), coeficiente de extinção fotoquímico ( $qL$ ), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y(NPQ)$ ) e rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y(NO)$ ) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

		Teste 'F'								
Fontes de Variação	GL	$F_o$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$Y(II)$	$ETR^1$	$qL^1$	$Y(NPQ)^1$	$Y(NO)^1$
Bloco	4	0,000**	0,000**	0,000**	0,442 <sup>ns</sup>	0,445 <sup>ns</sup>	0,000**	0,110 <sup>ns</sup>	0,397 <sup>ns</sup>	0,378 <sup>ns</sup>
Sal	1	0,037*	0,235 <sup>ns</sup>	0,046*	0,003**	0,010**	0,000**	0,140 <sup>ns</sup>	0,005**	0,736 <sup>ns</sup>
Var	14	0,314 <sup>ns</sup>	0,485 <sup>ns</sup>	0,475 <sup>ns</sup>	0,313 <sup>ns</sup>	0,881 <sup>ns</sup>	0,308 <sup>ns</sup>	0,840 <sup>ns</sup>	0,812 <sup>ns</sup>	0,833 <sup>ns</sup>
Sal x Var	14	0,616 <sup>ns</sup>	0,963 <sup>ns</sup>	0,983 <sup>ns</sup>	0,668 <sup>ns</sup>	0,222 <sup>ns</sup>	0,635 <sup>ns</sup>	0,626 <sup>ns</sup>	0,203 <sup>ns</sup>	0,393 <sup>ns</sup>
Erro	116	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CV (%)		10,82	7,98	9,90	3,67	12,20	18,90	16,96	12,09	9,71

Teste de média ('t' student)										
Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	$F_o$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$Y(II)$	$ETR$	$qL$	$Y(NPQ)$	$Y(NO)$	
0,5	777,94 A	3128,91 A	2351,0 B	0,75 B	0,68 A	29,66 B	0,01 A	0,27 B	0,05 A	
4,5	749,48 B	3178,00 A	2428,5 A	0,76 A	0,65 B	53,10 A	0,01 A	0,30 A	0,05 A	

\*\* significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; <sup>1</sup> dados transformados para raiz quadrada. Letras iguais maiúsculas nas colunas não diferem perante o teste 't' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

## Crescimento e acúmulo de fitomassa

Houve efeito isolado dos níveis de salinidade e das variedades para as variáveis diâmetro do caule e número de folhas (Tabela 8). A irrigação com água de alta salinidade diminuiu em média 14,44 e 50,0% o caule (DC) e o número de folhas (NF), respectivamente, das plantas de feijão-caupi em relação ao controle (Tabela 8). As variedades Boquinha, Ceará, Canapu Miúdo e Ovo de Peru foram as que apresentaram maior DC, enquanto que a variedade Ceará apresentou o maior NF, independentemente do nível de salinidade da água (Tabela 8).

Tabela 8. ANOVA e médias para as variáveis diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

Teste 'F'			
Fontes de Variação	GL	DC (mm)	NF
Bloco	4	0,871 <sup>NS</sup>	0,035*
Sal	1	0,000**	0,000**
Var	14	0,000**	0,000**
Sal x Var	14	0,159 <sup>NS</sup>	0,329 <sup>NS</sup>
Erro	116	--	--
CV (%)		12,97	25,89
Teste de médias			
Variedade		DC (mm)	NF
V1 - Boquinha		10,1 a	15,5 c
V2 - Ceará		9,6 a	22,8 a
V3 - Costela de Vaca		7,9 b	14,0 c
V4 - Lisão		8,2 b	17,7 b
V5 - Canário		8,1 b	16,9 b
V6 - Pingo de Ouro		8,1 b	13,6 c
V7 - Roxão		7,9 b	14,7 c
V8 - Feijão Branco		7,6 b	11,4 c
V9 - Canapu Branco		8,0 b	12,9 c
V10 - Canapu miúdo		9,1 a	16,7 b
V11 - Ovo de Peru		9,2 a	18,9 b
V12 - Baeta		7,9 b	11,4 c
V13 - Coruja		7,9 b	17,7 b
V14 - Paulistinha		7,7 b	13,5 c
V15 - Sempre Verde		8,1 b	16,1 b
Salinidade		DC (mm)	NF
0,5 dS m <sup>-1</sup>		9,0 A	20,8 A
4,5 dS m <sup>-1</sup>		7,7 B	10,4 B

\*\*significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; <sup>1</sup> dados transformados para raiz quadrada. Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Houve interação significativa entre variedades e níveis de salinidade para comprimento do ramo principal ( $p < 0,01$ ) e massa seca da parte aérea ( $p < 0,05$ ) (Tabela 9). O comprimento do ramo principal (CRP) foi reduzido, com variação média entre 26,52 e 63,73%, nas variedades Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Roxão, Canapu Branco, Canapu Miúdo e Baeta, quando irrigadas com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> em relação ao controle (Tabela 9). Dentre as variedades irrigadas com água salina, Ceará, Canário, Roxão e Ovo de Peru tiveram o maior CRP (Tabela 9).



Tabela 9. ANOVA e médias para as variáveis comprimento do ramo principal (CRP) e massa seca da parte aérea (MSPA) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

		Teste 'F'		
Fontes de Variação	GL	CRP (cm)		MSPA (g)
Bloco	4	0,277 <sup>NS</sup>		0,040*
Sal	1	0,000**		0,000**
Var	14	0,000**		0,002**
Sal x Var	14	0,006**		0,015*
Erro	116	--		--
CV (%)		21,31		22,41
Teste de médias				
Variedade	CRP (cm)		MSPA (g)	
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>
V1 - Boquinha	202,4 Ab	169,0 Ab	26,9 Ab	20,4 Ba
V2 - Ceará	253,8 Aa	200,4 Aa	32,8 Aa	13,8 Bb
V3 - Costela de Vaca	266,4 Aa	178,6 Bb	31,7 Aa	13,4 Bb
V4 - Lisão	193,4 Ab	167,0 Ab	23,3 Ab	11,9 Bb
V5 - Canário	222,4 Ab	222,2 Aa	30,5 Aa	17,4 Ba
V6 - Pingo de Ouro	242,8 Aa	162,4 Bb	24,5 Ab	16,6 Ba
V7 - Roxão	276,0 Aa	202,8 Ba	25,8 Ab	21,3 Aa
V8 - Feijão Branco	186,6 Ab	167,0 Ab	26,6 Ab	18,3 Ba
V9 - Canapu Branco	297,4 Aa	165,0 Bb	23,2 Ab	15,9 Bb
V10 - Canapu miúdo	236,6 Aa	148,0 Bb	26,8 Ab	13,4 Bb
V11 - Ovo de Peru	250,6 Aa	247,8 Aa	31,0 Aa	21,3 Ba
V12 - Baeta	228,3 Ab	82,8 Bc	29,1 Aa	17,9 Ba
V13 - Coruja	212,2 Ab	168,0 Ab	27,1 Ab	16,1 Bb
V14 - Paulistinha	213,2 Ab	164,6 Ab	21,8 Ab	11,6 Bb
V15 - Sempre Verde	238,3 Aa	184,0 Ab	32,9 Aa	13,7 Bb

\*\*significativo a 1% (p<0,01); \* significativo a 5% (p<0,05); <sup>NS</sup> não significativo; letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A irrigação com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> reduziu a massa seca da parte aérea (MSPA) em todas as variedades de feijão-caupi, entre 24,16 e 58,36%, em relação às irrigadas com água de 0,5 dS m<sup>-1</sup> (Tabela 9). Na condição de irrigação com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup>, os maiores acúmulos de massa seca na parte aérea (Tabela 9) foram registrados nas variedades Boquinha, Canário, Pingo de Ouro, Roxão, Feijão Branco, Ovo de Peru e Baeta.

## Produção

A interação entre os níveis de salinidade e as variedades de feijão-caupi foi significativa (p<0,01) para o número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes por planta e (NSP) e produção por planta (PP) (Tabela 10).

O número de vagens por planta (NVP), número de sementes por planta (NSP) e a produção por planta (PP) foram reduzidos em até 68,89, 71,96 e 61,26%, em média, respectivamente, na irrigação com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> em relação à água de 0,5 dS m<sup>-1</sup>, em todas as variedades de feijão-caupi, com exceção de Ceará, Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Ovo de Peru e Sempre Verde, que não tiveram a produção por planta (PP) influenciada pela salinidade

(Tabela 10). Entretanto, não houve diferença na PP entre as variedades de feijão-caupi quando irrigadas com água de alta salinidade (Tabela 10).

Tabela 10. ANOVA e médias para as variáveis número de vagens por planta (*NVP*), número de sementes por vargem (*NSV*), sementes por planta (*NSP*) e produção por planta (*PP*) de variedades crioulas de feijão-caupi submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação.

		Teste 'F'							
Fontes de Variação	GL	NVP		NSV		NSP		PP (g)	
Bloco	4	0,409 <sup>NS</sup>		0,037*		0,273**		0,351**	
Sal	1	0,000**		0,222 <sup>NS</sup>		0,000**		0,000**	
GEN	14	0,000**		0,000**		0,000**		0,000**	
SAL x GEN	14	0,005**		0,009**		0,000**		0,003**	
Erro	116	--		--		--		--	
CV (%)		36,64		17,90		37,42		27,27	

		Teste de médias							
Variedade	NVP		NSV		NSP		PP (g)		
	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	0,5 dS m <sup>-1</sup>	4,5 dS m <sup>-1</sup>	
V1 - Boquinha	6,8 Ab	2,8 Ba	11,6 Bb	15,3 Aa	80,5 Ab	42,3 Ba	16,7 Aa	9,8 Ba	
V2 - Ceará	4,8 Ac	2,6 Ba	13,4 Aa	15,0 Aa	63,4 Ac	38,5 Aa	11,2 Ab	7,4 Aa	
V3 - Costela de Vaca	4,2 Ad	3,0 Aa	9,9 Ab	9,3 Ab	42,0 Ac	26,8 Aa	10,5 Ab	7,2 Aa	
V4 - Lisão	4,8 Ac	2,2 Ba	11,9 Ab	13,6 Aa	56,8 Ac	28,3 Ba	15,5 Aa	7,5 Ba	
V5 - Canário	6,0 Ac	2,4 Ba	14,3 Aa	10,0 Bb	83,7 Ab	24,2 Ba	12,9 Ab	5,6 Ba	
V6 - Pingo de Ouro	5,2 Ac	2,4 Ba	13,9 Aa	14,1 Aa	74,2 Ab	33,6 Ba	12,5 Ab	9,9 Aa	
V7 - Roxão	6,2 Ac	2,2 Ba	13,5 Aa	10,5 Bb	82,2 Ab	23,9 Ba	19,1 Aa	7,4 Ba	
V8 - Feijão Branco	9,2 Aa	3,6 Ba	10,5 Ab	10,1 Ab	91,4 Ab	36,3 Ba	16,9 Aa	8,1 Ba	
V9 - Canapu Branco	6,0 Ac	3,0 Ba	13,9 Aa	14,0 Aa	78,6 Ab	36,3 Ba	16,3 Aa	7,1 Ba	
V10 - Canapu miúdo	6,6 Ab	3,0 Ba	14,7 Aa	12,6 Aa	96,8 Ab	37,7 Ba	17,9 Aa	7,3 Ba	
V11 - Ovo de Peru	2,8 Ad	2,4 Aa	11,6 Ab	9,9 Ab	30,8 Ac	23,0 Aa	11,2 Ab	9,6 Aa	
V12 - Baeta	8,6 Aa	3,6 Ba	13,3 Aa	12,9 Aa	113,8 Aa	45,7 Ba	20,1 Aa	9,2 Ba	
V13 - Coruja	8,0 Aa	4,0 Ba	15,1 Aa	12,1 Ba	121,0 Aa	50,0 Ba	18,7 Aa	10,2 Ba	
V14 - Paulistinha	9,0 Aa	2,8 Ba	14,1 Aa	13,0 Aa	126,6 Aa	35,5 Ba	15,7 Aa	7,5 Ba	
V15 - Sempre Verde	3,6 Ad	2,0 Aa	11,8 Ab	13,9 Aa	43,0 Ac	28,0 Aa	12,1 Ab	8,3Aa	

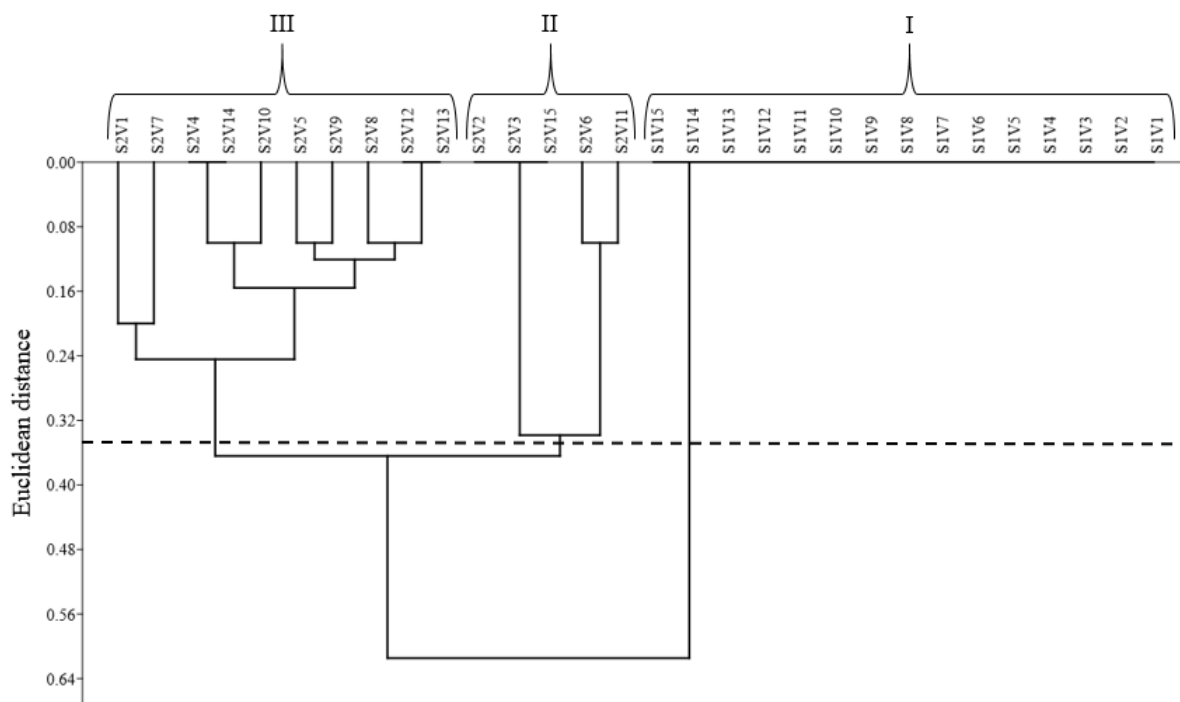
\*\*significativo a 1% ( $p < 0,01$ ); \* significativo a 5% ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo; <sup>1</sup> dados transformados para raiz quadrada. Letras iguais maiúsculas nas linhas e minúsculas na coluna não diferem perante os testes 't' de Student e Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

O número de sementes por vargem (*NSV*) das variedades Canário, Roxão e Coruja foram reduzidos em até 30,07% pela irrigação com água salina, entretanto, o *NSV* da variedade Boquinha foi incrementado em 31,90% no estresse salino em relação ao controle (Tabela 10).

### Tolerância à salinidade

Na análise de agrupamento, tomando-se por base a Distância Euclidiana de 0,35 na formação de três grupos de combinações entre níveis de salinidade (*S*) e variedades de feijão-caupi (*V*) (Figura 1), o primeiro grupo (I) foi caracterizado pelas 15 variedades de feijão-caupi irrigadas com água de baixa salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>). Nos grupos II e III foram agrupadas aquelas irrigadas com água de alta salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>). No grupo dois (II) estão as variedades Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará. No terceiro grupo (III) estão

as variedades Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão e Boquinha (Figura 1).



S1 - Baixa salinidade (0,5 dS m<sup>-1</sup>); S2 - Alta salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>); Boquinha; Ceará; Costela de Vaca; Lisão; Canário; Pingo de Ouro; Roxão; Feijão Branco; Canapu Branco; Canapu Miúdo; Ovo de Peru; Baeta; Coruja; Paulistinha; Sempre Verde.

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (S) e variedades (V) de feijão-caupi

## 4. DISCUSSÃO

### Salinidade do solo

A irrigação com água de 4,5 dS m<sup>-1</sup> aumentou a CEes de 1,3 a 2,0 vezes a CEes tolerada pela cultura do feijão-caupi (4,8 dS m<sup>-1</sup>) (Ayers & Westcot, 1985), indicando que, possivelmente, todas as variedades de feijão-caupi estavam em condição de estresse salino. O comportamento é semelhante ao que ocorre em áreas irrigadas, onde são usadas baixas frações de lixiviação, e a salinidade do solo no final do ciclo é influenciada pelo maior nível de salinidade da água de irrigação (Carvalho et al., 2016; Lima et al., 2017).

Os valores mais altos de CEes foram encontrados no solo contido nos vasos em que foram cultivadas as plantas das variedades com maior acúmulo de MSPA (Canário e Roxão). Este comportamento está relacionado à variabilidade aos mecanismos de tolerância à salinidade (Munns, 2002), a exemplo de restrição do consumo de água, absorção seletiva de sais, como também, exclusão de sais na zona radicular. Por sua vez, os menores valores de CEes foram verificados no solo contido nos vasos em que foram cultivadas as plantas das variedades com menor acúmulo de MSPA (Costela de Vaca, Lisão, Canapu Miúdo e Paulistinha), estando

relacionado com a compartimentalização de íons no vacúolo e a absorção não seletiva de íons nas variedades mais sensíveis.

### **Trocas gasosas**

A irrigação com água de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu a taxa fotossintética ( $A_N$ ) das variedades Boquinha, Roxão, Feijão Branco, Canapu Miúdo, Coruja e Paulistinha. Nestas variedades, as reduções na  $A_N$  estão relacionadas aos fatores de ordem estomática, em que a redução da condutância estomática limitou o influxo de  $\text{CO}_2$  e, conseqüentemente, a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) na câmara subestomática, reduzindo a transpiração e a absorção de água pela planta. A redução da condutância estomática nessas variedades ocorre devido ao aumento da concentração de sais no solo e conseqüente redução do potencial osmótico e hídrico do mesmo, provocando toxicidade por íons específicos (Leite et al., 2017; Sá et al., 2019). O estresse salino ocasiona dificuldade na absorção de água do solo pela planta, e esta, conseqüentemente, tende a reduzir a perda de água, fechando os estômatos e reduzindo a transpiração (Andrade et al., 2018; Sá et al., 2018).

As reduções da  $A_N$  nas variedades Boquinha, Feijão Branco, Canapu Miúdo, Coruja e Paulistinha também estão relacionadas a fatores de ordem não-estomática, já que houve reduções na  $E_iC_i$ , indicativo de redução na atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RuBisCO), em condições de estresse, como a falta de trifosfato de adenosina (ATP) e de fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina reduzida (NADPH) provenientes da cadeia transportadora de elétrons do fotossistema II (Galmés et al., 2013; Sá et al., 2018).

As variedades Ceará, Canário, Pingo de Ouro, Canapu Branco, Baeta e Sempre Verde aumentaram a  $A_N$  em condições de estresse salino. O aumento da produção de fotoassimilados em condições de estresse salino melhora o aporte energético da planta, e permite que esta expresse mecanismos de tolerância com gasto de energia, como a compartimentalização de íons no vacúolo e a exclusão de íons específicos, visando a homeostase iônica (Gupta & Huang, 2014; Sá et al., 2015).

Nas variedades Ceará, Canário, Pingo de Ouro e Sempre Verde o aumento de  $A_N$  coincide com aumentos na  $g_s$ , aumentando o influxo de  $\text{CO}_2$ , a transpiração e conseqüentemente absorção de água. O aumento da perda de água por transpiração ocasiona redução do potencial hídrico da raiz, e é um mecanismo da planta de vencer o estresse osmótico e absorver água. Nas variedades Pingo de Ouro, Canapu Branco, Baeta e Sempre Verde o aumento de  $A_N$  coincide com aumentos na  $E_iU_A$  e  $E_iC_i$ , com melhorias no uso da água e aumento da atividade da RuBisCO. Entretanto, na variedade Canapu Branco o aumento de  $A_N$

coincide, também, com a diminuição da  $g_s$  e da  $E$ , nesse caso houve restrição no consumo de água devido alta concentração de sais e melhorias no uso água (EiUA) e aumento da atividade da RuBisCO (EiCi).

A  $A_N$  das variedades Costela de Vaca, Lisão e Ovo de Peru não foi influenciada pela salinidade, porém, a  $EiUA$  destas variedades aumentou, devido à redução da transpiração. O acúmulo de sais no solo prejudica a absorção de água pelas plantas de feijão-caupi, sendo a redução da transpiração uma estratégia para diminuir as perdas de água (Andrade et al., 2018; Sá et al., 2018).

### **Fluorescência da clorofila**

Não houve diferenciação quanto aos parâmetros de emissão da fluorescência da clorofila entre as variedades, significando terem comportamentos semelhantes quanto à atividade fotoquímica.

Os incrementos na  $F_v$  e na  $ETR$  nas variedades de feijão-caupi em condição de estresse salino, em relação ao tratamento controle, indicam aumento na capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons excitados das moléculas de clorofila para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr). Esse aumento na transferência de energia foi vital para evitar a redução ou ampliar a fotossíntese em condições de estresse salino, uma vez que a eficiência quântica do fotossistema II ( $Y(II)$ ) das variedades de feijão-caupi foi reduzida pelo estresse salino, indicando redução na fração de energia absorvida pelas clorofilas no PSII (Santos et al., 2020). Todavia, apesar desse mecanismo de aumentar a transferência de energia fotoquímica, algumas variedades sensíveis ao estresse salino, a exemplo das variedades Boquinha, Roxão, Feijão Branco, Canapu Miúdo, Coruja e Paulistinha sofreram reduções na  $A_N$  e  $EiCi$ .

As plantas de feijão-caupi aumentaram a capacidade fotoprotetora sob condições de estresse salino, devido ao aumento no rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y_{(NPQ)}$ ), pela dissipação da energia na forma de calor por meio do ciclo de xantofila (Stirbet & Govindjee, 2011). Esse mecanismo de fotoproteção foi eficiente para o feijão-caupi, uma vez que em condições de estresse salino, os valores de  $F_v/F_m$  estão acima de 0,75, indicando ausência de degradação do aparato fotossintético das plantas (Sá et al., 2015). Os valores de  $F_o$  foram menores no estresse salino que no tratamento controle, confirmando que não há danos nos centros de reação do PSII (Santos et al., 2020).

## **Crescimento, acúmulo de fitomassa e produção**

Apesar das estratégias de aclimação das plantas como melhorias na  $A_N$ ,  $EiUA$  e  $EiCi$ , o crescimento, o acúmulo de biomassa e a produção das variedades de feijão-caupi foram reduzidos sob estresse salino, principalmente o comprimento do ramo principal das variedades Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Roxão, Canapu Branco, Canapu Miúdo e Baeta, caracterizadas por apresentar porte prostrado e semiprostrado e hábito de crescimento indeterminado. O menor crescimento ocorre devido à redução na estabilidade energética, devido ao decréscimo em  $Y_{III}$  pelo estresse salino. Lacerda et al. (2011) relataram que a redução da biomassa em plantas de feijão-caupi sob estresse salino é relacionada ao desvio de energia em reflexo do custo metabólico para a sua aclimação.

O estresse salino provoca alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, e como exemplo de estratégia de adaptação à condição adversa está a redução no número de folhas e o encurtamento dos ramos, refletindo na redução da transpiração, como alternativa para manter a absorção de água (OLIVEIRA et al., 2013; Carvalho et al., 2016).

Apenas a variedade Roxão não teve a  $MSPA$  influenciada pela salinidade, entretanto a mesma foi destacada no grupo das sensíveis, pois, seu investimento em biomassa comprometeu a produção de grãos. A redução do crescimento e acúmulo de biomassa do feijão-caupi sob estresse salino é constatada por vários autores como Aquino et al. (2017), Lima et al. (2017), Pereira et al. (2019) e Sá et al. (2019). A redução do crescimento e do acúmulo de biomassa fazem parte do processo de aclimação das plantas de feijão-caupi com potencial de tolerância ao estresse salino, visando garantir a produção e perpetuação da espécie. Nesse sentido, as variedades como Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará tiveram o crescimento e acúmulo de biomassa reduzidos, mas apresentaram os maiores rendimentos relativos na produção quando comparado ao tratamento controle.

Foi constatada redução ( $p < 0,05$ ) na produção de grãos das variedades de feijão-caupi sob estresse salino, com exceção das variedades Ceará, Costela de Vaca, Pingo de Ouro, Ovo de Peru e Sempre Verde. A redução na absorção de água, aliada à toxicidade de íons específicos e os efeitos provocados pelos sais na fisiologia da planta são responsáveis pela redução do crescimento e produção do feijão-caupi (Oliveira et al., 2017; Sá et al., 2018). O estresse causado pelo acúmulo de sais na planta provoca diminuição na emissão de ramos reprodutivos, além de aumentar a taxa de abortamento (Furtado et al., 2014; Carvalho et al., 2016). Todas as variedades reduziram o número de vagens emitidas na condição de estresse salino, entretanto as variedades Ceará, Pingo de Ouro e Sempre Verde aumentaram o número de sementes por vagem, compensando a produção final de grãos.

## **Tolerância à salinidade**

A partir da análise de agrupamento, observa-se heterogeneidade entre as plantas submetidas à irrigação com água salina, em que as variedades Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará tiveram valores de MSPA e produção de grãos similares, em relação a todas as variedades sob o tratamento controle, indicando tolerância na condição de alta salinidade da água de irrigação.

Estes resultados contrastam com pesquisas realizadas com variedades convencionais de feijão-caupi sob estresse salino, como as realizadas por Silva et al. (2013) (EPACE 10); Brito et al. (2015) (MNC04-762F-9, MNC04-762F-3, MNC04-762F-21, MNC04-769F-62 e MNC04-765F-153); Sousa et al. (2018) (IPA-206 e BRS Guariba); Furtado et al. (2014) (BRS Pajeu); Aquino et al. (2017) (BRS Imponente, MNC04-795F-168 e MNC04-795F-161); Prazeres et al. (2015) (CE 790 e CE 104); Silva et al. (2017) (BRS Guariba e BRS Marataoã); Sousa et al. (2013) (BRS Pajeú) e Sousa et al. (2014) (BRS Itaim), os quais registraram que estas variedades convencionais são sensíveis à alta salinidade da água de irrigação (5,0; 4,8; 5,0; 4,5; 6,4; 5,0; 6,0; 4,5 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente). Este fato pode admitir como verdadeira a hipótese de que as variedades crioulas possuem maior tolerância ao estresse salino em relação às variedades convencionais, porém, para tal há a necessidade de realização de estudos em campo.

Já as variedades Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu Branco, Canário, Canapu Miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão e Boquinha tiveram valores mais distantes dos valores das variedades sob o tratamento controle, indicando serem estas variedades sensíveis à alta salinidade da água de irrigação. Resultados semelhantes foram verificados em outros estudos com variedades crioulas, como Sempre Verde (Fonseca et al., 2016), Canapu (Pereira et al., 2019) e Paulistinha (Lima et al., 2017; Sá et al., 2019), sendo estas sensíveis à alta salinidade da água de irrigação (4,2; 4,4 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente).

## **5. CONCLUSÕES**

A redução da taxa fotossintética das variedades de feijão-caupi ocorre principalmente pela redução na condutância estomática provocada pelo estresse salino.

O estresse salino aumenta a capacidade de transferência de energia do fotossistema II das variedades de feijão-caupi, aumentando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e a eficiência instantânea de carboxilação das variedades mais tolerantes ao estresse salino.

As variedades Ovo de Peru, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Costela de Vaca e Ceará têm os melhores desempenhos fisiológicos e de produção na condição de estresse salino, sendo, portanto, variedades tolerantes à salinidade.

As variedades Coruja, Baeta, Feijão Branco, Canapu branco, Canário, Canapu miúdo, Paulistinha, Lisão, Roxão e Boquinha possuem os piores desempenhos fisiológicos e de produção na condição de estresse salino, sendo, portanto, variedades sensíveis à salinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, J. R. de; Maia Júnior, S. de O.; Silva, R. F. B. da; Barbosa, J. W. da S.; Nascimento, R. do; Alencar, A. E. V. de. Trocas gasosas em genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2653-2660, 2018.

Aquino, J. P. A. de; Bezerra, A. A. de C.; Alcântara Neto, F. de; Lima, C. J. G. de S.; Sousa, R. R. de. Morphophysiological responses of cowpea genotypes to irrigation water salinity. Revista Caatinga, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1001-1008, 2017. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n421rc>

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2ª ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p.

Brito, K. Q. D.; Nascimento, R. do; Santos, J. E. A.; Silva, I. A. C.; Dantas Junior, G. J. Componentes de produção de genótipos de feijão-caupi irrigados com água salina. Revista Verde, Pombal, v. 10., n. 4, p. 01 - 05, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3620>

Carvalho, J. F.; Silva, E. F. F.; Silva, G. F.; Rolim, M. M.; Pedrosa, E. M. R. Production components of *Vigna unguiculata* (L. Walp) irrigated with brackish water under different leaching fractions. Revista Caatinga, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 966 - 975, 2016. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n422rc>

Ferreira, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

Fonseca, V. A.; Brito, C. F. B.; Bebé, F. V.; Arantes, A. de M.; Santos, L. G. dos. Feijão-caupi irrigado com água salina e adubado com esterco bovino. Engenharia na agricultura, Viçosa, v.24 n.5, 2016. doi: <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i5.714>

Furtado, G. de F.; Sousa Júnior, J. R. de; Xavier, D. A.; Andrade, E. M. G.; Sousa, J. R. M. de. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v.9, n. 2, p.291-299, 2014.

Galmés, J.; Aranjuelo, I.; Medrano, H.; Flexas, J. Variation in Rubisco content and activity under variable climatic factors. Photosynthesis Research, v. 117, n. 1-3, p. 73-90, 2013. doi: 10.1007/s11120-013-9861-y



Gupta, B.; Huang, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, v. 2014, n. 1, p.1-18, 2014. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/701596>

Kramer, D. M.; Johnson, G.; Kiirats, O.; Edwards, G. E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, v. 79, n. 2, p. 209-218, 2004. doi: 10.1023/B:PRES.0000015391.99477.0d

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, n.4, p.663-675, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400005>

Leite, J. V. Q.; Fernandes, P. D.; Oliveira, W. J. de; Souza, E. R. de; Santos, D. P. dos; Santos, C. S. dos. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/320917811>

Lima, Y. B. de; Sá, F. V. da S.; Ferreira Neto, M.; Paiva, E. P. de; Gheyi, H. R. Accumulation of salts in the soil and growth of cowpea under salinity and phosphorus fertilization. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 48, n. 5, p. 765-773, 2017. doi: 10.5935/1806-6690.20170089

Melo, A. S. de; Silva, A. R. F. da; Dutra, A. F.; Dutra, W. F.; Brito, M. E. B.; Sá, F. V. da S. Photosynthetic efficiency and production of cowpea cultivars under deficit irrigation. *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, vol. 13, n. 5, e2133, 2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente.2133>

Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v. 25, n.1, p. 239-250, 2002. doi: <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. p. 189-254.

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*, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p314-329>

Oliveira, F. de A. de; Medeiros, J. F. de; Oliveira, M. K. T. de; 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, n. 5, p. 465-471, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500001>

Oxborough, K.; Baker, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. *Plant, Cell and Environment*, v. 20, n. 12, p. 1473-1483, 1997. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1997.d01-42.x>

Pereira, E. D.; Marinho, A. B.; Ramos, E. G.; Fernandes, C. N. D.; Borges, F.R. M.; Adriano, J. de N. J. Saline stress effect on cowpea beans growth under biofertilizer correction. *Bioscience*

Journal, Uberlândia, v. 35, n. 5, p. 1328-1338, 2019. doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n5a2019-42387>

Porto Filho, F. de Q.; Medeiros, J. F. de; Sousa Neto, E. R. de; Gheyi, H. R.; Matos, J. de A. de. Viabilidade da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 453-459. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000200015>

Praxedes, S. S. C.; Sá, F. V. da S.; Ferreira Neto, M.; Loiola, A. T.; Reges, L. B. L.; Jales, G. D.; Melo, A. S. de. Tolerance of seedlings traditional varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to salt stress. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 41, n. 5, suplemento 1, p. 1963-1974, 2020. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n5Supl1p1963

Prazeres, S. da S.; Lacerda, C. F. de; Barbosa, F. E. L.; Amorim, A. V.; Araújo, I. C. da S.; Cavalcante, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2161>.

Sá, F. V. da S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. de. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira "Sunki Comum" sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015. doi: 10.14295/CS.v6i4.1121

Sá, F. V. da S.; Ferreira Neto, M.; Lima, Y. B. de; Paiva, E. P. de; Prata, R. C.; Lacerda, C. F.; Brito, M. E. B. Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 9, n. 4, p. 668-679, 2018. doi: <https://doi.org/10.14295/cs.v9i4.2763>

Sá, F. V. da S.; Ferreira Neto, M.; Lima, Y. B. de; Paiva, E. P. de; Silva, A. C. da; Dias, N. da S.; Souza, F. M. de; Melo, A. S. de; Moreira, R. C. L.; Silva, L. de A. Phytomass accumulation and mineral composition of cowpea (*Vigna unguiculata*) under salt stress and phosphate fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n. 7, p. 1149-1154, 2019. doi: 10.21475/ajcs.19.13.07.p1662

Sá, F. V. S.; Nascimento, R. do; Pereira, M. de O.; Borges, V. E.; Guimaraes, R. F. B.; Ramos, J. G.; Mendes, J. da S.; Penha, J. L. da. Vigor and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes under salt stress. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 33, p. 1488-1494. 2017. doi: <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n6a2017-37053>

Sá, F. V. da S.; Paiva, E. P. de; Torres, S. B.; Brito, M. E. B.; Nogueira, N. W.; Frade, L. J. G.; Freitas, R. M. O. de. Seed germination and vigor of different cowpea cultivars under salt stress. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 7, p. 450-455. 2016. doi: <https://doi.org/10.14295/cs.v7i4.1541>

Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araujo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5 ed., rev. e ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

Santos, S. T. dos; Oliveira, F. de A. de; Oliveira, G. B. S.; Sá, F. V. da S.; Costa, J. P. B. de M.; Fernandes, P. D. Photochemical efficiency of basil cultivars fertigated with salinized nutrient

solutions. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 24, n. 5, p. 320-325, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n5p319-324>

Silva, A. F.; Silva Júnior, E. G.; Lima, J. S.; Suassuna, S. C.; Maia, J. M. Tolerância do feijão-caupi ao estresse salino sob marcadores fenológicos. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. Natal-RN. COINTER. PDVAgro 2017.

Silva, F. L. B. da; Lacerda, C. F. de; Neves, A. L. R.; Sousa, G. G. de; Sousa, C. H. C. de; 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, n. 2, p. 304-317, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p304>

Sousa, L. V. de; Ribeiro, R. M. P.; Santos, M. G. dos; Oliveira, F. S. de; Ferreira, H.; Gerônimo, F. R. R.; Araújo, A. G. R.; Silva, T. I. da; Barros Júnior, A. P. Physiological Responses of Cowpea (*Vigna unguiculata*) Under Irrigation With Saline Water and Biostimulant Treatment. Journal of Agricultural Science; Vol. 10, No. 12; 2018. doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n12p24>

Sousa, G. G. de; Viana, T. V. de A.; Lacerda, C. F. de; Azevedo, B. M. de; Silva, G. L. da; Costa, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i3.1824>

Sousa, J. R. M. de; Andrade, E. M. G.; Furtado, G. de F.; Soares, L. A. dos A.; Silva, S. S. da; Sousa Júnior, J. R. de. Crescimento vegetativo do feijão caupi sob doses de nitrogênio irrigado com águas salinas. ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, Patos-PB, v.9, n.3, p 94-98, 2013.

Stirbet, A.; Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, v.104, n. 1-2, p.236-257, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>