

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

STELLA DA SILVA PRAZERES

**RESPOSTAS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS DE DUAS CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E POTÁSSIO NO
SOLO**

FORTALEZA/CEARÁ

2012

STELLA DA SILVA PRAZERES

**RESPOSTAS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS DE DUAS CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E POTÁSSIO NO
SOLO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA/CEARÁ

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- P931r Prazeres, Stella da Silva.
Respostas biométricas e fisiológicas de duas cultivares de feijão-de-corda sob irrigação com água salina e potássio no solo / Stella da Silva Prazeres. – 2012.
95 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2012.
Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
1. Feijão-de-corda – Irrigação. 2. Salinidade. 3. Plantas – Efeito do potássio. I. Título.

CDD 631.4

STELLA DA SILVA PRAZERES

**RESPOSTAS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS DE DUAS CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E POTÁSSIO NO
SOLO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Claudivan Feitosa de Lacerda, Dr. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Lourival Ferreira Cavalcante, Dr. (Co-Orientador)
Universidade Federal da Paraíba – UPB

Aiala Viera Amorim, Dra. (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará – UFC

À minha família: Avós, tios, primos. Tia Marlene (*in memoriam*), pelas orações e palavras de carinho.

OFEREÇO

Durante essa caminhada tão impressionante, gratificante e um pouco assustadora, entender o que de mais importante precisamos levar nessa vida, é o segredo para saber viver. Saber viver dentro de todos os diversos ambientes sem esquecer da personalidade forte que nos foi imposta na nossa casa, saber escolher com sabedoria para onde vão os nossos passos e em cima disso, vivenciar igualmente tanto com a pessoa que limpa por onde passamos quanto a que lava as mãos após apertar as nossas. Com isso, aos meus pais (Alcides Prazeres e Lucia Prazeres), exponho toda minha gratidão, pois sempre acreditaram em mim e me ensinaram que a busca pela vitória só deve ser esquecida por quem não sabe encerrar etapas.

Aos meus irmãos: Celina Prazeres e Alcides Prazeres, por serem meus companheiros e amigos fiéis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor, meu Rei e meu Pastor por ter me guiado, me ajudado a enfrentar todos os momentos de solidão e de medo. Ao meu Deus que está sempre ao meu lado e ao lado de todos que eu amo;

Ao professor Claudivan Feitosa de Lacerda, por toda paciência, confiança e amizade quando precisei também de um ombro amigo, todo o meu respeito e lealdade;

Ao professor Lourival Ferreira Cavalcante, por sempre está disponível em me ajudar e me tratar como parte de sua equipe, meu respeito e lealdade;

Ao professor Walter Efraim, pelo auxílio com as análises estatísticas;

Aos amigos de toda vida: Corrinha, Vanessa, Claudia, Savério, Juninho, Alexandre, Moisseth, Saulo, Celina, Helena, Georgia, Sherly, Juliana Simões, Lécio Júnior, pelas palavras de carinho, otimismo, e orações, meu respeito e lealdade;

A todos os amigos e companheiros do curso de mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, que compartilharam na minha formação e ficarão sempre guardados no meu coração, em especial: Isabel, Carol, Edineide, Karísia, Priscilla, Hermes, José Wilson, Ailton, Bruno, Rafaela Watanabe, Daniel, Girlaine, José Augusto, Alide, Gabriel, Leo, Regis Pinheiro, Regis, Roni, José Filho, Hernades, Jardelson, Luciano, Krisna, Geocleber, Luiz, Robervânia, Aiala e Alan.

Aos Funcionários, que estavam sempre disponíveis em nos auxiliar, em especial, Edilson, Antônio José, Geórgia, Franzé, Fátima e Aldo.

Aos Professores do curso de Mestrado pelas orientações e auxílios.

Ao CNPq e ao INCTSal - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade que financiaram, minhas despesas durante todo o curso e as análises necessárias.

Obrigada!

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Resumo das análises de variância para comprimento da haste principal (CHP), comprimento da raiz principal (CRP), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 37
- Tabela 2: Resumo das análises de variância para comprimento da raiz principal (CRP), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da haste principal (MSHP) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 42
- Tabela 3: Resumo das análises de variância para matéria seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPR) e número de nódulos (NN) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.... 45
- Tabela 4: Resumo das análises de variância para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e sódio (Na) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 49
- Tabela 5: Resumo das análises de variância para sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 54
- Tabela 6: Resumo das análises de variância para ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 57
- Tabela 7: Resumo das análises de variância para clorofila (CLOR), fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) e concentração interna de carbono (Ci) das folhas de feijão-decorda submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.... 61
- Tabela 8: Resumo das análises de variância para transpiração (E) e temperatura foliar (Tfolha) das folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 66
- Tabela 9: Resumo das análises de variância para número de vagens (NV), comprimento das vagens (CV), diâmetro das vagens (DV) e massa seca das vagens (MSV) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 68
- Tabela 10: Resumo das análises de variância para massa de sementes (MS) e número de sementes (NS) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio..... 72
- Tabela 11: Resumo das análises de variância para volume drenado (VD) e teores de sódio (Na), avaliados aos 25DAP (1) e aos 50 DAP (2) nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE790 e CE 104 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo..... 74
- Tabela 12: Resumo das análises de variância para potássio (K) aos 25 (1) e aos 50 DAP (2) nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE104 e CE790 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo..... 78

Tabela 13: Resumo das análises de variância para condutividade elétrica (CEa) e potencial hidrogeniônico (pH), avaliados aos 25DAP (1) e aos 50 DAP (2), nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE790 e CE104 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo..... 81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Preparo do substrato utilizado no experimento, composto de areia lavada e composto orgânico numa proporção de 3:1, respectivamente.....	28
Figura 2: Substrato pronto para o semeio (A); Camada de brita n ^o 1 para auxiliar na drenagem da água de irrigação (B)..	29
Figura 3: Distribuição das sementes nos vasos.....	29
Figura 4: Desbaste das plantas e início da irrigação com águas salinas..	30
Figura 5: Volumes de água drenada para avaliação química..	31
Figura 6: Visitação de <i>Spodoptera eridania</i> na haste principal e nas folhas de feijão-de-corda..	31
Figura 7: Pulverizações no controle de insetos , ácaros e doenças.....	32
Figura 8: Aplicação de cal para controle de caramujo (<i>Achatina fulica</i>).....	32
Figura 9: Medição de diâmetro da haste principal.....	33
Figura 10: Nódulos nas raízes de feijão..	33
Figura 11: Clorofilômetro (SPAD – 502).....	34
Figura 12: Comprimento da haste principal – CHP das cultivares CE790 (A) e CE 104 (B) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	37
Figura 13: Comprimento da raiz principal – CRP de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K – g vaso ⁻¹) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹)... ..	38
Figura 14: Área foliar (AF- cm ²) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	39
Figura 15: Diâmetro do caule (DC) de plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	40
Figura 16: Matéria seca da raiz –MSR (A), das cultivares CE790 (___) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e matéria seca da raiz – MSR (B) em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	42
Figura 17: Matéria seca da haste principal das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – dS m ⁻¹ (B).....	43

Figura 18: Matéria seca da parte aérea das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – dS m^{-1} (B)..	44
Figura 19: Matéria seca total (MST) das cultivares CE790(—) e CE104 (---) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – CE dS m^{-1} (B).	45
Figura 20: Relação parte aérea/raiz (RPR) da cv. CE104(C) das plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	46
Figura 21: Número de nódulos de plantas de feijão-de-corda (NN) da cultivar CE790 (A), em função das doses de potássio e da salinidade da água (dS m^{-1}) e da cultivar CE104 (B), em função das doses de potássio no solo.....	47
Figura 22: Teores de Nitrogênio (A) e Fósforo (B) nas folhas das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$)	50
Figura 23: Teores de potássio – POT, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	51
Figura 24: Teores de Sódio – Na nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	52
Figura 25: Relação entre os teores de Sódio (—) e Potássio (---) nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K)....	53
Figura 26: Teores de cálcio (Ca) nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	55
Figura 27: Teores de e magnésio (Mg) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).	56
Figura 28: Teores de Manganês – Mn, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e dos níveis de salinidade.	58
Figura 29: Teores de Cobre – Cu, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	58
Figura 30: Teores de Zinco - Zn (A e B) e Ferro - Fe (C), nas folhas das cultivares CE790 e CE104, respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($\text{CE} - \text{dS m}^{-1}$).....	59

Figura 31: Clorofila (CLOROF.) em plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	62
Figura 32: Valores de fotossíntese - A -µmol m ⁻² s ⁻¹ das plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	63
Figura 33: Condutância estomática – g _s -mol m ⁻² s ⁻¹ das cultivares CE790 (A) e CE704 (B) respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	64
Figura 34: Carbono intracelular - Ci – PPM das cultivares CE790 (A) e CE704 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (dS m ⁻¹)..	65
Figura 35: Transpiração (E) em folhas de feijão-de-corda irrigadas com águas salinas em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	67
Figura 36: Temperatura foliar - Tfolha (A e B) em folhas das cultivares CE790 e CE704 de feijão-de-corda irrigadas com águas salinas	67
Figura 37: Número de vagens (A) das cultivares CE 790 (___) e CE104 (----) em função das doses de potássio (K) e da interação potássio x salinidade (B).....	69
Figura 38: Comprimento das vagens das plantas de feijão-de-corda das cultivares CE790 e CE104).	70
Figura 39: Diâmetro das vagens das cultivares CE 790 (___) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água (B)..	71
Figura 40: Matéria seca das vagens das plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	71
Figura 41: Massa das sementes – MS de plantas de feijão-de-corda em função dos níveis de salinidade	73
Figura 42: Número de sementes – MS das variedades CE 790 (___) e CE 104 (---) de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	73
Figura 43 Volume das águas de drenagem aos 25 DAP das plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	75
Figura 44: Volume das águas de drenagem das cultivares CE790 (A) e CE704 (B) aos 50 DAP das plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (K) da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	76
Figura 45 Teores de sódio (Na ⁺) das águas de drenagem aos 50 DAP das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D), respectivamente de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m ⁻¹).....	45

Figura 46: Teores de potássio (K^+) das águas de drenagem aos 25 DAP (A e B) e aos 50 DAP (C e D) das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D) de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($CE - dS m^{-1}$)..... 79

Figura 47: Condutividade Elétrica (CEa) das águas de drenagem aos 25 DAP (A e B) e aos 50 DAP (C e D) das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D) de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($CE - dS m^{-1}$)..... 82

Figura 47: Potencial Hidrogeniônico (pH) das águas de drenagem aos 50 DAP de plantas feijão-de-corda, em função da salinidade da água ($CE - dS m^{-1}$)..... 83

RESPOSTAS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS DE DUAS CULTIVARES DE FEIJÃO-DE-CORDA SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA E POTÁSSIO NO SOLO

RESUMO

A intensidade do estresse causado pela salinidade nas culturas irá depender principalmente, do nível de tolerância da espécie vegetal e das formas de manejo utilizadas. O feijão-de-corda é uma cultura de importância econômica, no entanto apresenta sensibilidade ao estresse salino. Dessa forma, objetivou-se avaliar as respostas biométricas, fisiológicas e produtivas de duas cultivares de feijão-de-corda, submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Setor de Agrometeorologia da Universidade Federal do Ceará. Foram utilizadas sementes de duas cultivares de feijão-de-corda (CE790 e CE104), as quais foram submetidas a níveis crescentes de salinidade, utilizando água de irrigação com condutividade elétrica (CEa) de 0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹ e doses crescentes de potássio, utilizando 0,5, 1,0 2,0 e 4,0 g vaso⁻¹ de Cloreto de Potássio. Após coleta os dados foram submetidos a análises estatísticas. O aumento da salinidade na água de irrigação não prejudicou o crescimento radicular das cultivares, por outro lado, a área foliar reduziu linearmente a cada incremento salino. A cultivar CE104 apresentou maior inibição à acumulação de Na⁺ com adição de potássio. A salinidade afetou as trocas gasosas, das plantas de feijão-de-corda. Com a aplicação de potássio houve uma menor perda hídrica e maior lixiviação de Na⁺ nas plantas de feijão-de-corda sob estresse.

Palavras-Chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Salinidade. Adubação potássica. Perda de nutrientes

BIOMETRICAL AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF TWO CULTIVARS COWPEA UNDER IRRIGATION WITH SALINE WATER AND POTASSIUM IN THE SOIL

ABSTRACT

The strength of the stress caused by salinity in crops will depend largely on the level of tolerance of plant species and ways to employed management. The cowpea is an of economic importance crop, however has sensitivity to salinity. This way, objective was to assess the responses biometric, physiological na production of two cultivars of cowpea, subject to irrigation with saline water and doses of potassium. The Experiment was carried in a protected environment at the experimental area the Sector of Agrometeorology, Federal University of Ceará. The seeds used were two cultivars of cowpea (CE790 and CE104), which were subject to increasing salinity levels, used irrigation water with electric conductivity (Eca) of 0,8; 2,2; 3,6 and 5,0 dS m⁻¹ and increasing doses of potassium using 0,5; 1,0; 2,0 and 4,0 g pot⁻¹ of potassium chloride. After collect the data was submitted to statistical analysis. The increase in the salinity in irrigation water did not impair to root growth of cultivars, however, the leaf área linearly reduced to each increase saline. The cultivar CE104 had highest inhibition to accumulation of Na⁺ with the addition of potassium. Gas exchanges been affected the effect of the salinity. As potassium application there was less water loss and higher leach of Na⁺ in cowpea plants under stress.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Salinity. Potassium fertilizer. Nutrient loss

Sumário

1.0.INTRODUÇÃO	16
2.0. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1.Cultura do feijão-de-corda	18
2.2. Salinidade e fertilização potássica	20
2.2.1. Efeito da interação salinidade x fertilização potássica	22
2.2.1.1. No crescimento.....	23
2.2.1.2. Na fisiologia	24
2.2.1.3. Na produção de nutrição mineral.....	25
3.0. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1.Localização do Experimento	28
3.2. Substrato.....	28
3.3. Material Vegetal	29
3.4. Tratamento e Delineamento Experimental.....	30
3.5. Preparo das águas e Condução do Experimento.....	30
3.6. Análises	32
3.6.1 Análises de crescimento.....	33
3.6.2 Análises nutricionais das folhas	34
3.6.3 Análises fisiológicas	34
3.6.4 Análises de produção	35
3.6.5 Análises do lixiviado.....	35
3.7.Análises Estatísticas.....	35
4.0.RESULADOS E DISCUSSÃO	36
4.1.Análises de Crescimento	36
4.1.1. Comprimento da haste principal, raiz principal, área foliar e diâmetro do caule ...	36
4.1.2. Produção de matéria seca da raiz, haste principal, parte aérea.....	41
4.1.3. Produção de matéria seca total, relação parte aérea/raiz e numero de nódulo	45
4.2.Análise Nutricional das Folhas.....	49
4.2.1. Fósforo e nitrogênio, potássio e sódio.....	49
4.2.2. Cálcio e magnésio	54
4.2.3. Manganês, cobre, zinco e ferro.....	57
4.3.Análises fisiológicas	61
4.3.1. Teores de clorofila	61

4.3.2. Fotossíntese, condutância estomática e concentração interna de carbono	63
4.3.3. Transpiração e temperatura foliar	66
4.4. Análises de produção	68
4.4.1. Número, comprimento, diâmetro e matéria seca de vagens de feijão-de-corda	68
4.4.2. Massa e número de sementes	72
4.5. Análises das águas drenadas.....	74
4.5.1. Volume do lixiviado	74
4.5.2. Sódio.....	77
4.5.3. Potássio.....	78
4.5.4. Condutividade elétrica (dS m ⁻¹).....	81
4.5.5. Potencial hidrogeniônico (pH).....	83
5.0. CONCLUSÕES	84
6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

1.0. INTRODUÇÃO

O feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), segundo Taffouo et al. (2009) é uma leguminosa de elevado conteúdo proteico (20 a 28%), tem capacidade de fixar biologicamente nitrogênio, se desenvolvendo e produzindo em solo de média fertilidade, como discutido por Silva et al. (2011a). É uma leguminosa de grande expressão econômica no Nordeste, fazendo parte da dieta alimentar da maioria das famílias, constituindo uma excelente fonte de proteínas e carboidratos de baixo custo (ANDRADE JÚNIOR, 2000). O feijão-de-corda é amplamente cultivado em regiões áridas e semiáridas, sob irrigação ou condições de sequeiro, segundo (Ehlers e Hall, 1997), no entanto, toda cultura quando submetida a alguma condição de estresse, pode sofrer um redução em seu metabolismo. Quando a cultura do feijão-de-corda é desenvolvida em solos salinos ou submetida à irrigação com águas salinas a produção tende a decrescer (ASSIS JÚNIOR et al., 2007).

A irrigação é uma das tecnologias aplicadas na agricultura que mais tem contribuído para o aumento da produção de alimentos (ALMEIDA; PELUZIO; AFFÉRI, 2011). O uso da irrigação tem contribuído significativamente no incremento da produção agrícola (RHOADES; KANDIAH; MARSHALI, 2000). No entanto, no Nordeste do Brasil, principalmente nas regiões semiáridas, o manejo inadequado da irrigação pode ocasionar salinização dos solos limitando a capacidade produtiva das culturas especialmente as que são sensíveis e moderadamente sensíveis à salinidade (ZADEH E NAEINI, 2007).

A salinidade é um fator que reduz o crescimento e a produtividade das plantas, afetando cerca de 7% da área terrestre do mundo global (ZHU, 2002). O uso de água salina na agricultura depende de alguns fatores como tolerância das culturas, propriedades físicas do solo, condições de drenagem e totalidade de chuvas na região e, ao avalia-los, pode-se formular estratégias de longo prazo, que contribuem para obter colheitas econômicas sem a degradação do solo e perda da produção (GLENN et al., 1998; SHARMA e RAO, 1998; MALASH; FLOWERS; RAGAB, 2005; MURTAZA; GHAFOR; QADIR, 2006; NEVES et al., 2009).

O feijão-de-corda é uma cultura sensível à salinidade, pois sob ambiente salino acima de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ sua produtividade tende a decrescer (AYERS E WESTCOT, 1999). Várias são as práticas que vêm sendo estudadas para aumentar a produtividade das culturas em ambientes salinos, dentre elas a fertilização potássica mostra-se como uma alternativa ao melhor desempenho do feijão-de-corda sob irrigação com água salina. Cravo et al. (2010),

submetendo o feijão-de-corda à adubação potássica, verificaram que essa adubação é fundamental para o aumento da produtividade do feijão-de-corda, em que o potássio pode ter resultado em melhor desenvolvimento da cultura na presença da salinidade. Gurgel et al. (2010a) ao avaliarem o acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio constataram que o potássio exerce influência no crescimento das plantas, pois apesar da redução da fitomassa seca dos distintos órgãos das plantas com a elevação da salinidade da água de irrigação, principalmente, nos frutos, os maiores resultados corresponderam as plantas dos tratamentos com a maior dose de K_2O .

Marschner (1995) afirma que o potássio influencia nas trocas gasosas, exercendo efeito positivo na atividade fotossintética, movimento estomático, regulação do turgor e ajustamento osmótico, isso pode proporcionar maior resistência das plantas às condições de estresse salino. A atenuação dos efeitos da salinidade pelo potássio está relacionada à sua função na regulação estomática, que é o mecanismo que controla o regime hídrico das plantas, e atua no potencial osmótico nos vacúolos, mantendo alto conteúdo hídrico tissular em condições de eficiência matricial.

A espessura das vagens tende a aumentar com aplicação de potássio e, esse efeito pode ser explicado pelo fato do potássio ser rapidamente redistribuído para órgãos novos, havendo um maior controle no fechamento dos estômatos e, segundo Grusak e Pomper (1999), o declínio na densidade dos estômatos está relacionado com o crescimento expansivo da vagem, havendo uma relação inversamente proporcional entre diâmetro da vagem e densidade estomática.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento, fisiologia e produção de duas cultivares de feijão-de-corda, submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio aplicado ao solo.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do feijão-de-corda

O feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma leguminosa cultivada em maior representatividade nas regiões semiáridas da África, Estados Unidos da América e Brasil, o qual, nos últimos anos tem sido o maior produtor mundial (FAO, 2011). No âmbito nacional, a cultura apresenta elevada importância para as regiões Norte e Nordeste, devido a tradição no seu cultivo, comércio e consumo (ROCHA et al., 2009), plasticidade, sua adaptação a uma ampla faixa de ambientes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo e pelo seu alto valor nutritivo.

As maiores áreas exploradas com a cultura do feijão-de-corda encontram-se na região Nordeste do Brasil, em que é explorado principalmente nas áreas semiáridas, ocupando 60% das terras cultivadas com a cultura. O estado do Ceará é o líder entre os produtores nordestinos, ocupando uma área cultivada de 613 mil ha com produção de 295 mil ton (IBGE, 2011).

Também conhecido como feijão-caupi ou feijão macassar, constitui-se a principal cultura de subsistência no Brasil, que é atualmente o maior produtor mundial, com uma produção nacional de 3,8 mil toneladas na safra 2010/2011(MAPA, 2011). O mercado mundial do feijão-de-corda movimenta por ano, aproximadamente 20 milhões de toneladas de leguminosas.

A demanda dessa cultura na dieta alimentar dos brasileiros está relacionada às suas propriedades nutricionais, pois o feijão-de-corda é uma expressiva fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (SILVA et al., 2011b). O feijão-de-corda, como outras espécies de feijão, exerce um contraste fascinante no Brasil, o qual se apresenta como uma potencia em termos de produção, no entanto como um dos países que mais limita o acesso ao alimento, com isso, essa cultura tem a capacidade de se desenvolver de forma satisfatória em sistemas agrícolas tecnificados e em sistemas agrícolas de pequenos agricultores.

Comparando com outras culturas, o potencial genético do feijão-de-corda ainda é pouco explorado. Smartt (1990) afirma que, o feijão-de-corda é muito semelhante ao feijoeiro comum, porém é bem mais adaptado às condições climáticas dos trópicos semiárido, úmido e subúmido. Portanto, pela capacidade de se desenvolver bem em locais onde o feijão comum

não se desenvolve satisfatoriamente, o feijão-de-corda deve ser considerado uma cultura complementar, não competidora do feijão comum.

Segundo Freire Filho (2000), o feijão-de-corda passou a ser classificado segundo o ciclo como: Superprecoce (maturidade em até 60 dias após semeadura), Precoce (maturidade entre 61 e 70 dias após semeadura), Médioprecoce (maturidade entre 71 e 80 dias após semeadura), Médiotardio (maturidade entre 81 e 90 dias após semeadura), Tardio (maturidade a partir de 91 dias após semeadura).

No estado do Ceará existem algumas cultivares de feijão-de-corda que se desenvolvem bem em ambientes semiárido e são atrativas para o agricultor sertanejo também pela sua precocidade. Dentre elas existem: Sempre verde (CE-25), Pitiúba (CE-31), Milagroso (CE-46), Rouxinho 1 (CE-73), Rouxinho 2 (CE-77), 7919-Dixie hee (CE104), Purple knuckle hull-55 (CE-113), Setentão (CE-596), CNCx 251-11E (CE-790), 30 CNCx 251-60E (CE-796), CNCx 251-76E (CE-798), Pingo de ouro (CE-930), Marataóá (CE-933), BRS-Rouxinol (CE-937), Paulistinha (CE-939), BRS-Punjante (CE-940), CB-3 (ainda sem registro no Banco de germoplasma de feijão caupi, do CCA/UFC), AU 94-418-07-01 (CE-176), UCR-95-701 (CE-493), MNC 03-731C-21 (CE-390), MNC 03-720-11 (CE-178), MNC 01-627D-65-1 (CE-497).

As cultivares 7919-Dixie hee (CE104) e CNCx 251-11E (CE-790), são de porte ereto com ramos principal e secundários curtos, com esses formando um ângulo de agudo a reto com o ramo principal; ciclo meio precoce de 75 a 80 dias e produção de grãos secos ou verdes.

As maiores áreas plantadas com feijão-de-corda concentram-se na região Nordeste do Brasil, principalmente nas áreas semiáridas, ocupando 60% do total das terras exploradas com a cultura. É uma cultura típica do Semiárido nordestino, no entanto sofre com a má distribuição de chuvas ou, às vezes, com baixos índices pluviométricos que limitam o sistema de produção em regime de agricultura de sequeiro e evidenciam a necessidade do cultivo irrigado. Uma das limitações na agricultura irrigada é que nessas mesmas áreas, as águas, muitas vezes, possuem níveis salinos superiores a $3,3 \text{ dS m}^{-1}$, portanto, superiores ao máximo tolerado pelo feijão-de-corda que conforme Ayers e Westcot, (1999) é moderadamente sensível aos efeitos da salinidade.

2.2. Salinidade e fertilização potássica

Na região semiárida do nordeste brasileiro a precipitação total limita a produção da planta, pois devido à irregularidade das chuvas e das elevadas temperaturas, a qualidade da água, pelo elevado teor de sais presente, influencia de forma direta na produção das culturas, em geral, inclusive do feijão-de-corda. Outra séria limitação é que 85% da área encontram-se sobre rochas cristalinas impermeáveis, em que a água subterrânea quase sempre não é de qualidade à agricultura e está armazenada nas fraturas das rochas (PALÁCIO et al., 2009).

As águas salinas, utilizadas na irrigação, podem representar riscos para a produção das culturas. Os sais são transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, e acumulam-se sempre que a água evapora ou é consumida pelas plantas (AYERS e WESTCOT, 1999). Como consequência, o aumento do teor de sais dissolvidos diminui o potencial externo da solução do solo reduzindo a disponibilidade de água às plantas; essa inconveniência pode provocar perdas de rendimento em até 50% (BERNARDO, 1996) e também na qualidade da produção obtida, como registrado por Dias et al. (2011) em maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas. Perdas de produção e da qualidade do produto colhido têm sido observadas na grande maioria das plantas cultivadas que, em geral, são sensíveis, moderadamente sensíveis e moderadamente tolerantes aos efeitos da salinidade da água e do solo (FERNANDES et al., 2010).

As respostas das plantas de interesse econômico quanto à salinidade são as mais variadas possíveis. Há casos que indivíduos de um mesmo genótipo que respondem diferencialmente à ação de níveis crescentes de uma mesma forma de sais (DANTAS et al., 2002) o que gera o interesse em estudar várias cultivares de uma mesma cultura. Há casos também de um mesmo indivíduo se comportar de forma semelhante aos efeitos de um mesmo nível salino de fontes distintas de sais, ou quando submetido à salinidade crescente de uma mesma espécie iônica (CAVALCANTE et al., 2010). Isso indica que algumas culturas produzem rendimentos economicamente viáveis sob níveis elevados de salinidade enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Essa diferença de comportamento, segundo Ayers e Westcot, (1999) deve-se à maior habilidade e adaptação osmótica de algumas plantas, que permite a absorção de água e nutrientes essenciais em ambientes adversamente salinos.

Em função de sua adaptabilidade às condições adversas, à região nordestina, particularmente ao estado do Ceará. Os efeitos da salinidade no crescimento e desenvolvimento das plantas exercem efeito osmótico, posto que uma elevada concentração

salina diminui o potencial osmótico da solução do solo, reduzindo a energia da água em relação à planta. Esse fenômeno influencia, segundo Gheyi, (2000), a diminuição da disponibilidade hídrica às plantas, aumentando a concentração de sais nas águas de irrigação e no solo ao ponto de exercer toxicidade às plantas (MUNNS, 2002; WILLADINO et al., 2010).

O feijão-de-corda é uma espécie moderadamente sensível à salinidade, tolera um nível de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de até 3,3 dS m⁻¹ sem perda do crescimento e da capacidade produtiva das plantas (AYERS e WESTCOT, 1999). A tolerância pode estar associada com a maior capacidade de retenção de íons e, ou, de compartimentalização intracelular (TRINDADE et al., 2006).

Várias tecnologias têm sido utilizadas na produção agrícola em condições de solo ou de água salina. Nesse contexto, o estudo de culturas consideradas tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade torna-se importante para avaliar a sensibilidade das espécies e variedades ao estresse salino.

O aumento da salinidade pode interferir uma maior perda de água pelas plantas. A salinidade provoca um déficit hídrico e conseqüentemente maior inibição do crescimento das plantas de feijoeiro (SILVA et al., 2009). Uma aplicação de água adicional é interessante para que o excesso de água passe por meio da zona radicular e lixivie os sais para a rede de drenagem (MACÊDO; SOUSA; MORRILL, 2007).

Ao avaliar o crescimento populacional e a necessidade mundial por alimento, verifica-se que a salinidade associa-se com as perdas de rendimento das terras degradadas por sais, o elevado volume de água gasto na agricultura e a carência de água de boa qualidade ao cultivo irrigado, o que gera uma atividade de constante preocupação mundial. Em diversos países, há bastante tempo já se utilizam águas de qualidade restritivas na agricultura (RHOADES; KANDIAH; MARSHALI, 2000). Essa prática está em ritmo crescente e exige estratégias de manejo da irrigação para que áreas atualmente ainda produtivas não se tornem devolutas em reduzido período de cultivo (MEDEIROS et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2012). Dentre as práticas de manejo existentes estão inseridas as interações entre: a) salinidade e fertilidade do solo; b) salinidade e redução de perdas hídricas; c) salinidade e tolerância das plantas aos sais, dentre outras.

Os componentes da salinidade, exceto sódio, são todos nutrientes essenciais como Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, NO³⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, B; muitos deles constituem a soma de bases e caracterizam a salinidade como o tópico da fertilidade do solo caracterizado pelo excesso de

sais solúveis e de sódio, cálcio e magnésio na forma trocável. A interação salinidade x plantas envolve os aspectos salinidade da água x plantas, salinidade do solo x plantas e salinidade do solo e da água x plantas. Diante dessa situação, o desafio é utilizar práticas de manejo para irrigar com águas salinas sem elevar excessivamente o caráter salino do solo e obter níveis de rendimentos economicamente viáveis.

Algumas práticas estão sendo desenvolvidas no resto do mundo e no Brasil na tentativa de mitigar os efeitos agressivos dos sais nos solos e nas águas de irrigação às plantas. Uma delas é a utilização de insumos orgânicos, dos mais diversos tipos, de modo que liberam ou adicionem substâncias húmicas no crescimento e na produção das culturas como procederam Liang et al. (2005), Asik et al. (2009), Cavalcante et al. (2010) e Silva et al. (2011c), ao avaliarem os efeitos do esterco de bovino, substâncias húmicas, biofertilizante bovino no comportamento vegetativo de cevada, trigo, goiabeira e feijão-de-corda, respectivamente.

Existem práticas de manejo, que já vêm sendo testadas por alguns pesquisadores, que influenciam no melhor desenvolvimento da cultura e aumentam a tolerância das mesmas, em nível de salinidade. Além de formas alternativas como aplicação de biofertilizantes líquido (CAVALCANTE et al., 2010), aporte de matéria orgânica, inoculação de raízes com fungos micorrízicos arbusculares nas raízes, existem técnicas convencionais de adubação, com base no emprego de fertilizantes minerais, que favorecem a aquisição de nutrientes, pelas plantas, em condições de salinidade (SILVA et al., 2011a).

2.2.1. Efeito da interação salinidade x fertilização potássica

A interação salinidade x fertilidade é uma outra prática de elevada expressividade na agricultura irrigada.

O potássio, depois do nitrogênio, é o nutriente mais exigido pela grande maioria das plantas cultivadas (HEINZ et al., 2011). As principais funções do potássio na planta estão relacionadas com a ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese. Atua também na manutenção do equilíbrio iônico e da turgidez das células, controle da abertura e do fechamento dos estômatos, manutenção da fotossíntese, melhor fixação de carbono síntese e degradação de amido, transporte de carboidratos no floema, resistência da planta à geada, seca, salinidade do solo e doenças, além de melhorar a qualidade dos frutos (JIANG e ZHANG, 2002; GURGEL et al., 2010b).

A maior tolerância das plantas aos sais tratadas com potássio está relacionada à função do K^+ na regulação estomática, que é o mecanismo que auxilia no controle do regime hídrico das plantas, e exerce importância no potencial osmótico nos vacúolos, mantendo alto conteúdo hídrico tissular em condições de baixa umidade. A menor sensibilidade das plantas ao excesso de sais está relacionada com a maior concentração de K^+ no estroma e, correspondentemente, maiores taxas de fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

Na planta o potássio influencia a manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade. Essa situação, conforme Malavolta (1967) influencia direta ou indiretamente, em vários sistemas enzimáticos.

Nesse sentido Gurgel et al. (2008) constataram que cultivares de melão Orange Flesh e Goldex sob irrigação com águas salinas conforme foram economicamente viáveis quando irrigadas com águas de até 3,02 e 2,4 dS m^{-1} respectivamente nas doses mais elevadas de potássio.

Para Kafkafi (1990) o elevado acúmulo de K^+ atenua a intensidade da ação inibidora de um estresse abiótico ambiental. No feijão-de-corda, o potássio é, dentre os macronutrientes, o mais extraído e exportado das folhas para os grãos, por isso na maioria dos solos onde é cultivado são detectados baixos teores desse nutriente. Raramente registram-se respostas significativas dessa cultura ao potássio no rendimento, provavelmente porque o nível crítico das suas exigências é baixo, entre 20 e 40 $kg\ ha^{-1}$, mas o suficiente para provocar altas concentrações desse nutriente no tecido das plantas (MELO et al., 2005)

2.2.1.1. No crescimento

O estresse salino compromete o crescimento da planta por baixar o potencial osmótico da solução do solo, causando estresse hídrico e provocando efeitos tóxicos que resultam em injúrias no metabolismo e desordens nutricionais (DEBOUBA et al., 2006; MUNNS; TESTER, 2008; ALVES et al., 2009). Segundo Lima (1998), o acúmulo de sais na planta prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas provocando um decréscimo na produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola.

Medeiros et al. (2012) ao avaliarem a tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido concluíram que o aumento da salinidade da água inibiu o crescimento e produção de biomassa das plantas.

Lima et al. (2007) avaliando a resposta do feijão-de-corda à salinidade da água de irrigação, observaram que com a irrigação com o maior nível salino ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$), houve uma redução na altura da planta em cerca de 42,86%. Aragão et al. (2005) ao avaliarem duas cultivares de feijão-de-corda, um tolerante e outra sensível à salinidade submetidas a um tratamento salino com NaCl 0,01 M, verificaram que a salinidade provocou redução no crescimento das raízes, da parte aérea e na área foliar. Comportamento dessa mesma natureza foi apresentado por Costa et al. (2003) ao concluírem que o estresse salino provocou diminuição na emissão do número de folhas e na produção de matéria seca da parte aérea em feijoeiro *Phaseolus vulgaris*.

Com a fertilização potássica, Gurgel et al. (2010b) constataram que apesar da redução da fitomassa seca dos distintos órgãos das plantas de feijão-de-corda com a elevação da salinidade da água de irrigação, principalmente, nos frutos, os maiores resultados corresponderam as plantas dos tratamentos com a maior dose de K_2O . Assim como no melão, o feijão é uma cultura que absorve elevadas quantidades de K^+ , e sua produção, aliada a esse elemento pode ser uma alternativa para melhor desempenho da cultura irrigada com água moderadamente salina. Kabir, Karim e Azad, (2004) avaliando o efeito do potássio na tolerância à salinidade em *Vigna radiata* L. Wilczek concluíram que a adição de potássio no solo resultou em maior absorção e manutenção do melhor potencial hídrico das folhas.

2.2.1.2. Na fisiologia

Associado ao acúmulo total de sais no solo, o estresse osmótico reduz a disponibilidade de água às plantas e pode, em consequência, afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas (BEZERRA et al., 2003); além disso, nas espécies sensíveis o acúmulo de sódio e de cloreto pode produzir necrose nos tecidos foliares e acelerar a senescência de folhas, fatores que reduzem a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002; BEZERRA et al., 2005);

Praxedes et al. (2010), ao associarem a tolerância salina de cultivares de feijão-de-corda com as diferenças na acumulação de íons, alocação de biomassa e fotossíntese, verificaram que o efeito salino também aumentou a condutância estomática das plantas de feijoeiro e, com isso, a concentração interna de carbono. A fotossíntese se enquadra como um dos mais importantes e em vários processos parâmetros afetados pela salinidade. (NETONDO et al., 2004; MUNNS e TESTER, 2008; PRAXEDES et al., 2010).

Para Souza et al. (2011), o aumento da salinidade provocou redução da fotossíntese e o ocasionada pela redução da abertura estomática e, afirmam que quando há predominância de cloreto na água de irrigação há uma menor taxa fotossintética do feijão-de-corda, .

Flowers (2004) cita que a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais. As plantas tendem a fechar os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, com reflexos negativos no crescimento das espécies sob tal estresse.

A função do potássio na fisiologia das plantas é observada por Qui et al. (2012), os quais ao avaliarem a interação deficiência de potássio x estresse salino no comprometimento da fotossíntese em mudas de milho, verificaram que essa interação resultou numa redução grave na reação fotoquímica, dificultando a taxa de transporte de elétrons dos dois fotossistemas. Justificam também, que as mudanças na fotossíntese das plantas podem estar relacionadas às exigências fotossintéticas de potássio para reduzir a agressividade de um ambiente salino.

O aumento da clorofila em função das doses de potássio conforme alguns autores como Marschner, (1995) e Malavolta (2006), em que o K^+ também proporciona alterações significativas no metabolismo fotossintético da planta, ativando mais de 50 enzimas nas plantas, como a Ribulose Bifosfato Carboxilase. Zhao et al. (2001) relataram que plantas cultivadas com baixo suprimento de potássio apresentaram baixos teores de clorofila, reduzindo a atividade metabólica da planta.

2.2.1.3. Na produção e nutrição mineral

Nascimento; Pedrosa; Sobrinho, (2004), estudando o efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-de-corda, vagens e grãos verdes, observaram que o número de vagens por planta foi expressivamente reduzido pelos níveis de estresse hídrico. Segundo Leite et al. (2000) tal comportamento resulta na perda de resistência das plantas ao estresse com quedas na produção de vagens.

Neves et al. (2010), monitorando a cobertura do solo e produtividade do feijão sob irrigação por sulcos, com água salina, observaram que o teor salino da água durante todo o

ciclo, reduziu o crescimento e o rendimento do feijão-de-corda, causando perdas no número de vagens e consequente redução da produção da safra. Situação semelhante foi registrada por Dantas et al. (2002) ao constatarem que o aumento da salinidade inibiu a produção de biomassa de 50 cultivares de feijão-de-corda.

A espessura das vagens tende a aumentar com aplicação de potássio e, esse efeito pode ser explicado pelo fato do potássio ser rapidamente redistribuído para órgãos novos, havendo um maior controle no fechamento dos estômatos. Segundo Grusak e Pomper (1999), o declínio na densidade dos estômatos está aparentemente relacionado com o crescimento expansivo da vagem, havendo uma relação inversamente proporcional entre diâmetro da vagem e a densidade estomática.

A salinidade adiciona também um novo nível de complexidade para a nutrição mineral das culturas afetando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição. Conforme Amador et al. (2006) o feijão-de-corda tolera os efeitos dos sais mais que o milho e menos que o trigo, cevada, beterraba, açúcar e algodão. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (LACERDA, 2005).

Neves et al. (2009) avaliando o crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação constataram que a salinidade afetou a produção de biomassa e a expansão foliar das plantas. Patel et al. (2010), avaliando o impacto do estresse salino na absorção de nutrientes e no crescimento do feijão verificaram que, com o aumento nos níveis de salinidade, houve uma redução na germinação de sementes, altura e na produção de matéria seca da parte aérea das plantas.

Ferreira et al. (2007) ao avaliarem a produção em milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloreto em função da salinidade, constataram que a salinidade inibiu significativamente os teores foliares acumulados e o nitrogênio foliar sofreu decréscimo linear em função da salinidade do solo. O aumento da condutividade elétrica diminuiu a concentração de P no tecido das plantas devido aos efeitos de força iônica que reduzem a atividade do fosfato na solução do solo. Segundo Grattan e Grieve, (1999), a interação entre salinidade e o teor de fósforo nas plantas é complexa e depende da espécie, cultivar, estágio fenológico da planta, concentração de fósforo no substrato, tipos de sais e nível de salinidade. Em plantas de girassol (*Helianthus annuus*) a tendência dos resultados foi semelhante à registrada por Oliveira et al. (2010), em que a interação entre salinidade e fontes de nitrogênio

no desenvolvimento inicial da cultura resultou em menor acumulação foliar de nitrogênio na matéria seca foliar das plantas.

Garcia et al. (2007), ao avaliarem teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino, mostraram que a salinidade do solo afetou significativamente os teores de potássio nas folhas de milho. Bosco et al. (2009) estudando a influência do estresse salino na composição mineral da berinjela, relataram que houve um decréscimo linear com o aumento das concentrações salinas e que isso pode ser devido provavelmente aos altos níveis de NaCl, onde segundo Marschner (1995), a deficiência de K pode ser induzida pela competição com o Na⁺ nos sítios de absorção.

Mesmo com os benefícios que o potássio exerce ao melhor desenvolvimento vegetativo das plantas sob estresse, é interessante avaliar os efeitos das fontes para o fornecimento nutricional. Muitas vezes, o fornecimento de alguns íons pode exercer efeito depreciativo, pois a fonte utilizada para a aplicação de potássio pode influenciar na redução dos teores de alguns elementos essenciais à planta. A utilização de KCl disponibiliza o íon cloreto que pode competir com o mesmo sítio de troca com outros elemento. Segundo Bar et al. (1997), a redução dos níveis de nitrogênio pode ser explicada pelo aumento da absorção e acúmulo de Cl⁻ nas plantas. Esse fenômeno vem acompanhado por decréscimo no teor de NO₃⁻ na parte aérea e seu comportamento é atribuído ao efeito antagônico do cloreto sobre a absorção de nitrogênio ou a redução na absorção de água.

Segundo Neves et al. (2010) a redução no crescimento das plantas de feijão-de-corda tem sido associada, na maioria dos casos, ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos particularmente Na⁺ e Cl⁻. Lacerda (1995) observou que o transporte de sódio e cloreto para a parte aérea de feijão-de-corda contribuiu para a maior inibição do crescimento das plantas.

No entanto, o potássio pode exercer efeito antagônico com alguns elementos, principalmente com o Na⁺. Meiri et al. (1971) observaram que as concentrações de K⁺ nas folhas aumentou com o incremento da salinidade mesmo com a presença do Na⁺. Dependendo da concentração de K⁺ na planta, o Na⁺ exerce baixa influência por não substituir totalmente o potássio que é limitante à síntese de proteínas e ativação de enzimas nas plantas (MARSCHNER, 1995).

3.0. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do Experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na área experimental do Setor de Agrometeorologia da Universidade Federal do Ceará, localizado no Campus do Pici, em Fortaleza (3° 45' S; 38° 33'W), no período de 25 de junho a 21 de agosto de 2011.

3.2. Substrato

O substrato utilizado constou de uma mistura de três partes de areia lavada para uma de composto orgânico (Figura 1), onde foram acondicionados em vasos com capacidade para 6 litros (Figura 2 A), com uma camada de brita nº 1 na base (Figura 2 B) para facilitar a drenagem.

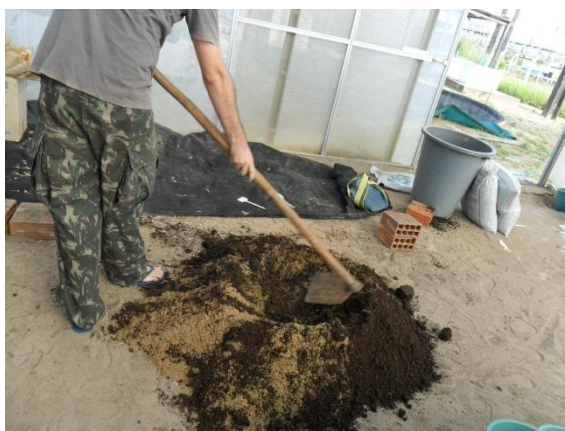


Figura 1. Preparo do substrato utilizado no experimento, composto de areia lavada e composto orgânico numa proporção de 3:1, respectivamente.

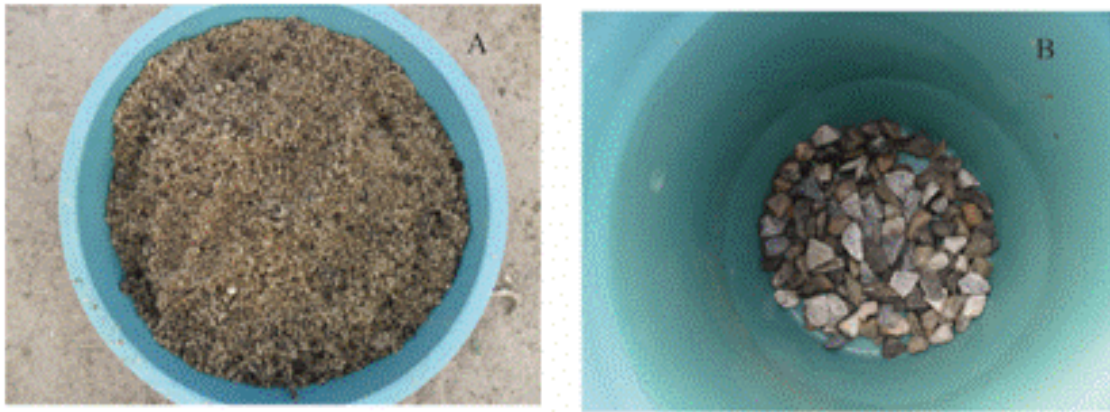


Figura 2. Substrato pronto para o semeio (A); Camada de brita nº 1 para auxiliar na drenagem da água de irrigação (B);.

3.3. Material Vegetal

As sementes de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) foram fornecidas pelo Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Ceará. As cultivares utilizadas foram a cultivar CE790 e CE104, as quais são de porte ereto com ramos principal e secundários curtos, com estes formando um ângulo de agudo a reto com o ramo principal; ciclo meio precoce de 75 a 80 dias e produção de grãos secos ou verdes.

Foram semeadas, em 25/06/2011 cinco sementes por vaso (Figura 3), realizando-se o desbaste 10 dias após a semeadura (DAP), mantendo as duas plantas mais vigorosas por vaso (Figura 4).



Figura 3. Distribuição das sementes nos vasos.



Figura 4. Desbaste das plantas e início da irrigação com águas salinas.

3.4. Tratamento e Delineamento Experimental

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições num esquema fatorial de 2 x 4 x 4 referente as cultivares de feijão-de-corda: CE790 (CNC X 251 11E) e CE104 (7917 Dixie hee), quatro doses de potássio (0,5, 1,0 2,0 e 4,0 g vaso⁻¹, correspondendo a 25, 50, 100 e 200% da dose recomendada) e quatro níveis de salinidade das águas de irrigação, expressos pela condutividade elétrica (0,8; 2,2; 3,6 e 5,0 dS m⁻¹).

3.5. Preparo das Águas e Condução do Experimento

As águas foram preparadas, a cada duas semanas, com base nas proporções de 7:2:1 de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O respectivamente, pela equação $[Cs \text{ (mmol}_e\text{L}^{-1}) = CE \times 10]$, de Rhoades et al. (2000); em que: Cs = Concentração de sais; CE = condutividade elétrica pré-estabelecida. A irrigação foi inicialmente realizada com água de qualidade, a cada dois dias de acordo com a capacidade de campo, até o desbaste que, em seguida foi realizada com cada tipo de água pré-estabelecido no mesmo intervalo de tempo e condição da irrigação anterior. Parte do volume aplicado foi drenado através do fundo do vaso, ocasião em que foram coletadas as águas para serem mensuradas quanto ao volume drenado, CE, pH e teores de Na⁺, K⁺ (Figura 5).



Figura 5: Volumes de água drenada para avaliação química.

As fontes utilizadas para fornecimento dos nutrientes foram calculadas com base na recomendação de adubação para feijão-de-corda (EMBRAPA, 2003), sendo 2g vaso^{-1} de uréia, 8g vaso^{-1} de superfosfato simples, 2g vaso^{-1} de cloreto de potássio e 1g vaso^{-1} de FTE como fonte de micronutrientes. A adubação foi realizada antes da semeadura, parcelando apenas as doses de potássio, as quais foram aplicadas metade na semeadura e metade 30 dias após a semeadura - DAS. Os fertilizantes foram aplicados a uma distância de 5 cm das plantas.

Devido ao aparecimento de algumas pragas como pulgão, lagarta (Figura 6) e ácaros, foram realizadas pulverizações (Figura 7) utilizando inseticida Vertimec (1ml L^{-1}) e o acaricida/fungicida Kumulus (3g L^{-1}).



Figura 6. Visitação de *Spodoptera eridania* na haste principal e nas folhas de feijão-de-corda.



Figura 7. Pulverizações no controle de insetos, ácaros e doenças.

Na área experimental houve o aparecimento de caramujos (*Achatina fulica*), os quais foram afugentados pela distribuição de cal no perímetro do experimento (Figura 8).



Figura 8. Aplicação de cal para controle de caramujo (*Achatina fulica*)

3.6. Análises

Foram feitas algumas análises durante a condução do experimento e após a coleta do material (Estádio fenológico R3: Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas (CAMPOS et al., 2000) ocasião em que as raízes, caules, folhas e vagens foram separadas para posteriores medições. Após a separação das raízes e parte aérea os materiais foram adequadamente lavados obtidos a biomassa fresca, e, em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel pré-identificados e postos a secagem em estufa de circulação de ar a 60°C até atingirem massa constante.

3.6.1. Análises de crescimento

Durante a condução do experimento foram realizadas as medições do comprimento da haste principal (chp) utilizando uma trena e medindo a partir do colo da planta até a última inserção foliar; diâmetro do caule, medindo-se a 10 cm do colo da planta por meio do paquímetro digital (Figura 9). Após a coleta dos materiais foram obtidos os valores de área foliar, utilizando a esteira de medição de área foliar modelo - LI-. COR/LI3000A, sendo as folhas dispostas rapidamente, evitando o dobramento das mesmas; contagem dos nódulos (Figura 10), os quais foram destacados das raízes e contados, utilizando uma pinça e lupa manual; comprimento da raiz principal, utilizando uma régua milimetrada. Com o material seco foi possível obter a biomassa seca das folhas, hastes e raízes.



Figura 9: Medição de diâmetro da haste principal.



Figura 10: Nódulos nas raízes de feijão.

3.6.2. Análises nutricionais das folhas

Com a secagem das folhas iniciaram-se os procedimentos para análises foliares. As folhas secas foram trituradas em moinho tipo Wiley e o material triturado foi transferido para sacos de papel pré-identificados. Para preparo dos extratos a matéria seca triturada foi digerida utilizando-se ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio, sulfatos de sódio e de cobre e selênio (TEDESCO et al.,1995) para determinação dos teores de N, P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu e Mn.

Com os extratos, as determinações dos teores foliares foram feitas seguindo-se as metodologias descritas por Miyazawa et al. (1999): destilação com arrasto de vapores para o nitrogênio; espectrofotometria com azul-de-molibdato para o fósforo; fotometria de emissão de chama para o potássio e sódio; e fotometria de absorção atômica para cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e manganês.

3.6.3. Análises fisiológicas

Aos 37 dias do início dos tratamentos foram quantificados a taxa fotossintética líquida, condutância estomática, carbono intracelular, transpiração e temperatura das folhas maduras utilizando o analisador de gás no infravermelho IRGA (LI6400XT, Licor, USA), em sistema aberto, com fluxo de ar de $300 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ e os teores de clorofila das folhas, utilizando um clorofilômetro (SPAD-502, Minolta, Osaka, Japão) (Figura 11).



Figura 11. Clorofilômetro (SPAD – 502).

3.6.4. Análises da produção

Com a coleta do material, as vagens foram destacadas das plantas e mensuradas quanto ao comprimento, diâmetro e massa. Para o comprimento das vagens utilizou-se uma régua milimetrada e para medição do diâmetro posicionou-se o paquímetro no valor médio das vagens e em seguida, foram obtidos os valores. Após secagem obtiveram-se os valores de biomassa seca das vagens, número e massa de sementes, as quais foram separadas das vagens, contadas e mensuradas quanto ao peso.

3.6.5 Análises do lixiviado

Aos 25 e aos 50 DAP as águas, que foram drenadas (lixiviado) após a irrigação, foram transferidas para frascos de 1 litro e analisadas no Laboratório de Relação Solo, Água e Planta do Departamento de Engenharia Agrícola.

Os volumes lixiviados foram medidos com proveta para obtenção da condutividade elétrica – CEa com condutivímetro, pH com pHmetro, teores de Na^+ e K^+ em espectrofotômetro de chama (RICHARDS, 1954).

3.7. Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial usando o programa SAEG (EUCLYDES, 1997).

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises de Crescimento

4.1.1. Comprimento da haste principal, raiz principal, área foliar e diâmetro do caule

O comprimento da haste principal de ambas as cultivares respondeu de forma semelhante aos efeitos da salinidade das águas e de forma diferenciada às doses de potássio fornecidas (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo das análises de variância para comprimento da haste principal (CHP), comprimento da raiz principal (CRP), área foliar (AF) e diâmetro do caule (DC) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		CHP	CRP	AF	DC
Variedade (V)	1	9849,4630**	0,4194 ^{ns}	1519701,334**	0,0002 ^{ns}
Potássio (K)	3	3051,1820**	24,0571 ^{ns}	528602,136**	0,0017 ^{ns}
V x K	3	568,0348**	11,7202 ^{ns}	130710,765 ^{ns}	0,0264 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	8021,6028**	38,1494*	194927,284*	0,2271**
V x CE	3	265,3882 ^{ns}	20,2733 ^{ns}	27305,054 ^{ns}	0,0458 ^{ns}
K x CE	9	873,8294**	37,9589**	180580,424**	0,0354 ^{ns}
V x K x CE	9	1207,8377**	9,0529 ^{ns}	59623,191 ^{ns}	0,0237 ^{ns}
Resíduo	128	139,9971	11,1610	61201,01	0,0286
Total	159	-	-	-	-
CV		16,8394	20,9039	27,5817	11,3101
K linear	1	5492,1808**	64,9274*	1085154,910**	0,0010 ^{ns}
K quadr.	1	3514,6518**	2,1546 ^{ns}	449625,372**	0,0022 ^{ns}
CE linear	1	20320,4437**	15,3950 ^{ns}	376657,906*	0,5704**
CE quadr.	1	3729,1230**	90,6499**	124001,379 ^{ns}	0,1109*
K x CE	1	153,5831 ^{ns}	163,2641**	280073,369*	0,0071 ^{ns}
K linear/V1	1	2391,5929**	12,6216 ^{ns}	529956,900**	0,0215 ^{ns}
K quadr/V1	1	4845,2658**	4,1416 ^{ns}	296940,352*	0,0002 ^{ns}
CE linear/V1	1	13824,0045**	0,6672 ^{ns}	194662,614 ^{ns}	0,5671**
CE quadr./V1	1	1118,2133**	4,5422 ^{ns}	193606,554 ^{ns}	0,0111 ^{ns}
K x CE/V1	1	1741,0072**	70,8550*	190884,162 ^{ns}	0,0397 ^{ns}
K linear/V2	1	3125,0772**	61,5078*	555346,521**	0,0099 ^{ns}
K quadr/V2	1	202,5782 ^{ns}	16,9004 ^{ns}	162704,120 ^{ns}	0,0053 ^{ns}
CE linear/V2	1	7059,4150**	22,3918 ^{ns}	182100,041 ^{ns}	0,0992 ^{ns}
CE quadr./V2	1	2800,6788**	128,4484**	3362,991 ^{ns}	0,1334*
CE x A/V2	1	585,6021*	93,1716**	97048,819 ^{ns}	0,1017 ^{ns}

*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

Percebe-se na Figura 12, que o aumento salino das águas estimulou o crescimento das plantas da cultivar CE790 (Figura 12 A) e da cultivar CE104 (Figura 12 B) até os valores de condutividade elétrica 2,4 e 1,38 dS m⁻¹, respectivamente. Nesses níveis de salinidade as plantas atingiram os maiores comprimentos da haste principal de 56 e 86 cm,

respectivamente. Nessa perspectiva o aumento das doses de potássio interferiu no crescimento da haste principal (CHP) das cultivares de feijão-de-corda (Figura 12A e 12B). O potássio exerceu uma tendência quadrática no comprimento da haste principal da cultivar CE790, na qual o crescimento foi estimulado até a dose estimada 2,69 g vaso⁻¹, e um efeito linear no CHP da cultivar CE104 (Figura 12B), com uma redução de 9,84 cm no comprimento da haste principal a cada incremento das doses de potássio.

$$\text{CHP} = 47.92552083 + 53.35174479 * K + 17.49408854 * \text{CE} - 9.09153646 * K^2 - 3.73867187 * \text{CE}^2 - 4.22331250 * K * \text{CE}$$

$$\text{CHP} = 94.12539063 - 9.83781250 * K + 16.31835937 * \text{CE} - 5.91679687 * \text{CE}^2 + 1.94543750 * K * \text{CE}$$

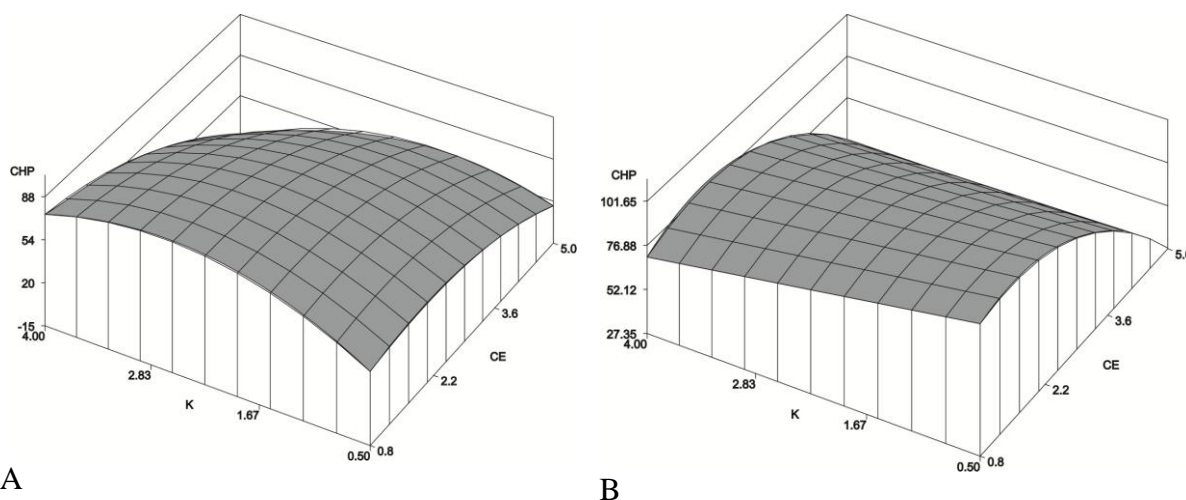


Figura 12: Comprimento da haste principal – CHP das cultivares CE790 (A) e CE 104 (B) de plantas de feijão de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Segundo Lima (1998), o acúmulo de sais na planta prejudica o crescimento e o desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo na produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Santana, Carvalho e Miguel, (2010), avaliando respostas de pepino à salinidade da água de irrigação, observaram que o desenvolvimento da cultura, incluindo o diâmetro do caule e o comprimento da haste principal, foi prejudicado pelo aumento da salinidade.

Lima et al. (2007) avaliando a resposta do feijão-de-corda a salinidade da água de irrigação, observaram que a irrigação com o maior nível salino (5,0 dS m⁻¹), prejudicou a altura das culturas. Nesse sentido, Cravo, Smyth e Souza, (2010), verificaram que a adubação potássica estimulou o crescimento e produtividade do feijão-de-corda sob condições de estresse. Tendência semelhante foi observada também por Gurgel et al. (2010b), ao trabalharem com melão sob os efeitos da interação salinidade x adubação potássica e constataram que o aumento das doses de potássio inibiu a ação da salinidade da água e proporcionou aumento na produção da cultura.

A interação potássio x salinidade exerceu efeitos significativos no comprimento da raiz principal das plantas (Tabela 1). As raízes cresceram linearmente ao valor máximo de 1,31 e 2,14 cm para cada aumento unitário das doses de potássio e dos níveis de salinidade da água, respectivamente (Figura 13). O comprimento máximo registrado foi 13,19 cm referente à maior dose de potássio (4,0 g vaso⁻¹) e no maior nível de salinidade (5,0 dS m⁻¹).

$$CRP=12.12500000+1.31000000*K+2.14500000*CE-0.74500000*K*CE$$

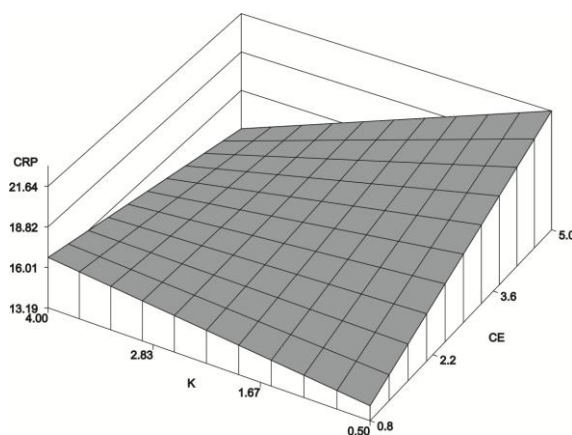


Figura 13: Comprimento da raiz principal – CRP de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K – g vaso⁻¹) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Ao comparar os resultados da haste principal com os das raízes percebe-se que o aumento da salinidade das águas prejudicou mais o crescimento da parte aérea do que das raízes. Esse comportamento diverge do apresentado por Sousa et al. (2007) ao concluírem que o aumento da salinidade prejudicou mais o crescimento radicular do feijão-de-corda do que da parte aérea. A redução do crescimento da raiz diminui a extração de íons do solo potencialmente tóxicos às plantas, conforme Moya, Primo-millo e Talon, (1999), nessa situação, as plantas vão paulatinamente se ajustando ao estresse salino. Por outro lado, os resultados estão em acordo com os de Lutts, Kinet e Bouharmont, (1996) e Silva et al. (2003) ao registrarem maior crescimento no sistema radicular em relação a parte aérea das plantas.

Para Silva et al. (2003) essas diferenças podem ser devido ao tipo de substrato, espécie, intensidade do estresse e estágio de desenvolvimento das plantas mais sensível à salinidade. No caso em apreço, há evidências de que o potássio exerceu influência positiva em mitigar os efeitos negativos da salinidade e estimular a expansão radicular e, por consequência a capacidade de respostas das plantas aos sais, como discutido por Marschner (1995).

A área foliar foi influenciada pela interação potássio x salinidade (Tabela 1). O aumento das doses de potássio e da salinidade da água inibiu a área foliar independente da cultivar em estudo (Figura 14). Houve uma redução de 2727178.94 cm² e de 2030426.47 cm² a cada aumento unitário das doses de potássio e da salinidade da água, respectivamente. A área foliar na maior dose de potássio (4 g vaso⁻¹) e no maior nível de salinidade da água (5,0 dS m⁻¹) foi mensurada em 6675945 cm². Mesmo com a aplicação de potássio, as doses não foram suficientes para estimular o aumento da área foliar das culturas submetidas à estresse salino.

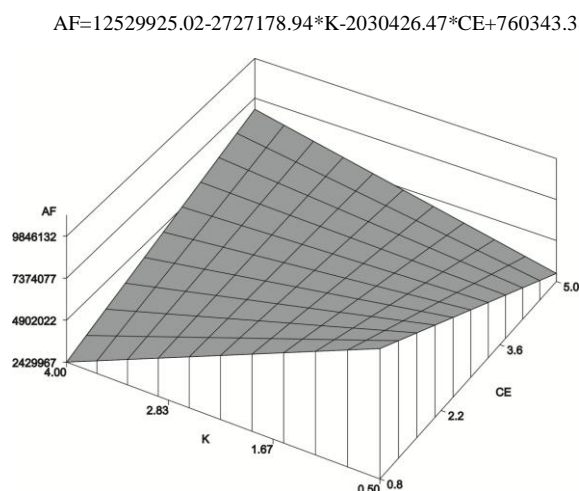


Figura 14: Área foliar (AF- cm²) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

A redução da área foliar com o aumento do nível salino da água de irrigação é adotado como um processo fisiológico de defesa das plantas, no qual elas reduzem as perdas de água, reduzindo sua superfície transpirante (JÁCOME et al., 2003).

Segundo Dantas et al. (2002), a diminuição da área foliar do feijão-de-corda sob condições de estresse salino é um mecanismo de importância, uma vez que a respectiva cultura é sensível à deficiência hídrica. A área foliar relaciona-se diretamente com a fotossíntese, uma vez que depende da interceptação da energia luminosa e esse processo ocorre diretamente na folha fisiologicamente ativa. A redução da área foliar, mesmo com o aumento das doses de potássio, assemelha-se aos resultados de Pozzebon et al. (1996), os quais avaliando as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de plantas de feijão em resposta à irrigação, fertirrigação e micronutrientes verificaram que a diminuição da absorção de potássio pode ser agravada por deficiências hídricas ou outras condições de estresse.

Segundo Maynard, Minotti e Peck (1976), a redução no crescimento da planta, pode ocorrer devido aos efeitos depressivos causados pela presença do cloreto e, ao verificarem que na maior dose de potássio a concentração de Cl^- atingiu $5 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ em plantas de maracujazeiro-amarelo, concluíram que isso pode ter provocado prejuízo do efeito salino nas mudas. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2001), ao verificarem que o potássio na forma de KCl em pimentão, prejudicou o crescimento da planta. Prado et al. (2004), verificaram que o aumento das doses de potássio, na forma de KCl, em plantas de maracujazeiro-amarelo, reduziu a área foliar da cultura.

Dentre as fontes de variação adotadas, o diâmetro caulinar respondeu apenas aos efeitos isolados do aumento da salinidade da água de irrigação (Tabela 1). Conforme indicado na Figura 15 o diâmetro caulinar das plantas cresceu até 1,53 cm na salinidade máxima estimada de $1,55 \text{ dS m}^{-1}$.

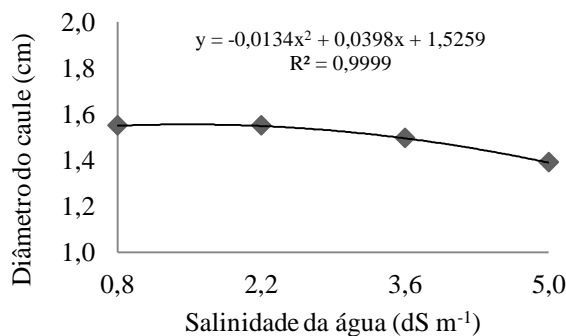


Figura 15: Diâmetro do caule (DC) de plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m^{-1}).

Resultados semelhantes foram apresentados por Lima et al. (2007), ao avaliarem as respostas do feijão-caupi à salinidade da água de irrigação e verificarem que o diâmetro do caule foi reduzido linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação. Esses resultados, assemelham-se também aos obtidos por Silva et al. (2009), que avaliando o desenvolvimento vegetativo do feijão-caupi irrigado com água salina em casa de vegetação, registraram declínios do diâmetro do caule com o aumento da salinidade da água de irrigação.

4.1.2. Produção de matéria seca da raiz, haste principal e parte aérea

A produção de biomassa seca das raízes foi influenciada significativamente pela interação variedade x potássio e pelos efeitos isolados da salinidade da água de irrigação (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo das análises de variância para comprimento da raiz principal (CRP), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da haste principal (MSHP) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		MSR	MSHP	MSPA
Variedade (V)	1	0,0097 ^{ns}	6,7035 ^{**}	17,3498 ^{**}
Potássio (K)	3	0,0608 ^{ns}	0,9983 [*]	1,6684 ^{ns}
V x K	3	0,1691 [*]	1,4514 ^{**}	2,4398 [*]
Salinidade (CE)	3	0,6128 ^{**}	14,4555 ^{**}	13,7149 [*]
V x CE	3	0,0483 ^{ns}	0,7524 ^{ns}	0,8848 ^{**}
K x CE	9	0,0930 ^{ns}	0,4174 ^{ns}	0,8664 ^{ns}
V x K x CE	9	0,0646 ^{ns}	0,4240 ^{ns}	0,9960 ^{ns}
Resíduo	128	0,0541	0,3189	0,6390
Total	159		-	-
CV		42,8998	20,0023	16,9373
K linear	1	0,0211 ^{ns}	1,3782 [*]	1,4852 ^{ns}
K quadr.	1	0,0652 ^{ns}	1,1133 ^{ns}	3,3259 [*]
CE linear	1	1,5094 ^{**}	42,4350 ^{**}	38,1446 ^{**}
CE quadr.	1	0,3285 [*]	0,2847 ^{ns}	2,5156 [*]
K x CE	1	0,4601 ^{**}	0,1959 ^{ns}	0,6057 ^{ns}
K linear/V1	1	0,0914 ^{ns}	4,8163 ^{**}	5,8378 ^{**}
K quadr/V1	1	0,1336 ^{ns}	0,7448 ^{ns}	1,1814 ^{ns}
CE linear/V1	1	0,6806 ^{**}	29,9756 ^{**}	26,2656 ^{**}
CE quadr./V1	1	0,0281 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	3,2000 [*]
K x CE/V1	1	0,3001 [*]	0,0008 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
K linear/V2	1	0,2583 [*]	0,2854 ^{ns}	0,4797 ^{ns}
K quadr/V2	1	0,0001 ^{ns}	0,3958 ^{ns}	2,2266 ^{ns}
CE linear/V2	1	0,8326 ^{**}	13,9689 ^{**}	13,0275 ^{**}
CE quadr./V2	1	0,4132 ^{**}	0,5695 ^{ns}	0,2062 ^{ns}
K x CE/V2	1	0,1693 ^{ns}	0,3802 ^{ns}	1,1948 ^{ns}

^{**} significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE 104;

As cultivares responderam de forma semelhante, ao aumento das doses de potássio no solo e da salinidade da água de irrigação, na produção de matéria seca radicular das plantas (Figura 16). Como indicado na Figura 16A, a matéria seca das raízes da cultivar CE 790 aumentou até o maior valor de 0,634 g planta⁻¹ na dose máxima estimada de potássio de 2,33 g vaso⁻¹. Para essa cultivar doses de potássio acima de 0,634 g planta⁻¹ inibiram a produção de biomassa radicular das plantas. Quanto à cultivar CE104 o aumento das doses de potássio

aumentou linearmente a biomassa radicular das plantas ao nível de 0,042 g planta⁻¹ para cada aumento unitário das doses de potássio (Figura 16A).

Quanto aos efeitos salinos, o aumento da salinidade da água de irrigação prejudicou a produção de matéria seca radicular de ambas as cultivares, com variação declínio de 0,78 para 0,45 g planta⁻¹ entre as plantas irrigadas com água de 0, 8 e 5,0 dS m⁻¹ promovendo um declínio médio de 42,4% (Figura 16 B).

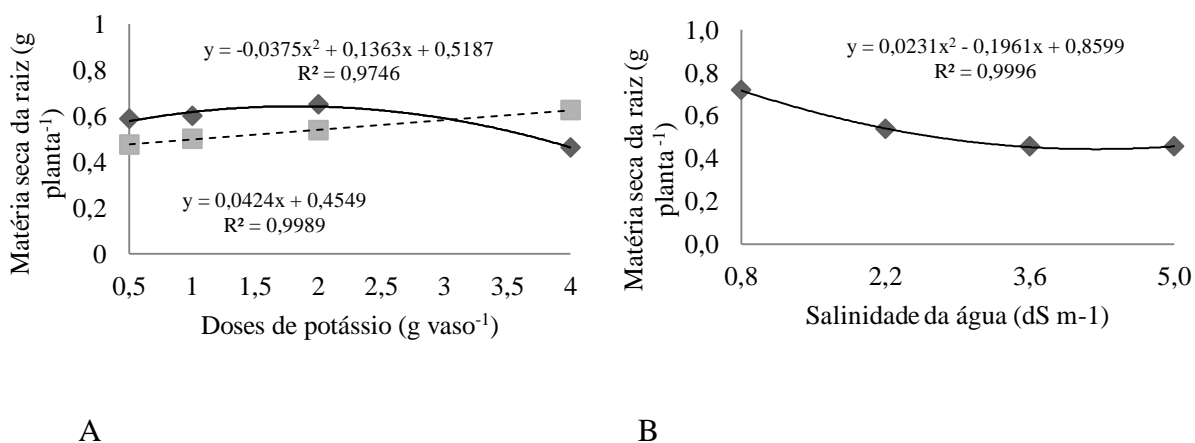


Figura 16: Matéria seca da raiz –MSR (A), das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e matéria seca da raiz – MSR (B) em função da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Essa situação diverge dos trabalhos apresentados por Dantas et al. (2002), que avaliando o comportamento vegetativo de 50 variedades de feijão-de-corda verificaram que indivíduos de uma mesma espécie podem responder diferenciadamente à níveis crescente de uma mesma fonte salina. Por outro lado, assemelham-se com os resultados de Sousa et al. (2007) e Silva et al. (2011c) ao concluírem que o aumento da salinidade da água inibe a produção de biomassa em plantas de feijão-de-corda.

Assim como observado para a matéria seca radicular, a biomassa seca da haste principal (MSHP) sofreu influência significativa da interação variedade x potássio e da ação isolada da salinidade da água de irrigação (Tabela 2).

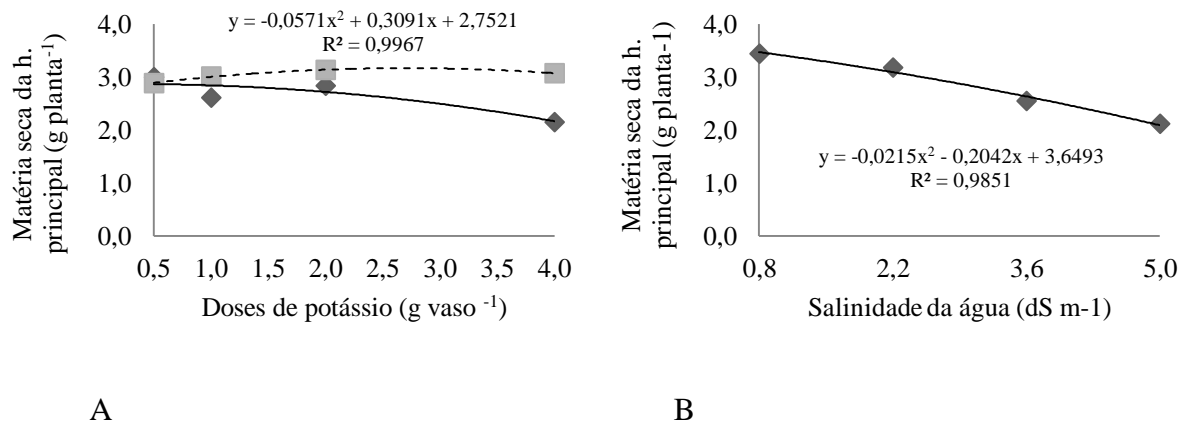


Figura 17: Matéria seca da haste principal das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – dS m⁻¹ (B).

A matéria seca da haste principal das plantas aumentou com a salinidade da água até os maiores valores de 3,17 e 2,7 g planta⁻¹ nas doses máximas estimadas de 2,7 e 2,1 g vaso⁻¹ de potássio referentes à cultivar CE104 (----) e CE790 (—) como indicado na Figura 17A. Quanto aos efeitos da salinidade, o aumento da condutividade elétrica das águas de irrigação comprometeu igualmente a produção de biomassa da haste principal das duas cultivares com perdas médias de 66% entre as plantas irrigadas com água de 0,8 e 5,0 dS m⁻¹ (Figura 17B).

A produção de matéria seca da parte aérea (haste principal + folhas + vagens) sofreu interferência estatística das interações variedade x potássio e variedade x salinidade da água (Tabela 2). O aumento das doses de potássio estimulou a produção de matéria seca da parte aérea de ambas as cultivares até os valores de 5,35 e 4,48 g planta⁻¹, nas doses máximas estimadas de 2,52 e 2,1 g planta de KCl referentes à cultivar CE 104 e CE790 (Figura 18 A). Com referência aos efeitos salinos, as cultivares CE790 e CE 104 produziram os maiores valores de matéria seca no mesmo nível salino máximo estimado de 2,2 dS m⁻¹, a produção de 4,85 e 5,28 g planta⁻¹ respectivamente (Figura 18B).

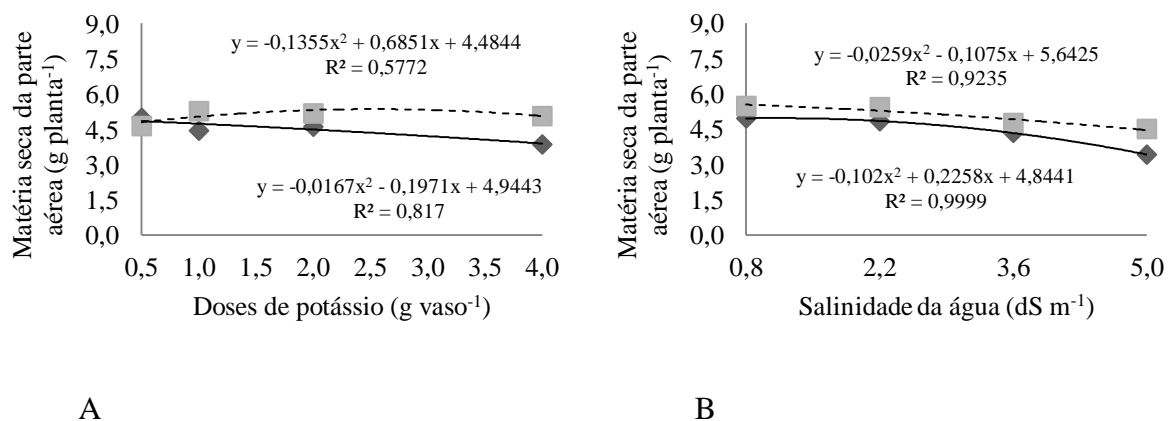


Figura 18. Matéria seca da parte aérea das cultivares CE790 (—) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – dS m⁻¹ (B).

O aumento nas doses de potássio não influenciou numa maior produção de matéria seca da parte aérea. A consequente ação do potássio na menor produção da matéria seca da parte aérea pôde ser observado por Prado et al. (2004), em que o aumento das doses de K afetou de forma quadrática na matéria seca das raízes e da parte aérea.

4.1.3. Produção de matéria seca total, relação parte aérea/raiz e número de nódulos

A matéria seca total respondeu significativamente aos efeitos da interação variedade x potássio e aos efeitos isolados da salinidade da água (Tabela 3).

Tabela 3: Resumo das análises de variância para matéria seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPR) e número de nódulos (NN) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		MST	RPR	NN
Variedade (V)	1	46,8993**	52,5220**	472,4414**
Potássio (K)	3	5,0743 ^{ns}	5,9442**	343,1797**
V x K	3	25,0146**	4,7681*	47,6859 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	68,8954**	14,7799**	567,0628**
V x CE	3	3,0779 ^{ns}	7,6541**	418,0020**
K x CE	9	5,5163 ^{ns}	6,7559**	53,5308**
V x K x CE	9	7,5360 ^{ns}	4,9089**	226,8460**
Resíduo	128	4,5166	1,4117	63,6048
Total	159	-	-	-
CV		20,2269	26,1107	30,9270
K linear	1	1,9387 ^{ns}	12,2233**	999,2612**
K quadr.	1	13,0267 ^{ns}	0,3886 ^{ns}	30,0976 ^{ns}
CE linear	1	203,8937**	9,4799*	1320,1774**
CE quadr.	1	1,3368 ^{ns}	34,4722**	275,0237*
K x CE	1	18,6212*	7,6776*	49,0992 ^{ns}
K linear/V1	1	32,4929**	1,4990 ^{ns}	644,3375 ^{ns}
K quadr/V1	1	8,8712 ^{ns}	1,0878 ^{ns}	16,6252 ^{ns}
CE linear/V1	1	126,5625**	1,2858 ^{ns}	2081,9266**
CE quadr./V1	1	6,6125 ^{ns}	0,8946 ^{ns}	518,8196**
K x CE/V1	1	8,1023 ^{ns}	1,4449 ^{ns}	358,6297*
K linear/V2	1	13,9211 ^{ns}	13,8383**	373,3022*
K quadr/V2	1	4,5189 ^{ns}	0,0260 ^{ns}	13,5509 ^{ns}
CE linear/V2	1	79,9906**	10,3706**	33,1344 ^{ns}
CE quadr./V2	1	0,8767 ^{ns}	54,1319**	0,4562 ^{ns}
K x CE/V2	1	10,6027 ^{ns}	7,3795*	81,5048 ^{ns}

*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE 104.

A adição do cloreto de potássio, estimulou a produção de matéria seca de ambas as até os maiores valores de 11,54 e 10,49 g planta⁻¹ nas doses máximas estimadas de cloreto de potássio iguais 3,2 e 1,4 g planta⁻¹ de KCl, relativas as cultivares CE 104 e CE 790 (Figura 19A).

No que se refere à salinidade, o aumento do teor salino das águas inibiu a acumulação de matéria seca total de ambas as cultivares ao nível de 5,0 dS m⁻¹, independente da cultivar em estudo, ajustou-se a um modelo linear, reduzindo cerca de 0,7212 g planta⁻¹ para cada aumento unitário da salinidade da água de irrigação (Figura 19 B).

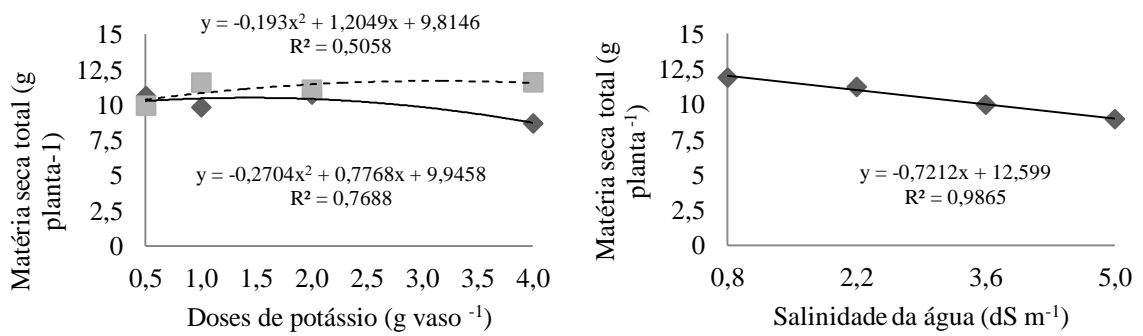


Figura 19: Matéria seca total (MST) das cultivares CE790(—) e CE104 (---) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água – CE dS m⁻¹ (B).

Dentre as cultivares apenas a CE104 respondeu aos efeitos da interação salinidade da água x potássio no solo nos valores da relação da matéria seca entre a parte aérea e raízes - RPR (Figura 20 – Tabela 3). Os valores da relação parte aérea/raiz aumentaram com a salinidade da água até o maior valor de 5,62g na condutividade elétrica máxima da água estimada de 2,43 dS m⁻¹.

$$RPR = 2.092899305 - 0.755000000 * K + 4.002642361 * CE - 0.822586806 * CE^2 + 0.172930556 * K * CE$$

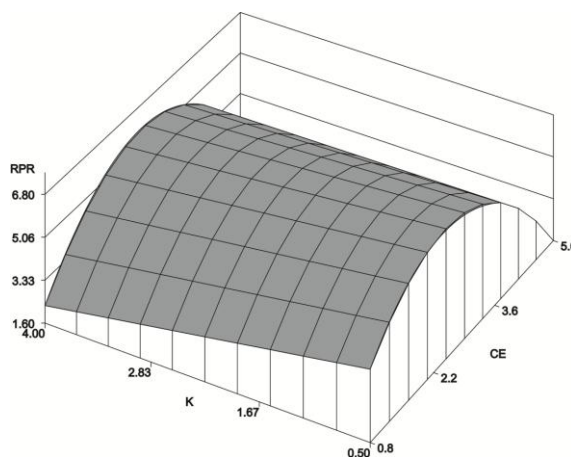


Figura 20: Relação parte aérea/raiz (RPR) da cv. CE104(C) das plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Essa situação indica que o aumento do teor salino da água até 2,43 dS m⁻¹ proporcionou menor acumulação de matéria seca nas raiz das plantas que na parte aérea. Quanto aos efeitos do potássio, percebe-se pela redução dos valores da RPR superioridade da produção de biomassa radicular comparada à parte aérea. Esses resultados evidenciam ação

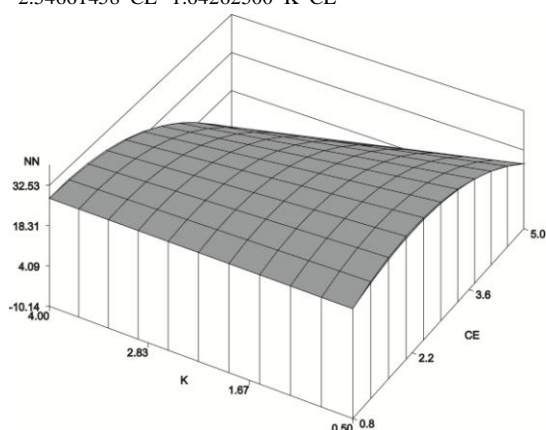
positiva do potássio na atenuação dos efeitos danosos do complexo salino da água de irrigação às plantas.

Com base nos valores da relação parte aérea/raiz observa-se que tanto o sistema radicular das plantas foi prejudicado quanto a parte aérea na presença da salinidade. Esse comportamento diverge do obtido por Lima et al. (2007) após verificarem que o aumento da salinidade da água inibiu mais o crescimento do sistema radicular em plantas de feijão-de-corda foi mais afetado que a parte aérea.

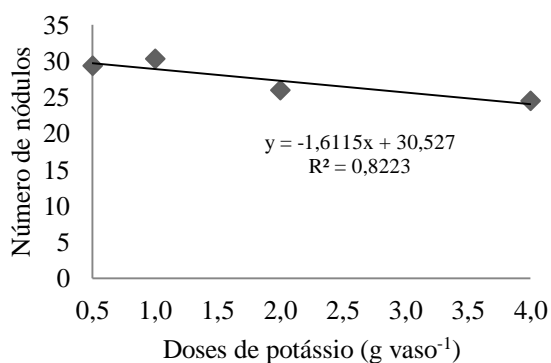
Os resultados em apreço divergem também dos apresentados por Souza et al. (2007) em que o aumento do teor salino das águas resultou em menor produção de matéria seca radicular e, portanto, em maiores valores da relação parte aérea/raiz.

A interação tripla variedade x potássio x salinidade influenciou estatisticamente o número de nódulos (Tabela 3). O aumento das doses de potássio inibiu a produção de nódulos na cultivar CE104 (Figura 21 B) e estimulou a produção do número de nódulos na cultivar CE790 (Figura 21 A). Na cultivar CE790 (Figura 21 A) a salinidade da água exerceu efeito positivo até a condutividade elétrica 2,41 dS m⁻¹ com uma produção nodular máxima de 27 nódulos planta⁻¹ (Figura 21 A). Quanto aos efeitos do potássio, houve um aumento de 26,65% (Figura 21 A).

$$NN = 18.98567708 + 1.50291667 * K + 12.27682292 * CE - 2.54661458 * CE^2 - 1.64262500 * K * CE$$



A



B

Figura 21: Número de nódulos de plantas de feijão-de-corda (NN) da cultivar CE790 (A), em função das doses de potássio e da salinidade da água (dS m⁻¹) e da cultivar CE104 (B), em função das doses de potássio no solo.

O aumento da salinidade da água prejudicou mais intensamente a produção de nódulos da cv. CE790 que da CE104. Tendência semelhante foi registrada por Lima et al. (2007), ao concluírem que o número de nódulos do feijão-de-corda foi a variável mais afetada

negativamente pela salinidade da água de irrigação, com perdas de até superior a 98% com o incremento salino da água.

Para Ferreira et al. (2011a), a nodulação exerce uma relação direta com a produtividade; de acordo com Xavier et al. (2007), plantas com os maiores valores de massa média e número de nódulos fixam mais N do ar e do solo. No entanto, a eficiência não é apenas do número de nódulos, mas da população de nódulos com tamanhos e massa suficiente para a eficiência produtiva das plantas.

4.2. Análises Nutricional das Folhas

4.2.1. Fósforo, nitrogênio, potássio e sódio

Os teores de fósforo e nitrogênio foram influenciados estatisticamente pela interação variedade x potássio (Tabela 4).

Tabela 4: Resumo das análises de variância para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e sódio (Na) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		N	P	K	Na
Variedade (V)	1	517,8241**	9,8986**	341,2750**	3,1493**
Potássio (K)	3	207,5306**	0,2803**	165,8137**	4,3621**
V x K	3	181,0530**	0,3821**	15,4417**	1,2970**
Salinidade (CE)	3	20,8864 ^{ns}	1,3038 ^{ns}	9,5141*	6,5577**
V x CE	3	22,0526 ^{ns}	0,0413 ^{ns}	10,8522*	7,2349**
K x CE	9	30,1920 ^{ns}	0,3495 ^{ns}	11,9751**	3,8429**
V x K x CE	9	29,0428 ^{ns}	0,2853 ^{ns}	9,7194**	3,4000**
Resíduo	128	42,1061	0,1649	3,3532	0,2614
Total	159	-	-	-	-
CV		29,3769	21,4419	16,1608**	28,6608
K linear	1	348,9758**	0,0003**	422,2461**	2,5887**
K quadr.	1	151,7671 ^{ns}	0,8028 ^{ns}	68,2075 ^{ns}	8,0966**
CE linear	1	22,9570 ^{ns}	3,5361 ^{ns}	0,0038**	17,2022**
CE quadr.	1	34,1510 ^{ns}	0,3399 ^{ns}	25,9679**	1,4769*
K x CE	1	0,4870 ^{ns}	0,4884 ^{ns}	38,2844**	1,0155 ^{ns}
K linear/V1	1	839,7775**	0,4301**	100,3064**	0,0762 ^{ns}
K quadr./V1	1	150,4515 ^{ns}	0,1043 ^{ns}	21,3040*	0,9190 ^{ns}
CE linear/V1	1	10,2784 ^{ns}	1,3874 ^{ns}	0,8499 ^{ns}	21,1025**
CE quadr./V1	1	97,2405 ^{ns}	0,3426 ^{ns}	7,4267 ^{ns}	3,7946**
K x CE/V1	1	1,30488 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	62,4861**	0,0783 ^{ns}
K linear/V2	1	6,5543 ^{ns}	0,4669 ^{ns}	362,7058**	3,9969**
K quadr./V2	1	26,5881 ^{ns}	0,8915 ^{ns}	49,9009**	9,3967**
CE linear/V2	1	12,7448 ^{ns}	2,1947 ^{ns}	0,6958 ^{ns}	1,6174*
CE quadr./V2	1	2,5489 ^{ns}	0,0572 ^{ns}	20,0834*	13,4445**
K x CE/V2	1	0,0241 ^{ns}	0,8416 ^{ns}	0,7149 ^{ns}	1,3117*

*,** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE 104.

Os teores de nitrogênio nas folhas do feijão-de-corda da cultivar CE790 (Figura 22A) reduziram a cada incremento das doses de potássio com uma concentração mínima de 19,29 g kg⁻¹ de N na dose de potássio estimada de 3,4 g vaso⁻¹. A cultivar CE104 apresentou-se com uma menor concentração de N em relação a CE 790, pois com o aumento das doses de potássio os teores de N foram reduzidos nas folhas até a dose mínima estimada de 2,08 g vaso⁻¹. Os teores de fósforo nas folhas de feijão-de-corda reduziram com o aumento das doses de potássio, ajustando-se a um modelo quadrático, a partir da dose estimada 2,64 g vaso⁻¹ para

a cultivar CE104 (Figura 22B) e a partir da dose estimada de 1,38 g vaso⁻¹ para a cultivar CE 790 (Figura 22B). A aplicação de potássio não foi eficiente para uma melhor absorção de fósforo. Ferreira et al. (2007) e Oliveira et al. (2011) observaram em milho e em berinjela, respectivamente, que os teores foliares de fósforo foram reduzidos quando as plantas estava sob estresse salino. Por outro lado, estão de acordo com Lacerda et al. (2006), que ao avaliar a interação entre salinidade x fósforo em sorgo forrageiro verificaram que os teores de P nas folhas aumentaram com o aumento da salinidade nas plantas.

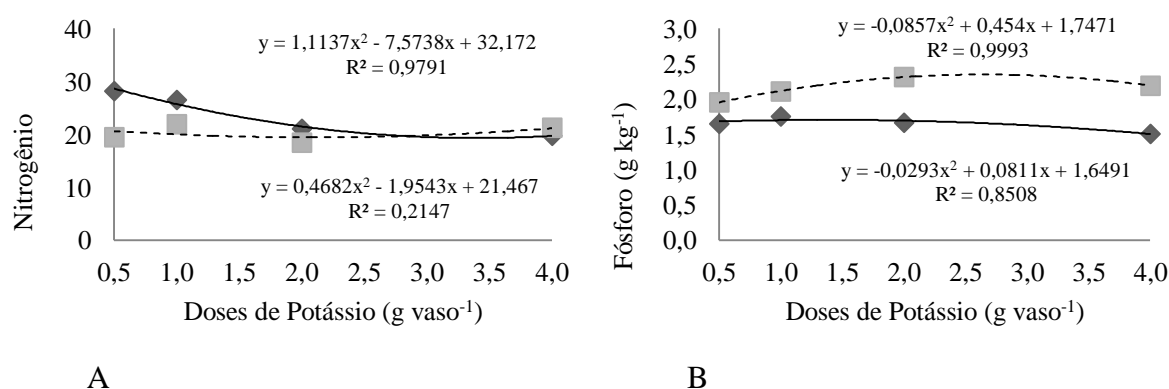


Figura 22: Teores de Nitrogênio (A) e Fósforo (B) nas folhas das cultivares CE790 (___) e CE104 (----) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Segundo Silva et al. (2003), esse fato pode estar relacionado a um possível efeito de concentração devido à redução do crescimento foliar ou às diferenças na distribuição desse elemento entre as diferentes partes da planta. Lacerda et al. (2006) também verificaram que o aumento nos teores de P em plantas estressadas não as favoreceu e pode ter contribuído para a inibição do crescimento das plantas de sorgo. Esses resultados podem justificar a redução da matéria seca da parte aérea das plantas de feijão submetidas a estresse salino como indicado (Figura 13 A). Os valores de P encontram-se deficientes às plantas comparando-se com os valores exigidos pelas plantas de feijão, que conforme Malavolta, Vitti e Oliveira, (1997) deve variar de 4 a 7 g kg⁻¹.

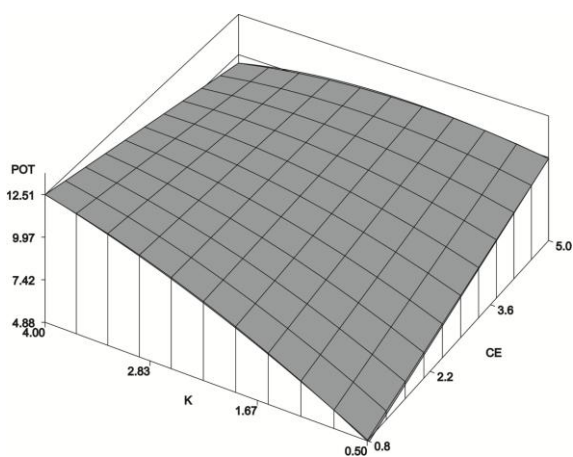
Além da irrigação com água salina, preparada com base nos sais citados anteriormente, a fonte utilizada para a aplicação de potássio pode ter influenciado na redução dos teores de N e P na folha. Nesse sentido Bar et al. (2007) afirmam que a redução dos níveis de nitrogênio pode ser devida ao aumento da absorção e acúmulo de Cl⁻ nas plantas. Essa redução, frequentemente vem acompanhada por decréscimo no teor de NO₃⁻, na parte aérea, o que é atribuído a um efeito antagônico do cloreto sobre a absorção de nitrato ou a redução na

absorção de água. Os valores de N exigido pela cultura do feijoeiro deve se situar em torno de 30 a 35 g kg⁻¹, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira, (1997), o que pode ser verificado uma deficiência desse nutriente nas cultivares.

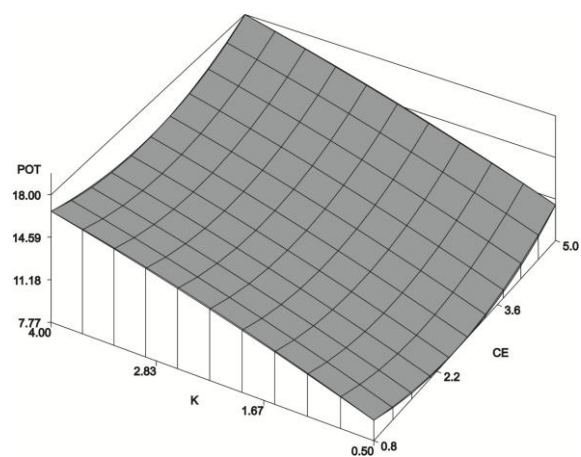
Os teores de potássio e sódio, nas folhas do feijoeiro apresentaram interferência estatística pela interação tripla variedade x potássio x salinidade (Tabela 4). Os teores de potássio nas folhas de feijão-de-corda aumentaram com as doses de potássio aplicadas, apresentando uma interação entre doses de potássio e níveis de salinidade na cultivar CE790 (Figura 23A) e em maiores quantidades na cultivar CE104 (Figura 23B). Nas duas cultivares, em estudo, houve um aumento dos teores de K⁺ em função dos níveis de salinidade, onde o potássio na cv. CE104 seguiu uma tendência quadrática, reduzindo até o nível estimado de 2,58 dS m⁻¹ e crescendo a partir desse estresse.

$$K=2.065645833 + 3.843070833*K + 1.470516667*CE - 0.271104167*K^2 - 0.551330000*K*CE$$

$$K=9.806875000+2.661208333*K-2.588625000*CE-0.127291667*K^2 + 0.501041667*CE^2$$



A



B

Figura 23: Teores de potássio – POT, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Os teores foliares de sódio em ambas as cultivares, aumentaram com o teor salino das águas até 3,55 e 5,0 dS m⁻¹ nas respectivas plantas (Figura 24A e 24B), com superioridade para a cultivar CE104 (Figura 24B).

$$Na = -0.913562500 + 0.329650000 * K + 1.548333333 * CE - 0.217791667 * CE^2 - 0.067208333 * K$$

$$Na = 1.635729167 + 1.707377083 * K - 1.594831250 * CE + 0.409947917 * CE^2 - 0.299718750 * K^2 - 0.131091667 * K * CE$$

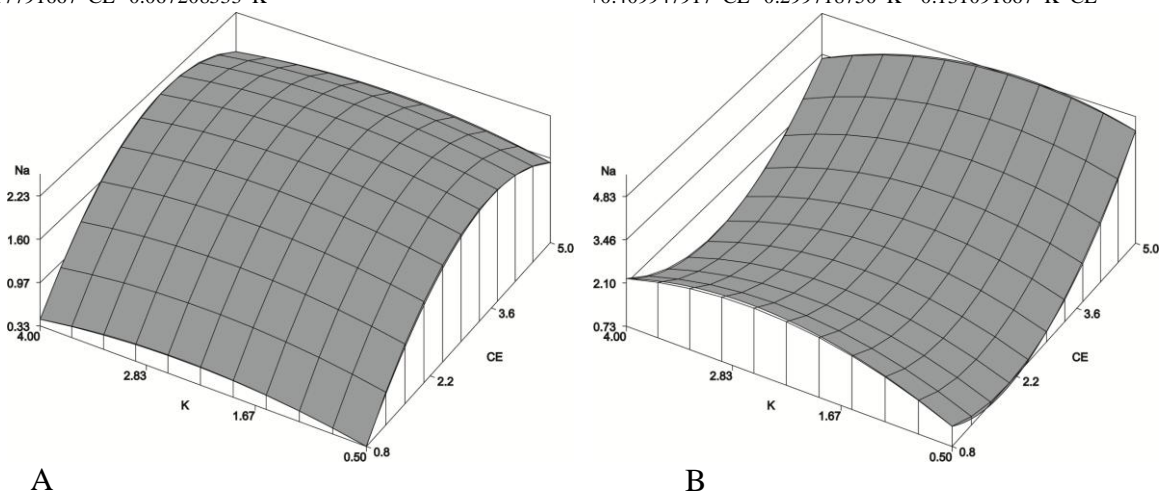


Figura 24: Teores de Sódio – Na nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – $dS\ m^{-1}$).

A adubação potássica e a salinidade da água exerceram efeitos positivos na acumulação de potássio e sódio nas folhas das plantas com o aumento do teor salino da água de irrigação (Figura 25). Os resultados divergem de Garcia et al. (2007), ao constatarem que a salinidade do solo prejudicou os teores foliares de potássio em plantas de milho. Discordam também Bosco et al. (2009) ao concluírem que o estresse salino provocou decréscimo na composição de potássio em berinjela. Para Marschner (1995), a deficiência de K^+ pode ser induzida pela competição com o Na^+ nos sítios de absorção.

Pelos resultados da Figura 25, o aumento das doses de potássio inibiu a absorção e translocação do sódio das raízes para as folhas em relação ao potássio. Esses resultados contrastam com Sousa (2008), após estudarem um ciclo de rotação cultural milho e feijão-de-corda, utilizando água de baixa e alta salinidade, observaram que os teores de Na^+ superaram os de K^+ em folhas de milho.

A manutenção dos níveis adequados de potássio em ambientes salino exerce efeito positivo na sobrevivência e produção de plantas na presença de salinidade. O potássio, conforme Marchner, (1995), contribui para o baixo potencial osmótico das raízes e possibilita maior ajustamento osmótico aos sais.

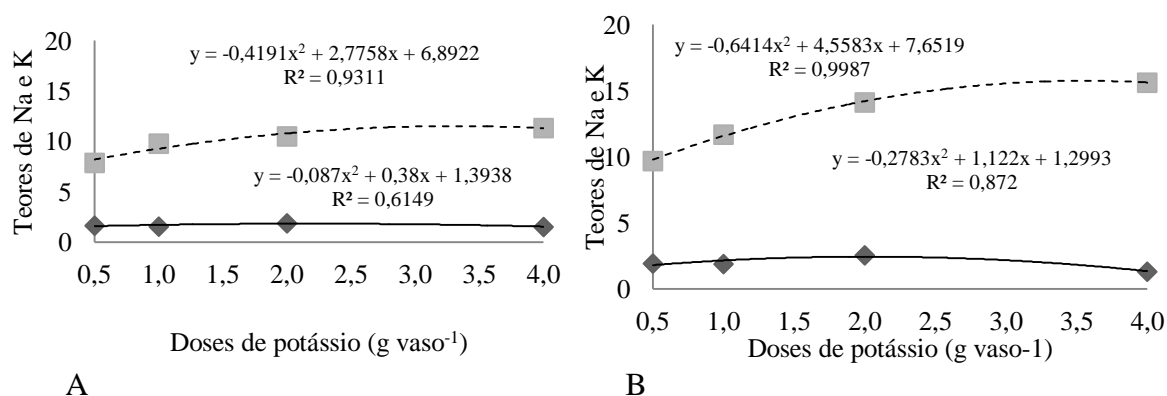


Figura 25: Relação entre os teores de Sódio (—) e Potássio (---) nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K).

Os resultados estão de acordo com os de Meiri et al. (2001) ao constatarem que os teores de K^+ nas folhas aumentou com o aumento da salinidade. Estão em consonância também com Bayuelo-Jiménez, Debouck e Lynch (2003) ao registrarem que algumas variedades de feijão *Phaseolus* sob condições salinas, absorveram mais potássio do que sódio.

4.2.2. Cálcio e magnésio

A interação tripla afetou estatisticamente os teores de cálcio e magnésio (Tabela 5). A acumulação foliar de cálcio foi diferenciada em relação às doses de potássio no solo e em geral, aumentou com a elevação da salinidade na água entre as distintas cultivares de feijão-de-corda (Figura 26).

Tabela 5: Resumo das análises de variância para sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		Ca	Mg
Variedade (V)	1	382,8731**	15875897,63**
Potássio (K)	3	49,1057**	5321528,69**
V x K	3	99,9987**	5665164,48**
Salinidade (CE)	3	15,8613 ^{ns}	8048447,65**
V x CE	3	41,8281162**	11499531,50**
K x CE	9	31,1055**	2349372,98**
V x K x CE	9	49,4423**	1066759,91**
Resíduo	128	6,8291	455189,2
Total	159	-	-
CV		14,1960	13,2641
K linear	1	85,5268**	2242580,63*
K quadr.	1	5,0335 ^{ns}	9846096,86**
CE linear	1	47,5146**	23764937,40**
CE quadr.	1	0,0294 ^{ns}	195491,65 ^{ns}
K x CE	1	1,0713 ^{ns}	1419986,79 ^{ns}
K linear/V1	1	18,8287 ^{ns}	3846448,56**
K quadr./V1	1	9,4408 ^{ns}	21573681,12**
CE linear/V1	1	59,2376**	46494706,16**
CE quadr./V1	1	47,1897**	293188,11 ^{ns}
K x CE/V1	1	53,2546**	548257,98 ^{ns}
K linear/V2	1	303,3853**	24518,37 ^{ns}
K quadr./V2	1	0,0100 ^{ns}	42914,84 ^{ns}
CE linear/V2	1	4,2094 ^{ns}	5698,54 ^{ns}
CE quadr./V2	1	43,9137*	1361317,34 ^{ns}
K x CE/V2	1	34,0333*	892604,84 ^{ns}

*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

Os teores de Ca²⁺ nas folhas do feijoeiro foram divergentes entre as cultivares com relação à aplicação das doses de potássio (Figura 26), apresentando um crescimento linear na cultivar CE790 (Figura 26A) e um decréscimo linear para a cultivar CE104 (Figura 26B) a cada incremento das doses de potássio. Essa diferença pode ser justificada pela maior tolerância da cv. CE104 (Figura 26A) em absorver maiores concentrações potássio sob estresse. Em ambas as cultivares houve uma interação significativa entre as doses de potássio e os níveis de salinidade na água de irrigação. Os teores exerceram um aumento de 63% e uma redução de 41% expressando estímulo e inibição na acumulação de Ca⁺ entre as

cultivares CE790 e CE104 respectivamente com o aumento das doses de potássio aplicadas ao solo.

$$\text{Ca} = 12.74172439 + 2.41427860 * \text{K} - 0.98948513 * \text{CE} + 0.76803152 * \text{CE}^2 - 0.83240505 * \text{K} * \text{CE}$$

$$\text{Ca} = 21.82783585 - 2.43598974 * \text{K} + 3.22898907 * \text{CE} - 0.74089260 * \text{CE}^2 + 0.27225768 * \text{K} * \text{CE}$$

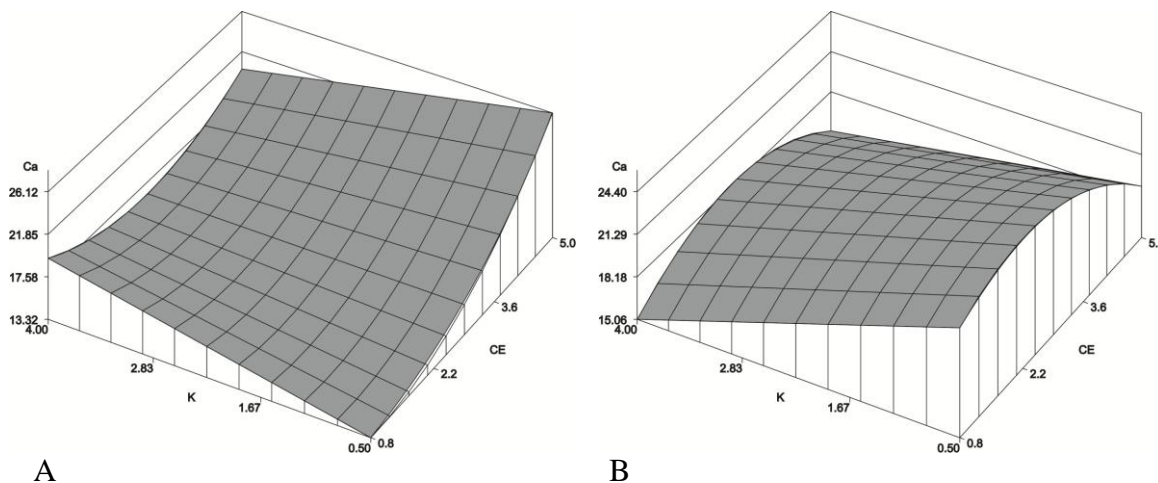


Figura 26: Teores de cálcio (Ca) nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

O comportamento das plantas na cultivar CE104 foi semelhante ao das plantas de sorgo por Lacerda et al. (2004), ao verificaram que sob estresse salino as plântulas não foram capazes de manter as mesmas concentrações de Ca²⁺ nas folhas, resultando em uma redução de 30% em relação as plantas controle.

Segundo Epstein e Bloom (2006), geralmente os teores de Ca²⁺ são maiores nas folhas do que em outras partes da planta e, esse resultado deve-se, possivelmente, ao fato de que, na planta o Ca²⁺ move-se com a água, sendo sua translocação e seu teor nos tecidos sujeitos à taxa de transpiração.

A relação antagônica do Na⁺ com K⁺ é evidente em alguns trabalhos com as plantas submetidas a estresse, no entanto, pôde ser observado que a composição química da água de irrigação afetou a composição mineral das folhas de feijão-de-corda. Os teores de Na⁺ e K⁺ foram menores em torno do nível de salinidade 2,2 dS m⁻¹ (Figura 23B e 23D) onde, nesse mesmo nível de salinidade, os teores de Ca²⁺ nas folhas do feijoeiro foi maior.

Esses resultados confirmam a avaliação feita no crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação por Sousa et al. (2007), o que pode ser um indicativo de que nesta espécie o antagonismo entre Ca²⁺ e K⁺ pode ser superior do que o antagonismo entre Na⁺ e K⁺.

Os teores de magnésio acumulados nas folhas aumentaram linearmente com a elevação da salinidade da água e aumentaram com as doses de potássio até a dose máxima estimada de 2,82g vaso⁻¹ de KCl aplicado ao solo (Figura 27). A partir dessa dose a tendência dos resultados está semelhante com a observada por Kano, Cardoso e Bôas (2010), em que a acumulação foliar de magnésio foi reduzida com o aumento de potássio no solo.

$$\text{Mg} = -341.614484 + 2905.218213 * \text{K} + 681.870309 * \text{CE} - 513.952141 * \text{K}^2$$

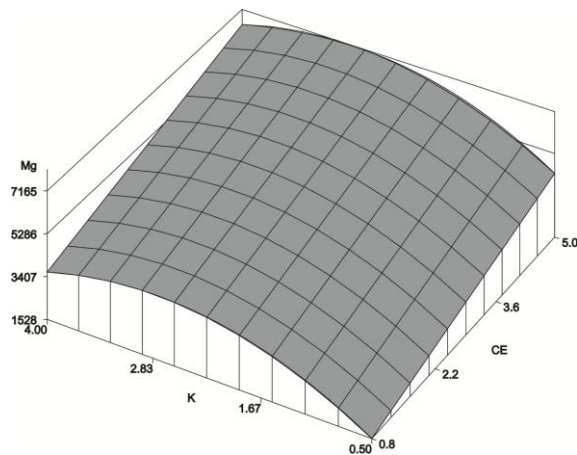


Figura 27: Teores de e magnésio (Mg) em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹)

4.2.3. Manganês, cobre, zinco e ferro

Os teores de manganês e cobre apresentaram uma interferência estatística da interação tripla variedade x potássio x salinidade, já os teores de zinco foram estatisticamente significativos pela interação variedade x salinidade e os teores de ferro pelo efeito isolado de potássio (Tabela 6).

Tabela 6: Resumo das análises de variância para ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		Fe	Cu	Mn	Zn
Variedade (V)	1	6673,6810 ^{ns}	0,2552 ^{ns}	4993,1900*	481,0611**
Potássio (K)	3	4758,0606**	48,3553**	52025,2949**	61,9257 ^{ns}
V x K	3	5436,4941 ^{ns}	163,6733**	7040,4071**	1,6606 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	2882,6408 ^{ns}	10,7309**	2334,9965*	23,9120 ^{ns}
V x CE	3	2529,4388 ^{ns}	49,0601**	13134,5173**	137,8345**
K x CE	9	3457,3082 ^{ns}	27,7193**	6006,4428**	37,0736 ^{ns}
V x K x CE	9	3856,7051 ^{ns}	16,0825**	3432,1869**	11,4392 ^{ns}
Resíduo	128	2282,4105	1,0304	858,1154	28,1862
Total	159	-	-	-	-
CV		28,5736	50,1845	31,78468	21,8321
K linear	1	5192,8063 ^{ns}	0,0832 ^{ns}	131830,873**	35,5188 ^{ns}
K quadr.	1	8660,6720 ^{ns}	62,6296**	24017,8738**	144,5772*
CE linear	1	6764,7727 ^{ns}	12,9133**	2963,1843 ^{ns}	0,3334 ^{ns}
CE quadr.	1	195,5823 ^{ns}	9,7490**	378,0752 ^{ns}	1,0249 ^{ns}
K x CE	1	1027,7233 ^{ns}	128,7544**	8791,3409**	4,1199 ^{ns}
K linear/V1	1	16600,5088**	153,6708**	97272,987**	7,3499 ^{ns}
K quadr./V1	1	4554,5027 ^{ns}	4,8878*	526,1631 ^{ns}	64,3612 ^{ns}
CE linear/V1	1	5758,7499 ^{ns}	36,4355**	8622,2066**	176,2029**
CE quadr./V1	1	84,2525 ^{ns}	5,4764*	1277,2348 ^{ns}	27,4402 ^{ns}
K x CE/V1	1	1521,1808 ^{ns}	16,3231**	1282,7247 ^{ns}	1,2452 ^{ns}
K linear/V2	1	725,3938 ^{ns}	163,9548**	40640,084**	32,6876 ^{ns}
K quadr./V2	1	4111,8260 ^{ns}	179,6344**	38507,1330**	80,6761 ^{ns}
CE linear/V2	1	1634,5967 ^{ns}	123,6139**	28845,2006**	155,1892*
CE quadr./V2	1	112,3380 ^{ns}	4,3076*	3998,8691*	14,4904 ^{ns}
K x CE/V2	1	7113,1263 ^{ns}	144,1654**	9367,2509**	3,0786 ^{ns}

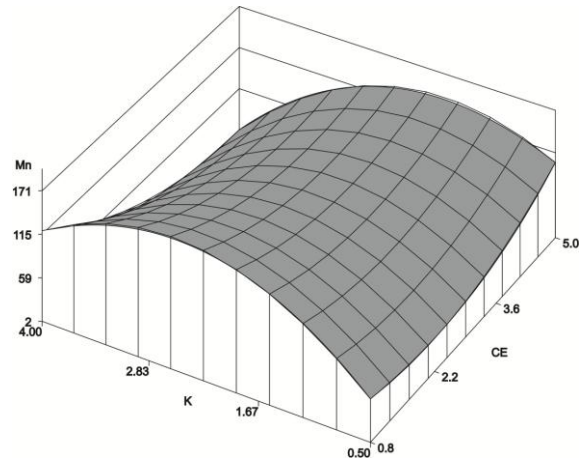
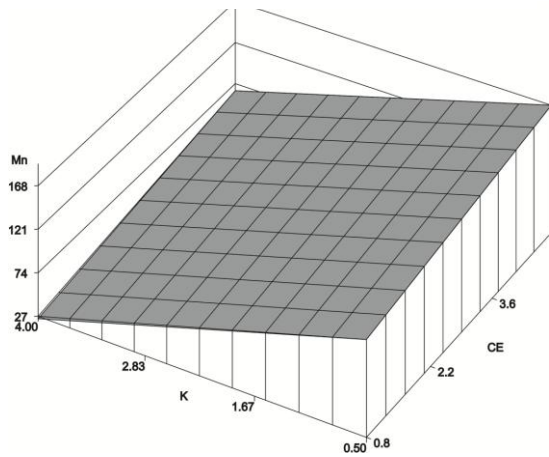
*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

Os teores foliares de manganês foram reduzidos linearmente com o aumento das doses de potássio na cultivar CE790 (Figura 28A) aumentaram até a dose máxima estimada de KCl aplicada ao solo de 2,76 g vaso⁻¹ na cultivar CE104 (Figura 28B).

$$\text{Mn} = 136.4504687 - 29.2352500 * \text{K} + 9.2855833 * \text{CE}$$

$$\text{Mn} = 10.7035771 - 24.7166825 * \text{CE} + 144.2548012 * \text{K} - 26.1042027 * \text{K}^2 + 7.0700682 * \text{CE}^2 - 11.0470143 * \text{K} * \text{CE}$$



A

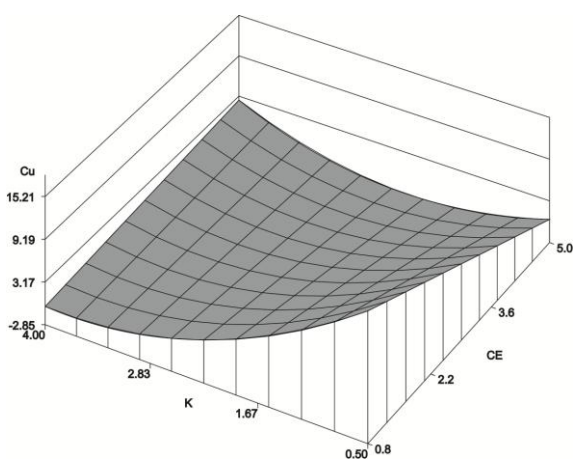
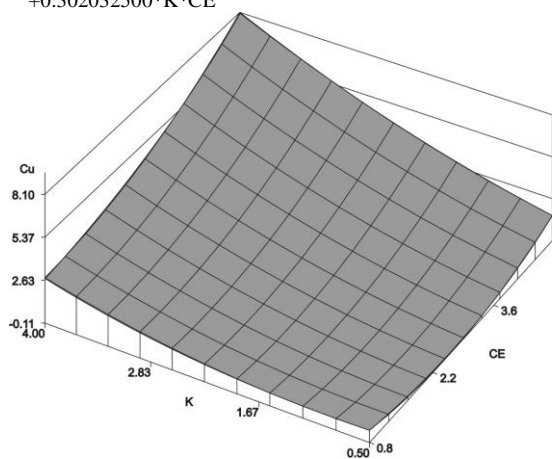
B

Figura 28: Teores de Manganês – Mn, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e dos níveis de salinidade.

Verifica-se também nas respectivas figuras que os teores de micronutriente foram estimulados pelo aumento salino das águas. Os teores de cobre diferiram entre as cultivares, apresentando na cultivar CE790 (Figura 29A), aumento com o incremento das doses de potássio, e na cultivar CE104 (Figura 29B), os teores de potássio inibiram também o cobre nas folhas. A composição iônica da água de irrigação também aumentou o teor de cobre entre as cultivares, onde a cv. CE790 seguiu tendência semelhante à de cálcio na mesma cultivar.

$$\text{Cu} = 1.807927083 - 1.459665625 * \text{CE} - 0.672053125 * \text{K} + 0.231203125 * \text{K}^2 + 0.261640625 * \text{CE}^2 + 0.302032500 * \text{K} * \text{CE}$$

$$\text{Cu} = 23.55068395 - 4.10636050 * \text{CE} - 11.77529279 * \text{K} + 1.41998396 * \text{K}^2 + 1.19781690 * \text{K} * \text{CE}$$



A

B

Figura 29: Teores de Cobre – Cu, nas folhas das cultivares CE790 (A) e CE104 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m^{-1}).

A interação salinidade x variedade interferiu significativamente sobre a acumulação foliar de zinco foliares do feijão-de-corda (Tabela 6). Os teores de zinco foram elevados na cultivar CE790 (Figura 30A) de 20,58 para 24 mg kg⁻¹ e reduziram na cultivar CE104 (Figura 30A) de 28 para 24,18 mg kg⁻¹ entre os valores das plantas irrigadas com água de menor e maior condutividade elétrica. Esses valores evidenciam aumentos de 19% e decréscimo de 14% entre as respectivas variedades.

Os teores ferro nas folhas de feijoeiro, exceto pelas doses de potássio, não foram influenciados por nenhuma outra fonte de variação (Tabela 6). Conforme indicado na Figura 30B, o aumento das doses de potássio, ajustou os teores médios de ferro a um modelo quadrático.

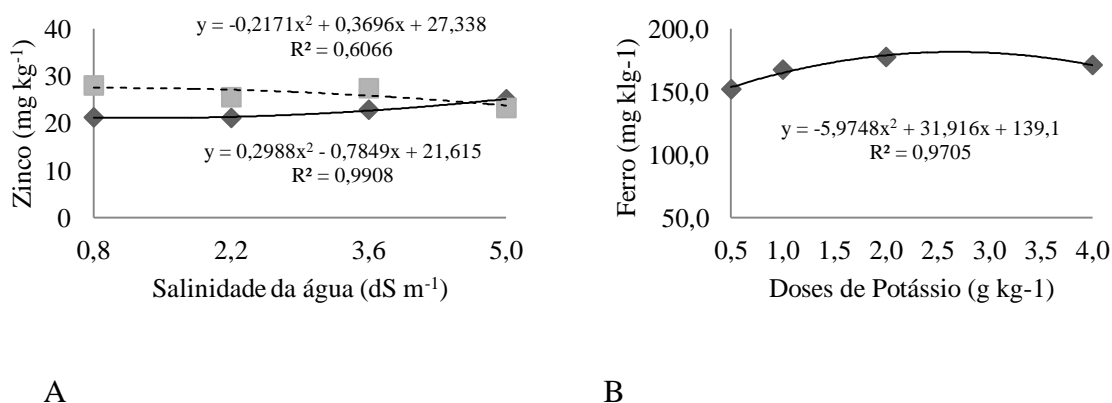


Figura 30: Teores de Zinco - Zn (A e B) e Ferro - Fe (C), nas folhas das cultivares CE790 e CE104, respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE - dS m⁻¹).

Segundo Grattan e Grieve (1999), a nutrição mineral com microrganismos, em relação a salinidade é complexa e pode aumentar, diminuir ou não ter efeito sobre a concentração na parte aérea das plantas. A concentração de micronutrientes geralmente sofre um decréscimo nas folhas das plantas, onde isso é comprovado em alguns trabalhos, o que diverge dos resultados encontrados. A maioria das culturas hortícolas indica que a salinidade reduz a concentração de Mn nas folhas, onde Doering, Schulze e Roscher (1984) observaram em feijão uma redução nos teores foliares de Mn em função da salinidade. Maas, Ogata e Garber (1972); Niazi e Ahmed (2004) verificaram incremento do Mn foliar em função da salinidade em plantas de tomateiro e esses pesquisadores verificaram que o aumento do Mn se pelo pela presença dos sais CaCl₂ e NaCl.

Com relação a cultivar CE790 a tendência de acumulação de zinco em folhas de feijão, foi semelhante à apresentada por Doering, Schulze e Roscher (1984), ao verificarem o

aumento de zinco nas folhas do feijoeiro com o aumento da salinidade. Resultados contraditórios foram apresentados por Hu e Schmidhalter (2001), ao verificarem que o aumento nas concentrações de P e Ca nas folhas, resultam em um decréscimo nas concentrações de Mn, Fe e Zn. Com relação ao efeito salino nos teores de micronutrientes, Sousa et al. (2007), apresentam resultados diferentes ao sugerirem que a aquisição de micronutrientes como ferro e manganês, pela planta, pode ser afetada pela composição do meio salino, podendo-se observar redução na absorção desses micronutrientes em função do antagonismo com o íon cálcio em excesso.

4.3. Análises Fisiológicas

4.3.1. Teores de clorofila

Os teores de clorofila reduziram com o aumento dos níveis de sais na água de irrigação seguindo uma tendência quadrática, apresentando um efeito significativo pela interação salinidade x variedade (Tabela 7).

Tabela 7: Resumo das análises de variância para clorofila (CLOR), fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) e concentração interna de carbono (Ci) das folhas de feijão-de-corda submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		CLOR	A	gs	Ci
Variedade (V)	1	553,9700**	27,0070*	19,6210 ^{ns}	1427,1419**
Potássio (K)	3	84,8218 ^{ns}	2,3742 ^{ns}	48,1906*	1293,5303**
V x K	3	52,8939 ^{ns}	4,6511 ^{ns}	70,6001**	390,1369**
Salinidade (CE)	3	136,2024*	56,3367**	1198,1925**	10245,3105**
V x CE	3	236,8402**	1,0363 ^{ns}	77,6668**	500,7128**
K x CE	9	88,8330 ^{ns}	4,7474 ^{ns}	46,7811**	238,8291**
V x K x CE	9	49,6125 ^{ns}	1,5499 ^{ns}	39,9112**	352,0738**
Resíduo	128	49,1776	4,3608	12,1909	83,8346
Total	159	-	-	-	-
CV		14,9909	11,0650	13,2641	4,7826
K linear	1	214,3116*	0,2580 ^{ns}	21,5035 ^{ns}	617,3591**
K quadr.	1	22,2496 ^{ns}	2,4365 ^{ns}	120,4120**	2943,4971**
CE linear	1	332,7553*	161,7282**	3490,6457**	28239,8191**
CE quadr.	1	24,3490 ^{ns}	4,2918 ^{ns}	30,5850 ^{ns}	787,3413*
K x CE	1	238,4174*	8,1026 ^{ns}	202,2870**	385,8186*
K linear/V1	1	34,3410 ^{ns}	3,2514 ^{ns}	102,6357**	976,5780**
K quadr/V1	1	120,5880 ^{ns}	4,4222 ^{ns}	238,1994**	2633,2593**
CE linear/V1	1	27,0660 ^{ns}	86,9453**	2367,6655**	13705,7454**
CE quadr./V1	1	113,2483 ^{ns}	5,2076 ^{ns}	14,6441 ^{ns}	1959,4773**
K x CE/V1	1	142,2823 ^{ns}	2,2057 ^{ns}	97.361567**	509,7636*
K linear/V2	1	220,3175*	6,3581 ^{ns}	12.765988 ^{ns}	15,1189 ^{ns}
K quadr/V2	1	18,5802 ^{ns}	0,0109 ^{ns}	0.007190 ^{ns}	645,7421**
CE linear/V2	1	424,1537**	75,0033**	1217.693051**	14540,2385**
CE quadr./V2	1	310,4720*	0,4195 ^{ns}	15.954880 ^{ns}	21,0104 ^{ns}
K x CE/V2	1	98,1750 ^{ns}	6,4535 ^{ns}	104.997550**	27,0442 ^{ns}

*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

A cultivar CE 790 apresentou um teor de clorofila 17% mais elevado que a cultivar CE 104 no maior nível de salinidade (Figura 31).

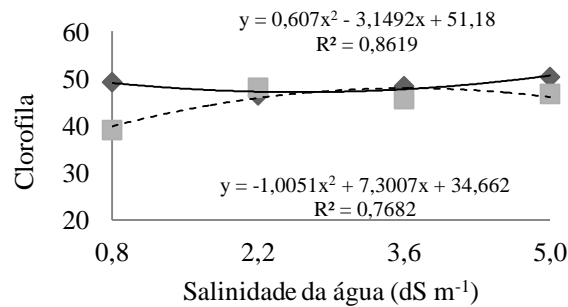


Figura 31: Clorofila (CLOROF.) em plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

Hussein; Balbaa; Gaballah (2007) explicam que o conteúdo de clorofila pode ser considerado como um dos índices para o crescimento das plantas. Segundo Soratto, Carvalho e Arf (2004), o teor de N nas folhas apresentou, em seus estudos, uma correlação alta e significativa com o teor de clorofila do feijoeiro, o que é justificado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) o fato desse elemento fazer parte da molécula da clorofila. Ferreira et al. (2011b) justificam essa forte correlação em plantas de meloeiro sob salinização, onde o teor de clorofila (SPAD) aumentou devido a um maior incremento de nitrogênio foliar.

O aumento da clorofila, mesmo com as plantas submetidas a estresse salino, pode ser explicado por alguns autores como Marschner, (1995) e Malavolta (2006), em que o potássio também proporciona alterações significativas no metabolismo fotossintético da planta, ativando mais de 50 enzimas dentro das plantas, como a Ribulose Bifosfato Carboxilase. Zhao; Oosterhuis; Bednarz (2001) relataram que plantas cultivadas com baixo suprimento de potássio apresentaram baixos teores de clorofila, reduzindo a atividade metabólica da planta.

A observação do efeito da salinidade no metabolismo de feijão-de-corda já vem em estudos do século passado, onde Seemann e Critchley (1985) avaliando os efeitos do estresse salino no crescimento, conteúdo iônico, comportamento estomático e capacidade fotossintética de espécies de *Vigna unguiculata* (L.) Walp, sensíveis a salinidade verificaram que os teores de clorofila por unidade de área foliar foi consideravelmente reduzida pelo estresse salino. Efeitos semelhantes foram observados por Silva et al. (2010), os quais comparando os efeitos da salinidade e estresse hídrico na fotossíntese, relações hídricas e crescimento de *Jatropha curcas* verificaram que o teor de clorofila diminuiu significativamente nos tratamentos com presença de sal. Degl’Innocenti et al. (2009)

evidenciam que a deficiência de potássio pode reduzir a taxa de transporte de elétrons em plantas de cevada sob estresse salino.

4.3.2. Fotossíntese, condutância estomática e concentração interna de carbono

A fotossíntese sofreu interferência estatística para o efeito isolado de salinidade e variedade (Tabela 7). O estresse salino reduziu a taxa fotossintética das plantas de feijoeiro em estudo (Figura 32). Com o aumento da salinidade na água de irrigação a taxa fotossintética reduziu até o valor de $17,5 \mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no maior nível de salinidade ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Seemann e Critchley (1985) observaram essa tendência em folhas de feijoeiro com estresse salino.

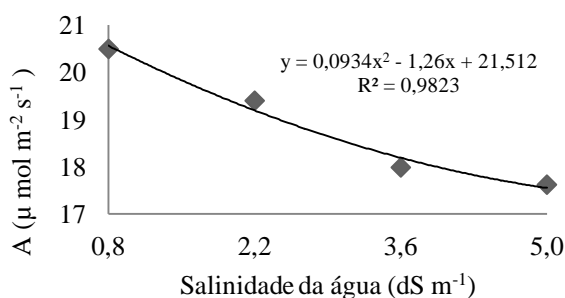
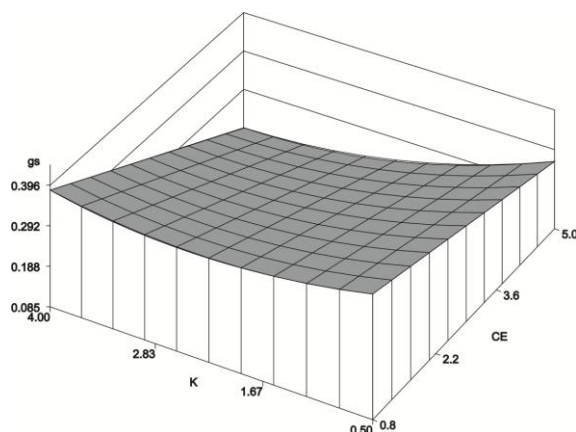


Figura 32: Valores de fotossíntese - A - $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ das plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE - dS m^{-1}).

Souza et al. (2011) observaram resultados semelhantes, pois ao avaliarem a fotossíntese e acúmulo de solutos em feijão-de-corda submetido à salinidade, verificaram que o efeito da salinidade na fotossíntese, no decorrer do experimento, foi marcante, evidenciando, também, o decréscimo na condutância estomática e no C_i , onde Silva et al. (2011b) obtiveram resultados em comum. Qui et al. (2012), também observaram essa tendência avaliando a interação deficiência de potássio x estresse salino no comprometimento da fotossíntese em mudas de milho, verificaram que essa interação resultou numa redução grave na reação fotoquímica, dificultando a taxa de transporte de elétrons dos dois fotossistemas, e explicam que as mudanças de fotossíntese das plantas pode estar relacionado as exigências fotossintéticas de potássio para reduzir a agressividade de um ambiente salino.

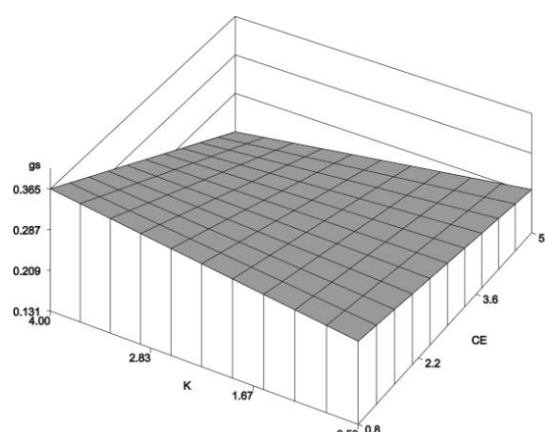
A interação tripla variedade x potássio x salinidade influenciou estatisticamente a condutância estomática (Tabela 7). A condutância estomática, da cultivar CE104 (Figura 33B), apresentou uma redução linear com relação ao incremento da salinidade nas águas de irrigação, no entanto com efeito das doses de potássio houve um acréscimo, verificando a influência do potássio num melhor controle de estômatos. Mesmo com um efeito quadrático, a cultivar CE790 (Figura 33A), apresentou valores mais elevados de g_s numa diferença de $0,031 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na maior dose de potássio em relação à outra cultivar. Esses resultados podem ser explicados pela melhor absorção de K^+ e Ca^{2+} e compartimentalização de Na^+ pela cultivar (Figura 23A, 26A e 24 C), em que a presença de potássio influencia uma maior abertura do poro estomático.

$$g_s = 0.4464 - 0.0566 * K + 0.0265 * CE + 0.0137 * K^2 - 0.0111 * K * CE$$



A

$$g_s = 0.2823 + 0.03180 * K - 0.0109 * CE - 0.0112 * K * CE$$



B

Figura 33: Condutância estomática – $g_s * 10^{-4} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ das cultivares CE790 (A) e CE704 (B) respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m^{-1}).

Souza et al. (2011), avaliando a fotossíntese e o acúmulo de solutos em feijão-de-corda submetido à salinidade, verificaram que as plantas estressadas apresentaram menor taxa de assimilação de carbono e justificam, que isso foi ocasionado pela redução da abertura dos estômatos, o que foi observado também no presente estudo. Eles observaram que o feijão-de-corda apresenta características fisiológicas favoráveis à manutenção do processo fotossintético sob curta exposição à salinidade.

A concentração interna de carbono (C_i) seguiu uma tendência quadrática nas duas cultivares com relação às doses de potássio nas duas cultivares (Tabela 7) e foi possível observar que na cultivar com maior condutância estomática (Figura 34A) houve um aumento de 1,17 % na absorção de carbono nas células. A salinidade da água de irrigação influenciou numa redução do C_i nas duas cultivares, onde a CE104 (Figura 34B) apresentou os menores valores no maior nível de salinidade.

$$Ci = 255.0623603 - 25.7231801 * CE + 2.8230858 * CE^2 - 27.0345390 * K + 5.2091086 * K^2$$

$$Ci = 232.0836542 - 9.6296991 * CE - 12.3070914 * K + 2.5795643 * K^2$$

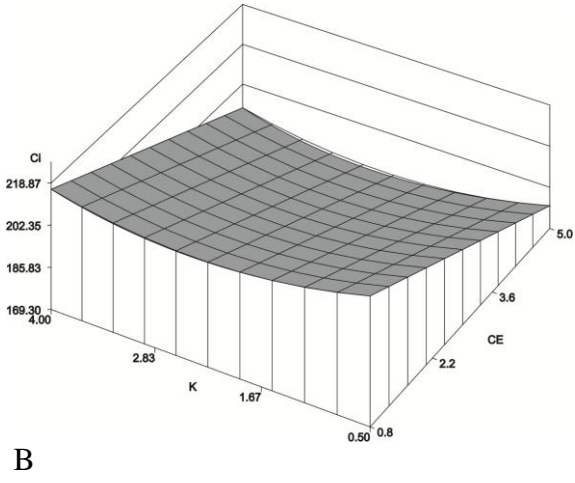
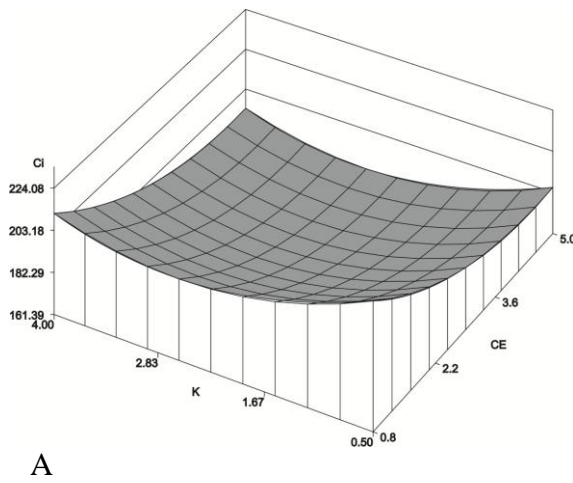


Figura 34: Carbono intracelular - Ci – PPM das cultivares CE790 (A) e CE704 (B), respectivamente em plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($dS\ m^{-1}$).

Debez et al. (2006); Zhao, Oosterhuis e Bednarz, (2001); Netondo, Onyango e Beck, (2004) verificaram efeitos semelhantes, onde o fechamento dos estômatos limitou o fluxo de CO_2 nas folhas verificando uma correlação forte entre as variáveis. Praxedes et al. (2010), ao associarem a tolerância salina de cultivares de feijão com as diferenças na acumulação de íons, alocação de biomassa e fotossíntese, verificaram que o efeito salino também aumentou a condutividade elétrica das plantas de feijoeiro e com isso a concentração interna de carbono.

4.3.3. Transpiração e temperatura foliar

A taxa de transpiração sofreu uma interferência estatística pela interação doses de potássio x salinidade e a temperatura foliar foi influenciada pelo efeito isolado de variedades e salinidade (Tabela 8).

Tabela 8: Resumo das análises de variância para transpiração (E) e temperatura foliar (Tfolha) das folhas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		E	Tfolha
Variedade (V)	1	0,2695 ^{ns}	26,7682*
Potássio (K)	3	2,4050*	2,1618 ^{ns}
V x K	3	1,6757 ^{ns}	0,9250 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	60,0754**	0,1212**
V x CE	3	0,4041 ^{ns}	0,0533 ^{ns}
K x CE	9	1,8263*	0,0011 ^{ns}
V x K x CE	9	0,8227 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Resíduo	128	0,8102	4,0800
Total	159	-	-
CV		12,2729	5,9479
K linear	1	0,4376 ^{ns}	5,7300 ^{ns}
K quadr.	1	5,9795**	0,7010 ^{ns}
CE linear	1	172,0961**	0,3633 ^{ns}
CE quadr.	1	0,1599 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
K x CE	1	7,3835**	0,0008 ^{ns}
K linear/V1	1	0,2933 ^{ns}	7,8317 ^{ns}
K quadr/V1	1	2,2196 ^{ns}	0,9953 ^{ns}
CE linear/V1	1	74,5114**	0,5024 ^{ns}
CE quadr./V1	1	0,4420 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
K x CE/V1	1	2,3117 ^{ns}	0,0046 ^{ns}
K linear/V2	1	2,1821 ^{ns}	0,3442 ^{ns}
K quadr/V2	1	3,8743*	0,0347 ^{ns}
CE linear/V2	1	98,4146**	0,0206 ^{ns}
CE quadr./V2	1	0,0098 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
K x CE/V2	1	5,3932*	0,0007 ^{ns}

** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

A taxa de transpiração apresentou uma tendência quadrática com relação às doses de potássio e uma redução linear a cada incremento da salinidade (Figura 35). A temperatura foliar foi influenciada pelo efeito isolado de variedades e salinidade (Tabela 7), no entanto, com o aumento da salinidade da água de irrigação a temperatura foliar oscilou pouco (Figura 36A) e apresentou uma diferença entre as cultivares, em que a cultivar CE 104 estava com 0,91°C a mais que a cultivar CE 790 (Figura 36B).

$$E=9.332791624-0.513453015*CE-0.417509879*K+0.175523910*K^2-0.121248615*CE*K$$

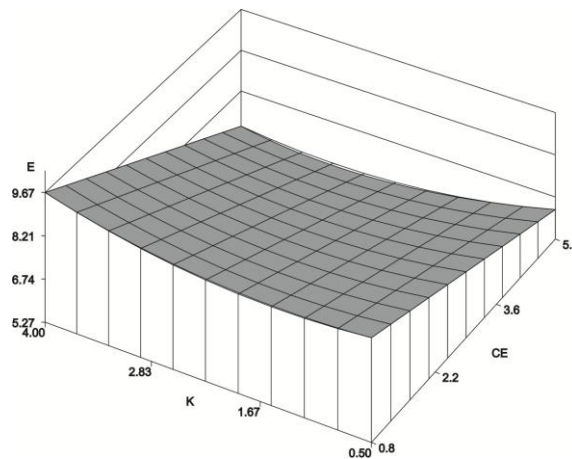
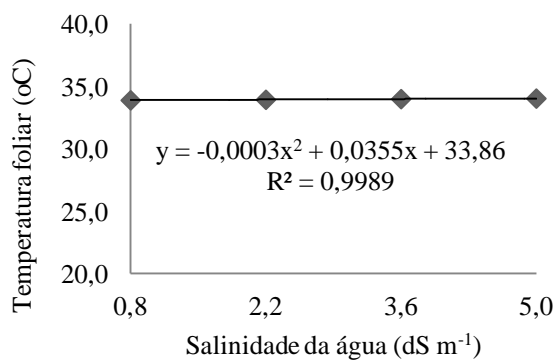
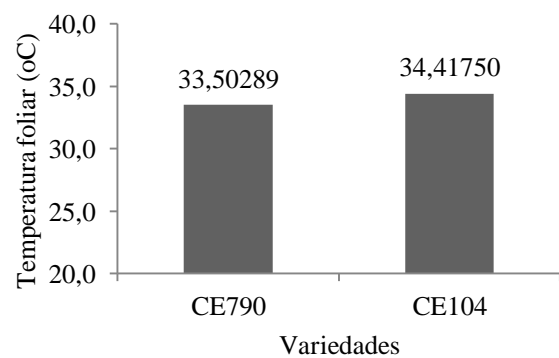


Figura 35: Transpiração (E) em folhas de feijão-de-corda irrigadas com águas salinas em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).



A



B

Figura 36: Temperatura foliar - Tfolha (A e B) em folhas das cultivares CE790 e CE704 de feijão-de-corda irrigadas com águas salinas.

Dutra et al. (2011) observaram resultados semelhantes, verificando uma correlação positiva entre transpiração e temperatura foliar, pois ao estudarem o efeito de altas temperaturas na distribuição de íons em plantas de feijão-de-corda pré-tratadas com NaCl, verificaram que as medidas de transpiração aumentaram linearmente com o aumento da temperatura tanto em plantas sem NaCl, quanto em plantas pré-tratadas.

Shabala e Cuin, (2007) explicam que temperaturas elevadas estimulam o processo respiratório. Esse aumento pode estar relacionado à ação direta do potássio, uma vez que este íon é conhecido por ser muito solúvel e desempenhar papel osmorregulatório nas células-guarda e, assim, na manutenção do turgor.

4.4. Análises de produção

4.4.1. Número, comprimento, diâmetro e matéria seca das vagens de feijão-de-corda

O número de vagens foi influenciado estatisticamente para a interação potássio x variedade e potássio x salinidade (Tabela 9).

Tabela 9: Resumo das análises de variância para número de vagens (NV), comprimento das vagens (CV), diâmetro das vagens (DV) e massa seca das vagens (MSV) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		NV	CV	DV	MSV
Variedade (V)	1	8,5562**	640,6940**	2,1608**	0,5275 ^{ns}
Potássio (K)	3	2,0437**	10,4278 ^{ns}	0,3483 ^{ns}	0,4078 ^{ns}
V x K	3	1,3854*	8,0966 ^{ns}	0,6554*	1,3930 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	3,9604**	1,8242 ^{ns}	0,8032**	9,3860**
V x CE	3	0,7604 ^{ns}	9,3985 ^{ns}	0,5677*	0,2338 ^{ns}
K x CE	9	1,7756**	8,9182 ^{ns}	0,3025 ^{ns}	0,8463 ^{ns}
V x K x CE	9	0,5173 ^{ns}	5,1056 ^{ns}	0,2658 ^{ns}	0,6026 ^{ns}
Resíduo	128	0,3765	5,8045	0,1736	0,5852
Total	159	-	-	-	-
CV		24,2428	12,5713	8,8126	30,9434
K linear	1	0,1891 ^{ns}	20,3435 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	1,1814 ^{ns}
K quadr.	1	0,0412 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0600 ^{ns}	0,0361 ^{ns}
CE linear	1	7,4112**	0,0548 ^{ns}	1,9579**	18,9689**
CE quadr.	1	4,2250**	3,4688 ^{ns}	0,1699 ^{ns}	7,9043**
K x CE	1	1,9818*	28,3092*	0,1741 ^{ns}	0,2338 ^{ns}
K linear/V1	1	2,0104*	6,1896 ^{ns}	0,6139 ^{ns}	0,1816 ^{ns}
K quadr/V1	1	0,1693 ^{ns}	7,7278 ^{ns}	0,2262 ^{ns}	0,6213 ^{ns}
CE linear/V1	1	1,4400 ^{ns}	4,8200 ^{ns}	2,5845**	12,4697**
CE quadr./V1	1	0,4500 ^{ns}	15,6127 ^{ns}	0,9437*	2,5830*
K x CE/V1	1	0,0236 ^{ns}	1,4848 ^{ns}	0,0168 ^{ns}	0,0498 ^{ns}
K linear/V2	1	0,6444 ^{ns}	15,1378 ^{ns}	0,6203 ^{ns}	3,8545*
K quadr/V2	1	0,0154 ^{ns}	8,1749 ^{ns}	0,0166 ^{ns}	0,2696 ^{ns}
CE linear/V2	1	7,0225**	3,4752 ^{ns}	0,1377 ^{ns}	6,9070**
CE quadr./V2	1	5,0000**	1,7353 ^{ns}	0,1509 ^{ns}	5,6113**
K x CE/V2	1	3,3746**	39,7652**	0,5182 ^{ns}	0,2122 ^{ns}

** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104

Com o aumento das doses de potássio as cultivares apresentaram respostas diferenciadas, em que a produção de vagens aumentou com o incremento da adubação na cultivar CE 104 (Figura 37B) e diminuiu na cultivar CE790 (Figura 37A). Na maior dose de potássio (4 g vaso⁻¹) a cultivar CE104 apresentou uma produção de vagens de aproximadamente 3 vagens planta⁻¹ e a cultivar CE 790 de aproximadamente 2 vagens planta⁻¹, nessa época de avaliação. Independente da cultivar em estudo a interação potássio x salinidade apresentou uma relação diretamente proporcional, de tal forma que o numero de vagens reduziu com o aumento de ambas as variáveis.

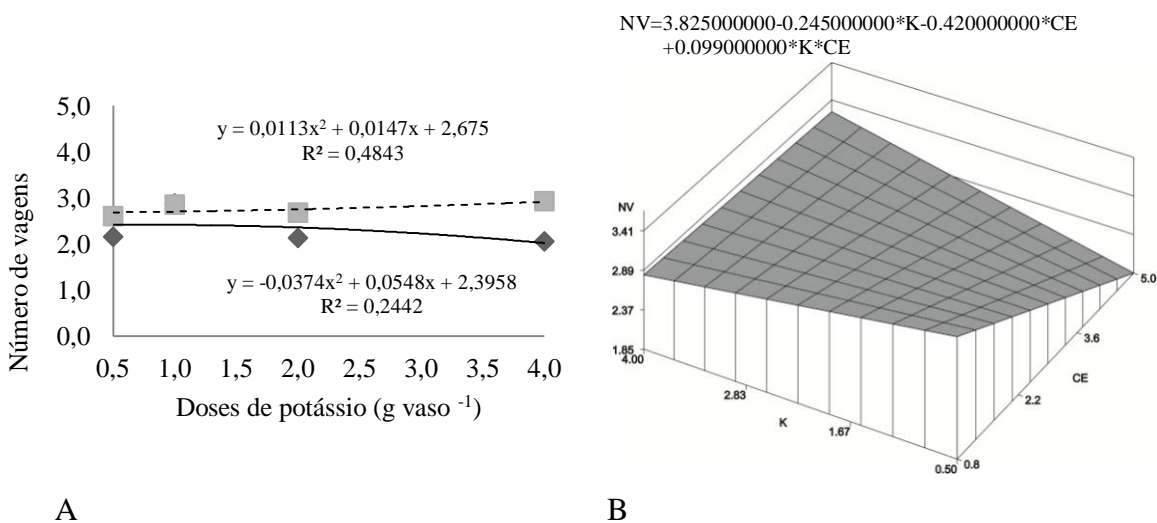


Figura 37: Número de vagens (A) das cultivares CE 790 (___) e CE104 (----) em função das doses de potássio (K) e da interação potássio x salinidade (B).

Resultados semelhantes foram obtidos por Nascimento, Pedrosa e Sobrinho, (2004), verificando o efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-de-corda, vagens e grãos verdes, observaram que o numero de vagens por planta foi grandemente afetado pelos níveis de estresse hídrico. Segundo Leite et al. (2000) tal comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência ao estresse utilizado pela planta, no sentido de buscar melhores condições para superar, produzindo menores vagens.

A concentração de sais proveniente das águas de irrigação pode ser um fator importante na produtividade das culturas (ASSIS JUNIOR et al., 2007). Esses resultados evidenciam a menor tolerância de algumas cultivares de feijão-de-corda e nesse sentido, Bezerra et al. (2010), confirmam esses resultados, ao trabalharem com rotação cultural de feijão-de-corda/milho utilizando águas salinas, verificando que, no caso dos componentes de

produção, o acréscimo de salinidade da água de irrigação afetou significativamente o número de vagens, reduzindo sua produção.

O comprimento das vagens foi influenciado apenas pelo efeito isolado de variedades (Tabela 9). A cultivar CE104 apresentou vagens maiores, cerca de 23% a mais que a cultivar CE 790 (Figura 38).

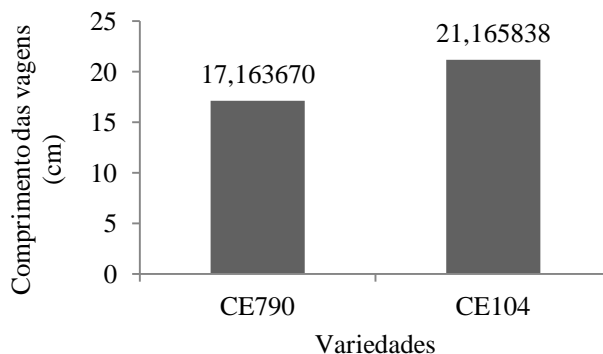


Figura 38: Comprimento das vagens das plantas de feijão-de-corda das cultivares CE790 e CE104.

Os resultados se coadunam com os de Neves et al. (2010), ao constatarem que a salinidade da água não comprometeu o tamanho das vagens do feijão-de-corda. Estão em acordo também com os obtidos por Mass e Poss (1989), ao concluírem que em casa de vegetação o feijão é mais sensível à salinidade durante o crescimento inicial do que durante a floração e produção.

O diâmetro das vagens foi influenciado significativamente pela interação variedade x potássio e variedade x salinidade (Tabela 9). Com o aumento das doses de potássio, as cultivares responderam de forma diferencial, de forma que a cultivar CE 104 (Figura 39B) sofreu uma redução e a cultivar CE790 um acréscimo, apresentando seus respectivos valores mínimos e máximos na dose 4 g vaso⁻¹ (Figura 39A). Com o aumento dos níveis salinos na água de irrigação as cultivares apresentaram, praticamente, o mesmo diâmetro quando avaliados no nível mais elevado (5,0 dS m⁻¹). Com o maior nível salino as vagens da cultivar CE790 apresentaram um diâmetro de 4,5 cm e da cultivar CE 104 de 4,6 cm.

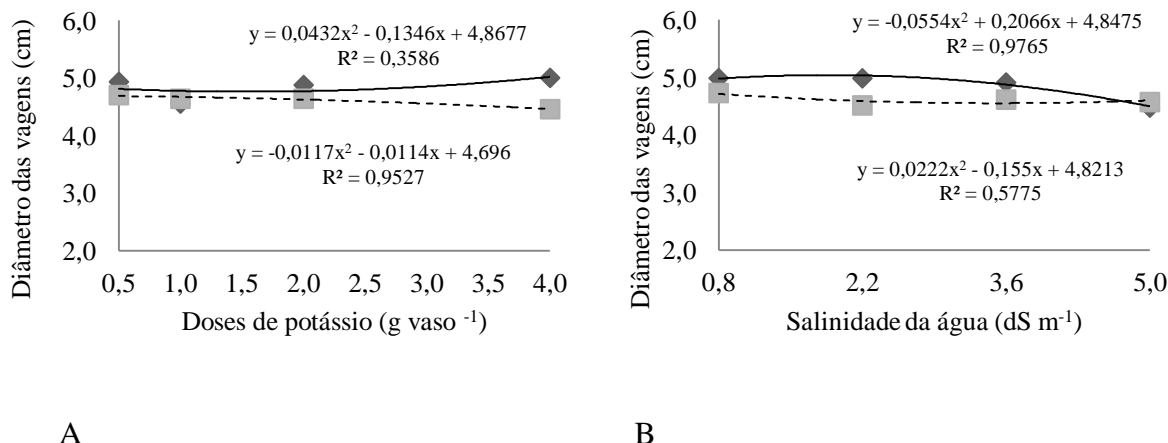


Figura 39: Diâmetro das vagens das cultivares CE 790 (—) e CE104 (---) de plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (A) e da salinidade da água (B).

A resposta positiva do diâmetro das vagens de feijão-de-corda, irrigado com água salina, ao emprego do potássio pode ser explicada pelo fato do potássio ser rapidamente redistribuído para órgãos novos, com isso há um maior controle no fechamento dos estômatos e, segundo Grusak e Pomper (1999), que encontraram resultados semelhantes, o declínio na densidade dos estômatos está aparentemente relacionado com o crescimento expansivo da vagem, havendo uma relação inversamente proporcional entre diâmetro da poda e densidade estomática.

A biomassa seca das vagens de feijão-de-corda foi influenciada significativamente pelos sais nas duas cultivares (Tabela 9). A biomassa seca das vagens ajustou-se a um modelo quadrático apresentando o seu maior valor de 2,84g planta⁻¹, no nível de salinidade 2,2 dS m⁻¹ e reduzindo a partir desse ponto (Figura 40).

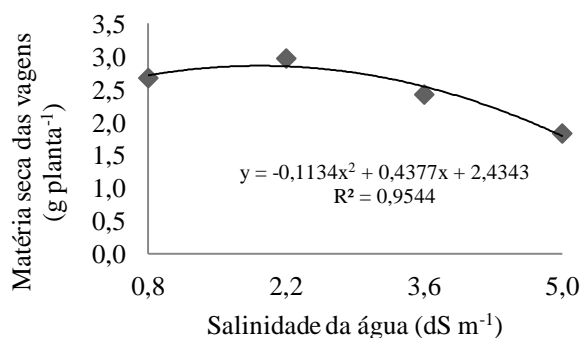


Figura 40: Matéria seca das vagens das plantas de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m⁻¹)

Comparando-se esses resultados com os de Assis Junior et al. (2007), foi possível verificar que os autores obtiveram resultados semelhantes, onde o crescimento reprodutivo sofreu efeitos depreciativos com a irrigação com água salina em torno de 5 dS m⁻¹.

4.4.2. Massa e número das sementes

A massa de sementes apresentou interferência estatística da interação potássio x salinidade, e a interação tripla variedade x potássio x salinidade foi estatisticamente significativo para o número de sementes (Tabela 10).

Tabela 10: Resumo das análises de variância para massa de sementes (MS) e número de sementes (NS) de plantas de feijoeiro submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		MS	NS
Variedade (V)	1	3,2111 ^{ns}	93,2105 ^{ns}
Potássio (K)	3	4,1269*	78,7323 ^{ns}
V x K	3	2,4308 ^{ns}	204,2455 ^{ns}
Salinidade (CE)	3	18,6984**	3081,5086**
V x CE	3	0,5039 ^{ns}	179,4534 ^{ns}
K x CE	9	3,0067*	320,7169**
V x K x CE	9	1,1260 ^{ns}	429,6760**
Resíduo	128	0,3765	123,5918
Total	159	-	-
CV		24,2428	22,9579
K linear	1	8,5118**	207,8595 ^{ns}
K quadr.	1	2,3340 ^{ns}	27,1276 ^{ns}
CE linear	1	50,3757**	8188,0233**
CE quadr.	1	4,8418*	1055,1315**
K x CE	1	7,3190*	18,1566 ^{ns}
K linear/V1	1	1,5360 ^{ns}	85,5184 ^{ns}
K quadr./V1	1	0,2769 ^{ns}	73,2885 ^{ns}
CE linear/V1	1	30,0441**	5587,5626**
CE quadr./V1	1	0,6953 ^{ns}	304,2000 ^{ns}
K x CE/V1	1	4,8576*	50,1600 ^{ns}
K linear/V2	1	8,3325**	124,1346 ^{ns}
K quadr./V2	1	7,2191*	1,4281 ^{ns}
CE linear/V2	1	20,7594**	2832,2542**
CE quadr./V2	1	5,1892*	812,0373*
K x CE/V2	1	2,6308 ^{ns}	1,1158 ^{ns}

*** significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104

Com o aumento unitário da salinidade na água de irrigação, a massa de sementes reduziu aproximadamente $0,94 \text{ g planta}^{-1}$, e a aplicação de potássio não interferiu em uma melhoria dessa variável (Figura 41). O aumento da salinidade das águas prejudicou linearmente o número de sementes da cultivar CE790, com declínios de 60% (Figura 42). Nas plantas da cultivar CE104 o maior número de sementes correspondeu à salinidade máxima estimada de $1,73 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 42).

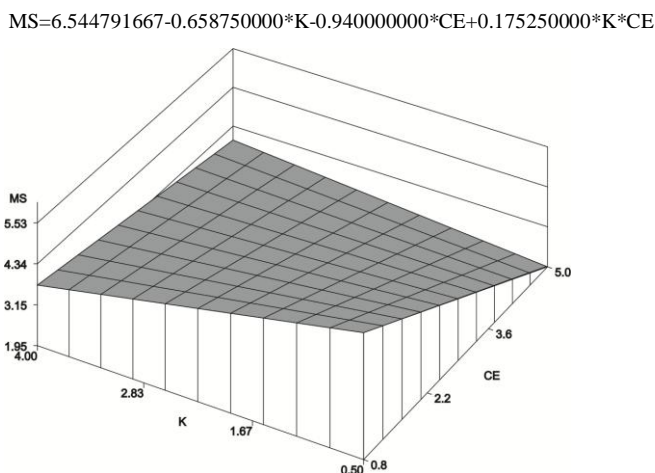


Figura 41: Massa das sementes – MS de plantas de feijão-de-corda em função dos níveis de salinidade.

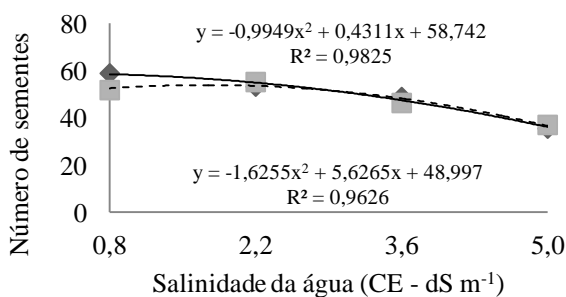


Figura 42: Número de sementes – MS das variedades CE 790 (—) e CE 104 (---) de feijão-de-corda em função da salinidade da água (CE – dS m^{-1}).

Tendências semelhantes foram obtidas por Assis Junior et al. (2007) ao avaliarem a produtividade do feijão-de-corda em função da salinidade da água de irrigação, em que a matéria seca de sementes, foi reduzida com o aumento dos níveis salinos na água de irrigação. As reduções no crescimento e na produtividade promovidas pela salinidade já foram observadas nessa e em outras cultivares dessa espécie, em estudos em casa de vegetação (DANTAS et al., 2002; COSTA et al., 2003).

4.5. Análises das águas de drenagem

4.5.1. Volume do lixiviado

O volume do lixiviado sofreu interferência estatística pela interação potássio x salinidade aos 25 DAP e pela interação tripla variedade x potássio x salinidade aos 50 DAP (Tabela 11).

Tabela 11: Resumo das análises de variância para volume drenado (VD) e teores de sódio (Na), avaliados aos 25DAP (1) e aos 50 DAP (2) nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE790 e CE 104 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo.

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		VD ₍₁₎	VD ₍₂₎	Na ₍₁₎	Na ₍₂₎
Variedade (V)	1	25,6000 ^{ns}	21738,9062 ^{ns}	5171,6493 ^{**}	933,6149 ^{ns}
Potássio (K)	3	10931,8083 ^{ns}	5740,1563 ^{ns}	8920,6840 ^{**}	124,8461 ^{ns}
V x K	3	9531,0167 ^{ns}	13328,9063 ^{ns}	14364,0929 ^{**}	2692,2024 ^{**}
Salinidade (CE)	3	9033,6417 ^{ns}	45532,6562 ^{ns}	112112,1157 ^{**}	132945,8628 ^{**}
V x CE	3	16004,8500 ^{ns}	58786,4062 ^{ns}	10961,3880 ^{**}	1430,3833 ^{**}
K x CE	9	14696,6694 [*]	56543,2118 [*]	8511,8749 ^{**}	3024,5647 ^{**}
V x K x CE	9	3836,6000 ^{ns}	52685,2951 [*]	6346,4052 ^{**}	2036,4113 ^{**}
Resíduo	128	7021,6940	26700,313	171,7892	259,4627
Total	159	-	-	-	-
CV		36,9407	28,49367	5,947915	11,78364
K linear	1	25700,4662 ^{ns}	5527,5683 ^{ns}	15496,0367 ^{**}	114,5399 ^{ns}
K quadr.	1	6406,3885 ^{ns}	10600,7638 ^{ns}	6654,7406 ^{**}	134,3923 ^{ns}
CE linear	1	26935,2063 ^{ns}	58396,5434 ^{ns}	296789,5489 ^{**}	377551,9838 ^{**}
CE quadr.	1	96,1000 ^{ns}	29295,1563 ^{ns}	39244,6520 ^{**}	14236,7553 ^{**}
K x CE	1	19126,4458 ^{ns}	120213,7797 [*]	5214,3101 ^{**}	9929,8431 ^{**}
K linear/V1	1	7678,7021 ^{ns}	500,1105 ^{ns}	32045,2608 ^{**}	2595,4010 ^{**}
K quadr/V1	1	30029,4390 [*]	22835,5691 ^{ns}	18639,9094 ^{**}	127,8746 ^{ns}
CE linear/V1	1	62125,5702 ^{**}	15939,0670 ^{ns}	94319,4583 ^{**}	166080,6639 ^{**}
CE quadr./V1	1	690,3125 ^{ns}	13132,8125 ^{ns}	57498,3123 ^{**}	10732,8078 ^{**}
K x CE/V1	1	12990,3883 ^{ns}	341279,0036 [*]	17923,7044 ^{**}	9111,2020 ^{**}
K linear/V2	1	19345,8982 ^{ns}	16257,9227 ^{ns}	8,7986 ^{ns}	1282,3344 [*]
K quadr/V2	1	3611,5898 ^{ns}	30,3268 ^{ns}	447,8018 ^{ns}	767,4460 ^{ns}
CE linear/V2	1	294,1228 ^{ns}	46440,2576 ^{ns}	214671,0887 ^{**}	212924,3170 ^{**}
CE quadr./V2	1	1611,0125 ^{ns}	127201,2500 [*]	1629,8474 ^{**}	4243,4400 ^{**}
K x CE/V2	1	6659,8787 ^{ns}	8809,0926 ^{ns}	1008,6229 [*]	2067,6830 ^{**}

^{**} significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

As plantas perderam mais água em condições de maior estresse, no entanto com a aplicação da adubação potássio, a perda hídrica das plantas foi reduzida aproximadamente 25 ml semana⁻¹ a cada incremento unitário, quando avaliadas aos 25 DAP (Figura 43).

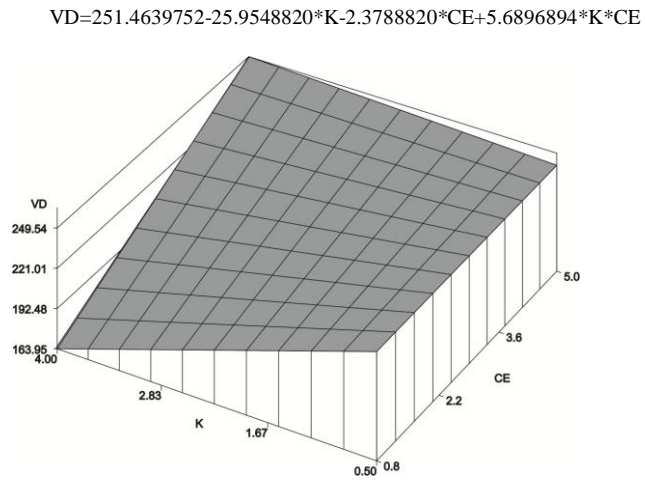
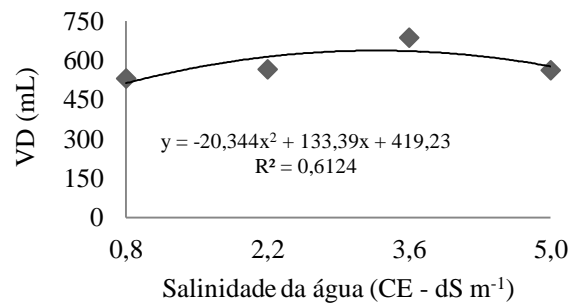
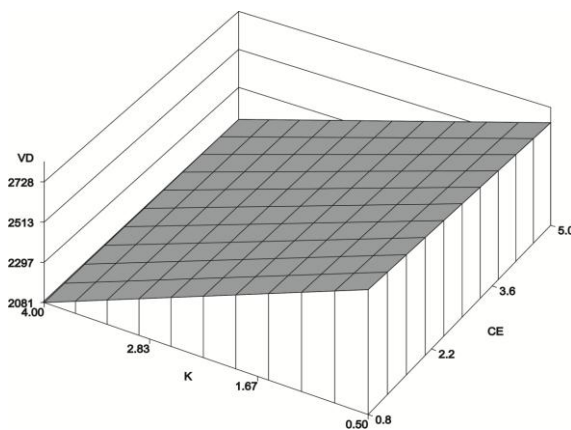


Figura 43: Volume das águas de drenagem aos 25 DAP das plantas de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

A equação de regressão apresentou uma tendência linear crescente para o volume lixiviado da cultivar CE 790 aos 50 DAP (Figura 44 A), em função da salinidade, e uma interação negativa entre condutividade elétrica e doses de potássio com o valor máximo de 616 ml na menor dose de potássio e no maior nível de salinidade. Com o aumento da aplicação da água salina, foi possível observar uma menor absorção de água pela planta, pois a salinidade provoca um déficit hídrico e conseqüentemente maior inibição do crescimento das plantas de feijoeiro (Silva et al., 2009), o que foi justificado na análise de crescimento. Uma aplicação de água adicional é interessante para que o excesso de água passe por meio da zona radicular e lixivie os sais para a rede de drenagem (MACÊDO; SOUSA; MORRILL, 2007).

$$VD=673.5800205-31.5487474*K+4.4460575*CE +1.1604928*K*CE$$



A

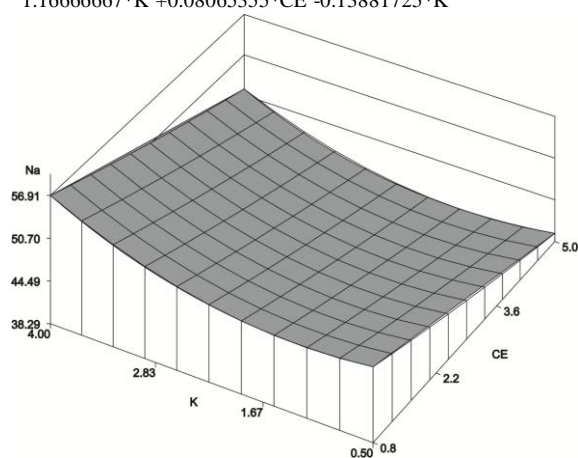
B

Figura 44: Volume das águas de drenagem das cultivares CE790 (A) e CE704 (B) aos 50 DAP das plantas de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (K) da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

4.5.2. Sódio

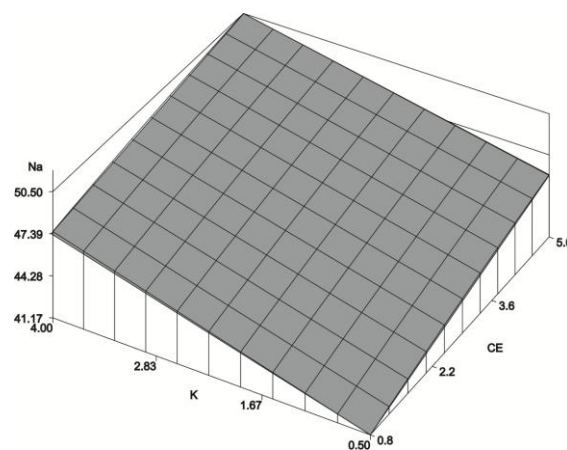
Os teores de sódio do lixiviado foram influenciados pela interação variedade x potássio x salinidade nas duas épocas de avaliação (Tabela 11). Independente da época, a aplicação de potássio influenciou em uma maior concentração de Na no lixiviado das plantas da cultivar CE 104 (Figuras 45 B e D). Os teores de sódio, no lixiviado, indicam maiores perdas desses íons como controle ao estresse. Essa situação pode ser justificada pela maior presença de potássio nas plantas em função das doses.

$$\text{Na} = 52.18846067 - 2.86099384 * \text{K} - 2.64171820 * \text{CE} + 1.16666667 * \text{K}^2 + 0.08065355 * \text{CE}^2 - 0.13881725 * \text{K} * \text{CE}$$



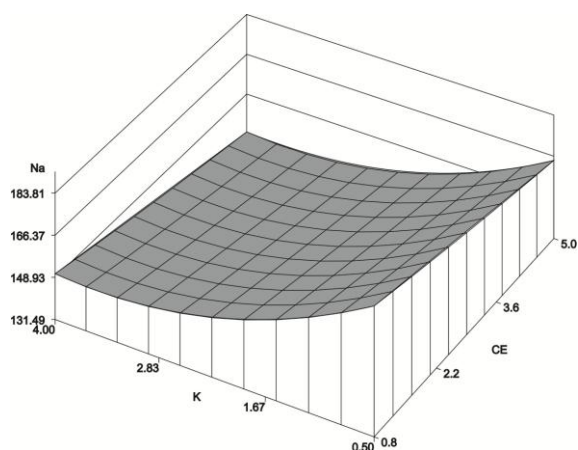
A

$$\text{Na} = 39.15847368 + 1.91883368 * \text{K} + 1.40522264 * \text{CE} - 0.03848834 * \text{CE}^2 - 0.11993429 * \text{K} * \text{CE}$$



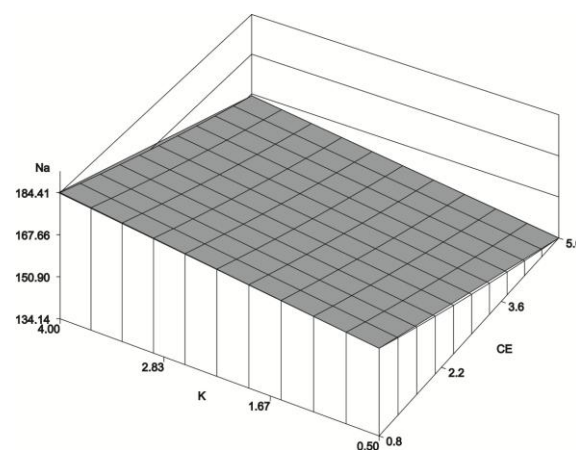
B

$$\text{Na} = 200.3096742 - 26.3667064 * \text{K} - 5.4595186 * \text{CE} + 3.7250000 * \text{K}^2 + 0.1450332 * \text{CE}^2 + 0.0803778 * \text{K} * \text{CE}$$



C

$$\text{Na} = 172.9036181 + 4.7629487 * \text{K} - 9.4631310 * \text{CE} + 0.2511385 * \text{CE}^2 - 0.0418563 * \text{K} * \text{CE}$$



D

Figura 45: Teores de sódio (Na^+) das águas de drenagem aos 50 DAP das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D), respectivamente de feijão-de-corda, em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m^{-1}).

Grieve et al. (2001) relatam que manter os níveis de potássio é de suma importância, já que, altas concentrações de sódio na solução do solo além de reduzir na absorção de potássio podem causar distúrbios nas membranas das raízes alterando a capacidade do sistema radicular em absorver preferencialmente potássio em detrimento ao sódio

4.5.3. Potássio

Os teores de potássio do lixiviado diferiram significativamente entre as cultivares e sofreram interferência estatística da interação tripla variedade x potássio x salinidade (Tabela 12).

Tabela 12: Resumo das análises de variância para potássio (K) aos 25 (1) e aos 50 DAP (2) nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE104 e CE790 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		K ₍₁₎	K ₍₂₎
Variedade (V)	1	73,0260 ^{ns}	780,8888 ^{**}
Potássio (K)	3	11537,7428 ^{**}	1950,4010 ^{**}
V x K	3	289,4444 ^{**}	942,1218 ^{**}
Salinidade (CE)	3	838,5034 ^{**}	376,1439 ^{**}
V x CE	3	1277,6436 ^{**}	765,5552 ^{**}
K x CE	9	605,2086 ^{**}	462,2567 ^{**}
V x K x CE	9	440,0140 ^{**}	403,5594 ^{**}
Resíduo	128	29,5236	31,8125
Total	159	-	-
CV		70,2663	33,2986
K linear	1	33912,4488 ^{**}	5016,8124 ^{**}
K quadr.	1	182,6899 ^{ns}	653,9456 ^{**}
CE linear	1	992,0090 ^{**}	164,0749 [*]
CE quadr.	1	1312,9722 ^{**}	19,7789 ^{ns}
K x CE	1	57,1824 [*]	1662,0510 ^{**}
K linear/V1	1	20013,4578 ^{**}	428,9618 ^{**}
K quadr./V1	1	497,5787 ^{**}	1425,0503 ^{**}
CE linear/V1	1	539,5082 ^{**}	400,4338 ^{**}
CE quadr./V1	1	4811,0469 ^{**}	116,2343 ^{ns}
K x CE/V1	1	83,1350 ^{ns}	1025,6999 ^{**}
K linear/V2	1	14152,2447 ^{**}	6313,3495 ^{**}
K quadr./V2	1	10,1860 ^{ns}	2,5124 ^{ns}
CE linear/V2	1	454,3292 [*]	1453,5728 ^{**}
CE quadr./V2	1	328,2525 [*]	291,4088 ^{**}
K x CE/V2	1	392,5151 [*]	656,8187 ^{**}

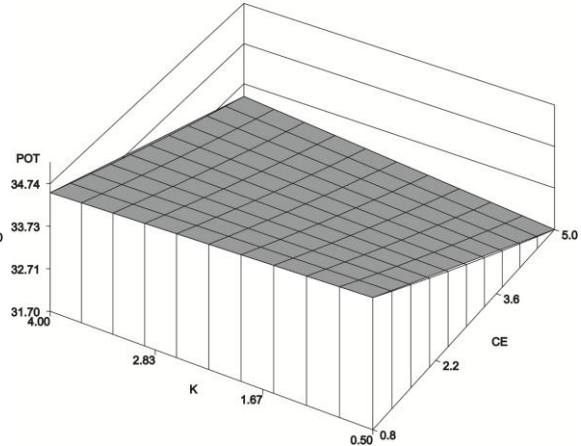
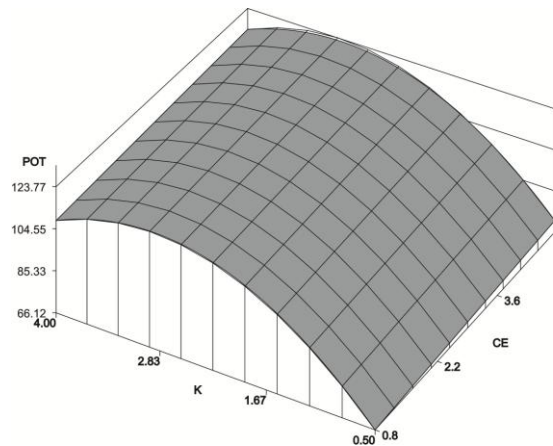
^{**} significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104

A cultivar CE790 (Figura 46 A e C) apresentou uma tendência quadrática em função das doses de potássio, nas duas épocas de avaliação e a cultivar CE104 (Figura 46 B e D) apresentou uma tendência linear tanto para doses de potássio quanto para os níveis salinos na água de irrigação. As doses de potássio aumentaram a concentração de potássio no lixiviado em ambas as cultivares, nas duas épocas de avaliação.

$$K_{(1)} = -41.27476297 + 51.91000000 * K + 1.39408136 * A - 8.85833333 * K^2 - 0.02079582 * CE^2$$

$$K_{(1)} = 35.41161622 - 0.11032444 * K - 0.81540382 * CE + 0.01079572 * CE^2 + 0.06170842 * K * CE$$

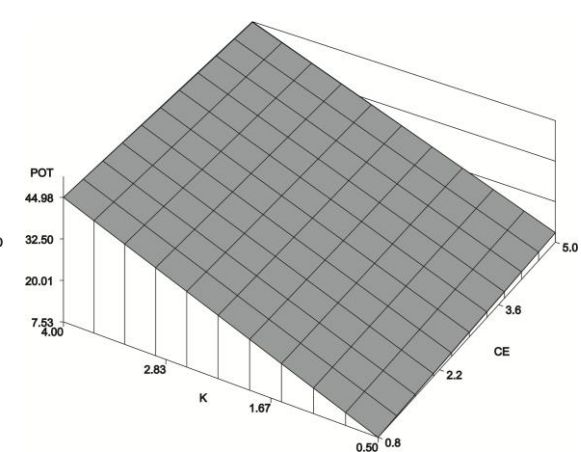
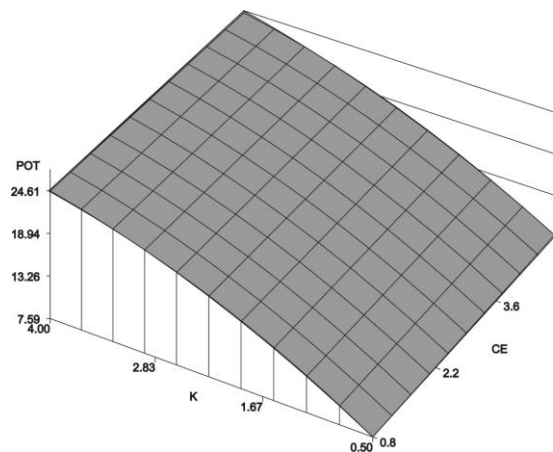


A

B

$$K_{(2)} = 3.759184120 + 7.894308008 * K + 0.075351129 * CE - 0.666666667 * K^2 - 0.036862423 * K * CE$$

$$K_{(2)} = 1.63127908 + 10.86884717 * K + 0.66389215 * CE + 0.02279894 * CE^2 - 0.20991493 * K * CE$$



C

D

Figura 46: Teores de potássio (K^+) das águas de drenagem aos 25 DAP (A e B) e aos 50 DAP (C e D) das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D) de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água ($CE - dS m^{-1}$).

A maior perda de potássio por lixiviação foi observada pela fertilização potássica e irrigação com águas salinas. Grattan e Grieve (1999) afirmam que o sódio, em quantidade excessiva além de reduzir a absorção de potássio prejudica a distribuição interna desses elementos nas plantas. Resultados semelhantes foram observados por, Maggi et al. (2011), avaliando a lixiviação de nutrientes em solo irrigado água residuária de suinocultura

verificaram que os tratamentos que receberam adubação com KCl na semeadura apresentaram maiores concentrações de K^+ no lixiviado, Essa lixiviação será maior quanto mais expressiva for a presença em solução de ânions, com menor capacidade de adsorção. Quando o nutriente é aplicado na forma de KCl sofre maior lixiviação do que quando aplicado na forma de $K_2SO_4^-$, o qual tem maior capacidade de absorção do que KCl (MAGGI et al., 2011).

4.5.4. Condutividade elétrica (CE – dS m⁻¹)

Os valores de condutividade elétrica do lixiviado foram influenciados estatisticamente pela interação tripla variedade x potássio x salinidade aos 25 e aos 50 DAP (Tabela 13).

Tabela 13: Resumo das análises de variância para condutividade elétrica (CEa) e potencial hidrogeniônico (pH), avaliados aos 25DAP (1) e aos 50 DAP (2), nas águas de drenagem nos tratamentos referentes às cultivares CE790 e CE104 submetidas à irrigação com águas salinas e doses de potássio no solo

Fonte de variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		CEa ₍₁₎	pH ₍₁₎	CEa ₍₂₎	pH ₍₂₎
Variedade (V)	1	18,2221 ^{**}	0,3204 ^{ns}	83,8536 ^{**}	0,3249 ^{ns}
Potássio (K)	3	25,3262 ^{**}	0,2217 ^{ns}	28,2698 ^{**}	0,1244 ^{ns}
V x K	3	16,5486 ^{**}	0,1323 ^{ns}	36,5439 ^{**}	0,0992 ^{ns}
ÁGUA (A)	3	306,5419 ^{**}	0,1124 ^{ns}	216,8095 ^{**}	0,7218 ^{**}
V x A	3	34,9061 ^{**}	0,4614 ^{ns}	32,2841 ^{**}	0,0669 ^{ns}
K x A	9	27,1697 ^{**}	0,2268 ^{ns}	42,6430 ^{**}	0,0880 ^{ns}
V x K x A	9	25,8399 ^{**}	0,3543 ^{ns}	50,7961 ^{**}	0,0927 ^{ns}
Resíduo	128	1,3539	0,2301	1,3001	0,1333
Total	159	-	-	-	-
CV		15,3042	6,3635	14,8331	4,1158
K linear	1	12,7919 ^{**}	0,0367 ^{ns}	6,6143 [*]	0,1158 ^{ns}
K quadr.	1	19,0333 ^{**}	0,0005 ^{ns}	35,1423 ^{**}	0,0422 ^{ns}
A linear	1	912,0987 ^{**}	0,2009 ^{ns}	646,8395 ^{**}	1,4560 ^{**}
A quadr.	1	1,0762 ^{ns}	0,1254 ^{ns}	1,2870 ^{ns}	0,6903 [*]
K x A	1	49,4321 ^{**}	0,0012 ^{ns}	66,8038 ^{**}	0,0013 ^{ns}
K linear/V1	1	19,1364 ^{**}	0,0216 ^{ns}	0,1043 ^{ns}	0,0490 ^{ns}
K quadr/V1	1	0,0343 ^{ns}	0,1353 ^{ns}	4,4400 ^{ns}	0,0401 ^{ns}
A linear/V1	1	677,5283 ^{**}	1,0516 [*]	476,5379 ^{**}	0,5461 [*]
A quadr./V1	1	22,3440 ^{**}	0,1950 ^{ns}	22,0815 ^{**}	0,6552 [*]
K x A/V1	1	0,4722 ^{ns}	0,3874 ^{ns}	2,5802 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
K linear/V2	1	0,4672 ^{ns}	0,0154 ^{ns}	15,6824 ^{**}	0,0675 ^{ns}
K quadr/V2	1	40,3889 ^{**}	0,1116 ^{ns}	110,0553 ^{**}	0,2412 ^{ns}
A linear/V2	1	278,2641 ^{**}	0,1532 ^{ns}	199,8831 ^{**}	0,9360 ^{**}
A quadr./V2	1	38,3668 ^{**}	0,0035 ^{ns}	39,7338 ^{**}	0,1336 ^{ns}
K x A/V2	1	113,0026 ^{**}	0,3271 ^{ns}	173,3222 ^{**}	0,0005 ^{ns}

^{**} significativo a 5 e a 1%, respectivamente e ^{ns} – não significativo pelo teste F.

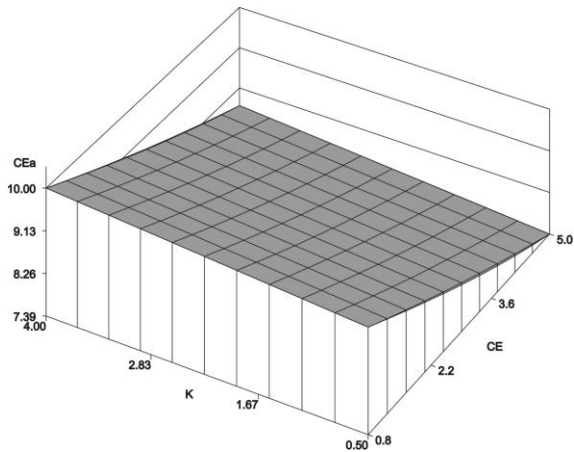
G.L. – grau de liberdade; C.V. – coeficiente de variação; V1 = CE790, V2 = CE104.

Aos 25 DAP a condutividade elétrica do lixiviado aumentou com as doses de potássio nos tratamentos das duas cultivares (Figura 47A e 47B).

Essa tendência difere da obtida aos quando a avaliação foi feita aos 50DAP (Figura 47C e 47D) em que os valores de CEa (dS m⁻¹) diferiram entre as cultivares e não sofreram expressiva influência da adição de potássio ao solo. A condutividade elétrica do lixiviado nos tratamentos da cultivar CE 790 (Figura 47C) foi influenciada apenas pelo efeito isolado da salinidade da água. Por outro lado, a condutividade elétrica do lixiviado do solo referente a cultivar CE104 (Figura 47 D) aumentou com o teor salino das águas e reduziu em função das

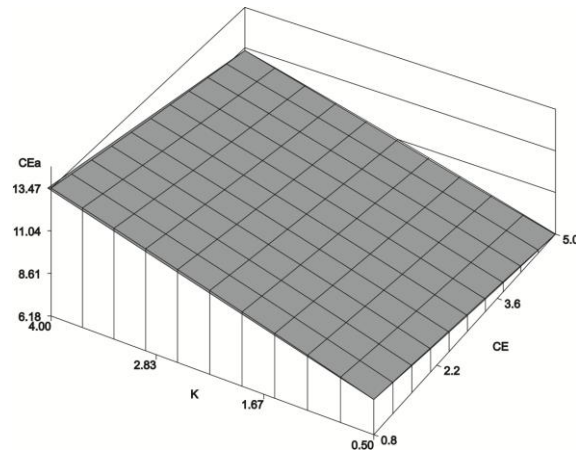
doses de potássio aplicadas ao solo. Os resultados assemelham-se aos de Travassos et al. (2011), ao avaliarem a produção de aquênio de girassol irrigado com água salobra e verificaram que os maiores valores de CEa nas águas de drenagem foram observados no final do ciclo do girassol.

$$CE = 9.906935670 + 0.140000000 * K - 0.597576544 * CE + 0.016088920 * CE^2$$

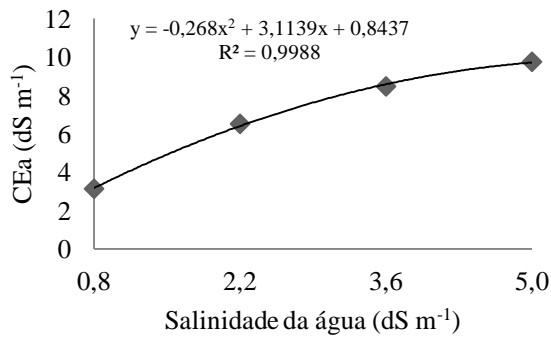


A

$$CE = 7.714334002 + 1.678640657 * K - 0.529009732 * CE + 0.025000000 * K^2 + 0.015485476 * CE^2 - 0.044993840 * K * CE$$

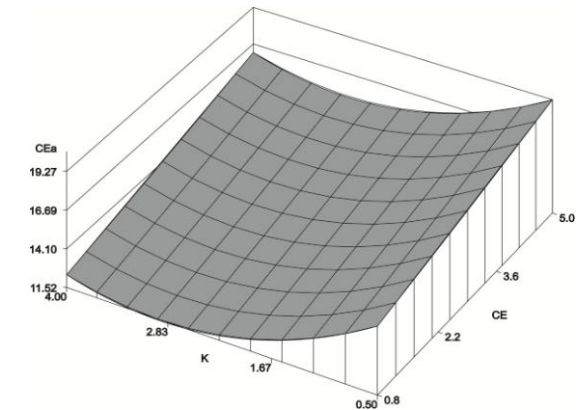


B



C

$$CE = 17.42814174 - 4.42745673 * K + 0.68618063 * CE + 0.750000000 * K^2 + 0.0147760 * CE^2 + 0.02830742 * K * CE$$



D

Figura 47: Condutividade Elétrica (CEa) das águas de drenagem aos 25 DAP (A e B) e aos 50 DAP (C e D) das cultivares CE790 (A e C) e CE704 (B e D) de feijão-de-corda em função das doses de potássio (K) e da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

4.5.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico foi influenciado pelo efeito isolado da salinidade apenas aos 50 DAP (Tabela 13). Conforme indicado na Figura 48, os valores decresceram com o aumento da salinidade das águas de irrigação. A redução do pH do lixiviado ou água de drenagem pode ser atribuída às irrigações contínuas durante o período experimental e a adubação do solo com cloreto de potássio.

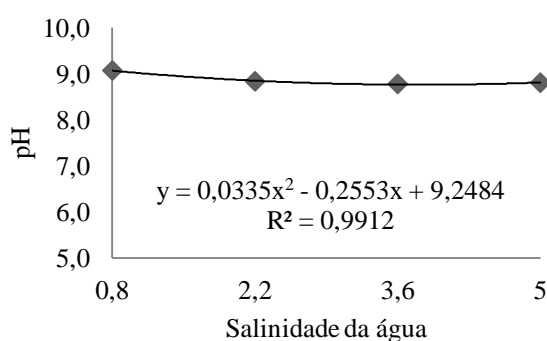


Figura 48: Potencial Hidrogeniônico (pH) das águas de drenagem aos 50 DAP de plantas feijão-de-corda, em função da salinidade da água (CE – dS m⁻¹).

O aumento do pH no solo diverge dos resultados encontrados por Barbosa et al. (2008), que avaliando o desenvolvimento da mamoneira sob diferentes níveis de salinidade da água verificaram que pH reduziu com o aumento da salinidade, no solo.

5.0. CONCLUSÕES

- O aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o comprimento da haste principal, matéria seca da parte aérea, relação parte aérea/raiz e número de nódulos no feijão-de-corda em ambas as cultivares, mas em menor proporção na cultivar CE 104;
- A adição de potássio inibiu a acumulação de sódio com maior eficiência nas folhas do feijão-de-corda da cultivar CE 104;
- A salinidade afetou as trocas gasosas, no entanto, a aplicação de potássio aumentou a condutância estomática, principalmente da cultivar CE104, e a transpiração das plantas de feijão-de-corda;
- Com a aplicação de potássio houve uma menor perda hídrica e maior lixiviação de Na^+ nas plantas de feijão-de-corda sob estresse.

6.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, p. 108-115, 2011.

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K⁺ em raízes de cajueiro causada por NaCl. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 04, p. 588-595, 2009

AMADOR, B. M.; DIÉGUEZ, E. T.; HERNÁNDEZ, J. L. G.; AGUILAR, R. L.; SERRANO, N. Y. A.; SALGADO, S. Z.; RUEDA, E. O. P.; KAYA, C. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Scientia Horticulturae**, v.108, n. 04, p. 423-431, 2006.

1

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense**. 2000. 566f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.17, n.2, p.207-212, 2005.

ASSIS JÚNIOR, J.O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

ASIK, B.B.; TURAN, M.A.; CELIK, H.; KATKAT, A.V. Effects of Humic Substances on Plant Growth and Mineral Nutrients Uptake of Wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) Under Conditions of Salinity. **Asian Journal of Agricultural Research**. Malasya, v.1, n.2, p.87-95, 2009.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 06, p. 715-731, 1997.

BARBOSA E LIMA, C.; SANTOS FILHO, S. V.; SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, M. Desenvolvimento da mamoneira, cultivada em vasos, sob diferentes níveis de salinidade da água em latossolo vermelho-amarelo eutrófico. **Revista Caatinga**, vol. 21, n. 5, p. 50-56, 2008.

BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; DEBOUCK, D. G.; LYNCH, J. P. Growth, gás Exchange, water relations, and íon composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions. **Field Crops Reserach**, n. 80, p. 207-222, 2003.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEIY, H. R.; Rotação de cultura feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidade diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p.1075-1082, 2010.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F. DE; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.90-94, 2005.

BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; LACERDA, C. F. DE; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.47, p.149-152, 2003.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1996. 596 p

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Influencia do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n.2, p. 157-164, 2009.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**. n.2, 2000.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para a agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F (ed). **O maracujazeiro-amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. Cap. 1, p. 1 – 31,

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251 - 261, 2010.

COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENEAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.3, p.289-97, 2003.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L.; nível crítico de potássio para feijão-caupi em latossolo amarelo textura média do Nordeste paraense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO – CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. (Embrapa Meio – Norte. Documentos, 121).

DANTAS, J.P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM, M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DEBOUBA, M.; HOUDA, G.; AKIRA, S.; GHORBEL, M. H. NaCl stress effects on enzymes involved in nitrogen assimilation pathway in tomato *Lycopersicon esculentum* seedlings. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, n. 12, p. 1247-1258, 2006.

DEBEZ, A., D. SAADAOU, B. RAMANI, Z. OUERGI, H. W. KOYRO, B. HUCHZERMEYER, AND C. ABDELLY: Leaf H⁺-ATPase activity and photosynthetic capacity of *Cakile maritima* under increasing salinity. **Environment Experiment Botanic**, n. 57, 285–295, 2006.

DEGL'INNOCENTI, E.; HAFSI, C.; GUIDI, L.; NAVARI-IZZO, F. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. *Journal of Plant Physiology* 166 1968—1981, 2009.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L.; NASCIMENTO, J. A. M.; BECKMAN-CAVALCANTE, M. Z.; SANTOS, G. P. Qualidade física de frutos do maracujazeiro amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p. 229 – 234, 2011.

DOERING, H.W., SCHULZE, G., ROSCHER, P., Salinity effects on the micronutrient supply of plants differing in salt resistance. Proceedings of the 6th Internatl Colloquium for the optimization of plant nutrition. **Montpellier**, France, p. 165 – 172, 1984.

IDUTRA, A. T. B.; SILVA, E. N.; RODRIGUES, R. F.; VIEIRA, S. A.; ARAGÃO, R. M.; SILVEIRA, J. A. G.; Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.403-409, 2011.

EHLERS, J. D. e A. E. HALL, 1997: Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Field Crops Res.** 53, 187–204.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivo de feijão caupi. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. Sistemas de produção 2. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/Feijãocaupi/importancia.htm>. >Acesso: em 12.10.2011.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

EUCLYDES, R. F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). **Viçosa**: UFV, 1997. 150 p.

FAO: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAOSTAT. FAO STATISTIC DIVISION, 2011, acesso em 20 de dezembro de 2011.

FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**, INCTSal, p.181 – 203, 2010.

FERREIRA, E. P. B.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Nodulação e produção de grãos em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) inoculado com isolados de Rizóbio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 27-35, 2011a.

FERREIRA, F. J.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, F. J. F.; LACERDA, C. F.; AQUINO, M. D. Salinização do solo e desenvolvimento de meloeiro com a aplicação de resíduo de carangueijo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.4, p.359-364, 2011b.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.) **O caupi no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAP; Ibadan: IITA, p. 25-46, 2000.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **IDESIA, Chile**, v. 25, n.3, p.93-106, 2007.

GHEYI, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S.; Assis Jr., R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2000. p.329-346.

GLENN E.; TANNER R.; MIYAMOTO S.; FITZSIMMONS K.; BOYER J. Water use, productivity and forage quality of the halophyte *Atriplex nummularia* grown on saline waste water in a desert environment., **Journal of Arid Environments**, v. 38, n. 09, p. 45-62, 1998.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia horticulturae**, v.78, 127-157, 1999.

GRIEVE, C. M.; SHANNON, M. C.; POSS, J. A. Mineral nutrition of leafy vegetable crops irrigated with saline drainage water. **Journal of Vegetables Crop Production**, v.7, n.1, p. 37-47, 2001.

GRUSAK, M. A.; POMPER, K. W. Influence of pod stomatal density and pod transpiration on the calcium concentration of Snap Bean pods. **Journal Americana Society Horticultural Science**, 194-198, 1999.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Nutrição de cultivares de meloeiro irrigadas com águas de baixa e alta salinidade. **Caatinga**, v. 21, n. 05, p. 36-43, 2008

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010 a.

GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande – PB, v.14, n.1, p. 3 – 10, 2010b.

HEINZ, R.; GABIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.9, p. 1549 – 1555, 2011.

HU, Y AND SCHMIDHALTER, U. Effectas of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. **Journal of Plant Nutrition**, 24(2), 273-281, 2001.

HUSSEIN, M. M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M. S. Developing a salt tolerant cowpea using alpha tocopherol. **Journal of applied sciences reserach**, 3 (10): 1234-1239, 2007.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. novembro de 2011

JÁCOME, A. G.; OLIVEIRA, R. H.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. P.; GONÇALVES, A. C. A. Crescimento de genótipos de algodoeiro em função da salinidade da água de irrigação. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.5, n.2, p.305-313, 2003.

JIANG M., ZHANG J., 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. *Journal of Experimental Botany*, 53 (379), 2401-2410.

KABIR, M. E.; KARIM, M. A.; AZAD M. A. K. Effect of potassium on salinity tolerance of mungbean (*Vingna radiata* L. Wilczek). **Journal of Biological Sciences** 4 (2): 103-110, 2004.

KAFKAFI, U. The functions of plant K in overcoming environmental stress situations. In: **Proc. 22nd colloquium of IPI, held in Soligorsk, USSR, IPI, Bern**, pp. 81-93, 1990.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BÔAS, R. L. V. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, 28; 287-291, 2010.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) e utilização do Ca²⁺ como meio para minorar tais efeitos**. 1995. 87 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F.; CABRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 02, p. 289-295, 2004.

- LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. . C., ARAÚJO, E. L., WILLADINO, L. G., CAVALCANTE, U. . (ed.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p. 127-137.
- LACERDA, C. F.; MORAIS, H. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. G.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 37, n.2, p. 258-263, 2006.
- LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; MISCHAN, M.M.; VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cv. EMAPA-821. II - An-lise de Crescimento. **Revista de Agricultura**. Piracicaba, v.74, n.3, p.351-370, 2000.
- LIANG, Y. C.; SI, J.; NIKOLIC, M.; PENG, Y.; CHENG, W.; JIANG, Y. Organic manure stimulates biological activity barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and biochemistry*. **Acta Horticulturae**, v.37, p.1185-1195, 2005.
- LIMA, C. G. S.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v.2, n.2, p. 79–86, 2007.
- LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal, 1998.
- LUTTS, S.; KINET, J.M.; BOUHARMONT, J. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. **Plant Growth Regulation**, v. 19, p.207-218, 1996.
- MAAS, E.V., OGATA, G., GARBER, M.J., Influence of salinity on Fe, Mn, and Zn uptake by plants. **Agronomy Journal** 64, 793-795, 1972.
- MACÊDO, L. S.; SOUSA, M. R.; MORRILL, W. B. B. Drenagem para controle da salinidade. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.1., n.2, p.69-71, dez. 2007.
- MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n.2, p.170-177, 2011.
- MALASH, N.; FLOWERS, T. J.; RAGAB, R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 01-02, p. 25-38, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. p. 100-126.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo. **Ceres**. 2006. 638 p.

MAPA: Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2011. Em www.agricultura.gov.br, acesso em: janeiro de 2012.

MARSCHNER H.. Mineral Nutrition in Higher Plants. **Academic Press**, London. pp. 477-542., 1995

MAYNARD, D.N.; MINOTTI, P.G.; PECK, N.H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.28, p.71-118,1976.

MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. R.; FERNANDES, P. D.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R. Crescimento e acúmulo de N, P e K pelo meloeiro irrigado com água salina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n.4, p. 452-457, 2008.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.

MEIRI, A., KAMBUROFF, J., POLJAKOFF-MAYBER, A. Response of bean plant to sodium chloride and sodium sulphate salinization. *Annals of Botany*, v. 35, 837-847, 1971.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: _____. **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, p. 228-242, 2005.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: Silva, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, p.172-223, 1999.

MOYA, J.L.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ions and their accumulation in leaves. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v.22, n.11, p.1425-1433, 1999.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v.25, n.2, p.239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.

MURTAZA, G.; GHAFOR, A.; QADIR, M. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton–wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 01-02, p. 98-114, 2006.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; SOBRINHO, J. T.; Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, 2004.

NETONDO, G.W.; ONYANGO, J.C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v.44, p.806-811, 2004.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; TEIXEIRA, A. S.; COSTA, C. A. G.; GHEYI, H. R. Monitoramento da cobertura do solo e produtividade do feijão-de-corda irrigado por sulcos com água salina. **Revista Ciência Agrômica**, v. 41, n.1, p.59-66, 2010.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 39, n.3, p. 758-765, 2009.

NIAZI, B.H.; AHMED, T. Effect of sodium chloride and zinc on the growth of tomato. II. Uptake of ions. *Geobios* 11, 155-160, 2004.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife- PE, v.5, n.4, p. 479 – 484, 2010.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 6, n. 1, p.37-45, 2011.

PALÁCIO, H. A. DE Q.; NETO, J. A. C.; TEIXEIRA, A. DOS S.; ANDRADE, E. M. de. Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v.35, p.316–324, 2009.

PATEL, P. R.; KAJAL, S. S.; PATEL, V. R.; PATEL, V. J. KHRISTI, S. M. Impact of salt stress on nutrient uptake and growth of cowpea. **Brazilian. Journal Plant Physiology** 22(1): 43-48, 2010.

POZZEBON, E.J.; CARLESSO, R.; KELLING, C.R.S., PESSOA, A.C.S. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro em resposta à irrigação, fertirrigação e micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, p. 191-196, 1996.

PRADO, R. de M.; BRAGHIROLI, L.F.; NATALE, W.; CORRÊA, M.C. de M.;ALMEIDA, E.V. de. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.295-299, 2004.

PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró – RN, v.22, n.3, p. 211-214, 2009.

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

QUI, C.; LIU, C.; CONG, X.; LI, C.; HONG, M.; WANG, L. HONG, F. Impairment of maize seedling photosynthesis caused by a combination of potassium deficiency and salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 75,134– 141, 2012.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M.; MARSHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. (Estudos da FAO – Irrigação e Drenagem, 48).

RICHARDS, L. A. (Ed.) 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. **USDA Agriculture Handbook** 60, Washington D. C.

ROCHA, M. de M. et al. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 03, p. 270-275, 2009.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; MIGUEL, D. S. Respostas das plantas de pepino à salinidade da água de irrigação. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.03, n.03, p.94-102, 2010.

SEEMANN, J. R. AND CRITCHLEY, C. Effects of salt stress on the growth, íon content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. **Planta**, 164:151-162, 1985.

SHABALA, S.; CUIN T. A. Potassium transport and plant salt tolerance. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.651-669, 2007.

SHARMA, D. P.; RAO, K. V. G. K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. **Soil e Tillage Research**, v. 48, n. 04, p. 287-295, 1998.

SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; FERNANDES, H.G.;BOARETTO, R.;MELO, A.M.T.; SCIVITTARO, W.B.Characterísticas químicas de um Latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido.**Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.561-566,2001.

SILVA J.V.; LACERDA, C.F.; COSTA, P.H.A.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMES- FILHO, E.; PRISCO, J.T. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v.15, n.2, p.99-105, 2003.

SILVA, E. L.; FERREIRA, M. A. M.; MONTEIRO, D. A. A. Viabilidade financeira da produção de feijão em sistema automatizado de irrigação por miniaspersão. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras – MG, v.13, n.2, p. 290 – 302, 2011a.

SILVA, E.N. da; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA- SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v.68, p.62-68, 2011b.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C.; Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15, n.4, Campina Grande, 2011c.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO-NETO, A. D.; COSTA, P. H. A.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMESFILHO, E. Crescimento e osmoregulação em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v.33, p.125-131, 2003.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Jornal of Arid Environments*, 74, 1130-1137, 2010.

SILVA, E. N.; SILVEIRA J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SMARTT, J. Grain legumes: evolution and genetic resources. Cambridge, **Great Britain: Cambridge University Press**, 1990. 333 p.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n.9, p. 895-901, 2004.

SOUSA, G. G. **Avaliação de um ciclo de rotação cultural milho e feijão-de-corda, utilizando-se água de baixa e alta salinidade**. 2008, 92p. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Fortaleza – CE.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F.; AMARO FILHO, J. HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e nutrição mineral do feijão-de-corda em função da salinidade e da composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.1, p.75-82, 2007.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 46, n.6, p.586-592, 2011.

TAFFOUO, V. D.; KOUAMOU, J. K.; NGALANGUE, L. M. T.; NDONGO DIN, PRISO, J. R.; DIBONG SIEGFRIED, D.; NANDJOU NDJEUDJI, B. A.; AKOA, A. Growth, ionic distribution and yield response of some cowpea cultivars grown under salt stress. *African Crop Science Conference Proceedings*, **African Crop Science Society**, v.9. p.151 – 155, 2009.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.4, p. 371 – 376, 2011.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A.. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimatação de plantas de sorgo e

feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.4, p.804-810, 2006.

XAVIER, G. R. et al. Tolerância de rizóbio de feijão- caupi à salinidade e à temperatura em condição *in vitro*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 1-9, 2007.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p. 53-59, 2010.

ZADEH, H.M. E NAEINI, M.B. 2007. Effects of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agronomy** 6(3), 409-414.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M.; BEDNARZ, C.W. Influence os potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, 39(1):103-109, 2001.

ZHU, J.K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annu. Rev. Plant Biol.** 53, 247–273.