



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO E TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CULTIVO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS
SALINAS EM FASES FENOLÓGICAS**

FRANCISCO DAS CHAGAS FERNANDES MAIA FILHO

Campina Grande-PB

Março – 2014

FRANCISCO DAS CHAGAS FERNANDES MAIA FILHO

**CULTIVO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS
SALINAS EM FASES FENOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Nascimento

Campina Grande-PB

Março – 2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO E TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FRANCISCO DAS CHAGAS FERNANDES MAIA FILHO

**CULTIVO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS
SALINAS EM FASES FENOLÓGICAS**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. Dr. Ronaldo Nascimento - Orientador
UAEA/CTRN/UFCG

Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita - Examinador
UAEA/CTRN/UFCG

Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra - Examinador
UAEA/CTRN/UFCG

Campina Grande-PB

Março – 2014

*A meus pais, Francisco das Chagas Fernandes Maia e Rosilda Alves Mai pelo amor e
apoio a mim dado,
A meus irmãos, João, Eneas e Alberto por todo companheirismo e carinho,
A minha Avó Suzete pelo amor e apoio,
As minhas Tias e Tios pelo reconhecimento e dedicação.*

OFEREÇO

*A minha esposa, Daniele e a minha filha Emanuele, por todo
amor e carinho.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida e por me guiar sempre;

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo Nascimento, pela orientação, paciência e confiança, durante a realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À Embrapa Meio Norte de Terezina- Piauí, pelo fornecimento das sementes de feijão caupi;

Aos amigos, Rennan, Antônio, Salatiel, Ívis, Marcelo e Sonivango por todo empenho e dedicação durante a execução desta pesquisa;

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação Dona Cida e Seu Gilson, pela atenção e ajuda sempre que precisei;

A toda a minha família, por todo apoio, carinho e incentivo durante o curso;

Aos examinadores Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita e Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, por se disporem a contribuir com a melhoria deste trabalho;

Aos colegas da pós-graduação: Carlos Pedro, Klebson, Geovani, Lauriane, Elaine Priscila, Júlia, Rodrigo, Ramara, Claudinete, Luciano e Patricia pelo companheirismo ao longo do curso;

A todos os professores que ministraram aulas na nossa turma.

Em especial a minha esposa, Daniele Melo pela paciência e compreensão em todos os momentos e a minha filha Emanuele Melo que é a razão pra que eu siga sempre em frente.

Meus sinceros agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram com esta conquista.

Muito Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

CAPÍTULO I – Contextualização

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1. Aspectos Gerais do feijão caupi.....	18
3.2. Estádios de desenvolvimento do feijão caupi.....	20
3.3. Cultivares estudadas.....	21
3.3.1. BRS Itaim.....	21
3.3.2. BRS Xiquexique.....	22
3.4. Utilização de água salina na agricultura.....	22
3.5. Efeito da salinidade sobre as plantas.....	23
3.6. Mecanismos de tolerância.....	25
3.7. Tolerância do Feijão-caupi à salinidade.....	26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

CAPÍTULO II - Desempenho de cultivares de feijão-caupi sob níveis de salinidade na água de irrigação em diferentes estádios fenológicos

RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. METODOLOGIA.....	37
2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa.....	37
2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	37
2.3. Genótipos estudados.....	38
2.4. Instalação e condução do experimento.....	39
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	40
2.6. Variáveis analisadas.....	41
2.7. Análise dos dados.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.1. Altura de planta (AP).....	42
3.2. Diâmetro do caule (DC).....	44
3.3. Número de folhas (NF).....	46

3.4. Área foliar total (AFT).....	48
4. CONCLUSÕES.....	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

CAPÍTULO III - Avaliação da fitomassa em diferentes estádios fenológicos de genótipos do feijão caupi sob níveis de salinidade na água de irrigação

RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. METODOLOGIA.....	55
2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa.....	55
2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	55
2.3. Genótipos estudados.....	56
2.4. Instalação e condução do experimento.....	57
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	58
2.6. Variáveis analisadas.....	59
2.7. Análise dos dados.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.1. Fitomassa seca da raiz.....	59
3.2. Fitomassa seca da parte aérea.....	61
3.3. Fitomassa seca total.....	64
4. CONCLUSÕES.....	66
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

CAPÍTULO IV - Avaliação das trocas gasosas em genótipos de feijão caupi sob níveis de salinidade na água de irrigação em diferentes estádios fenológicos

RESUMO.....	68
ABSTRACT.....	68
1. INTRODUÇÃO.....	69
2. METODOLOGIA.....	70
2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa.....	70
2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	70
2.3. Genótipos estudados.....	71
2.4. Instalação e condução do experimento.....	72
2.5. Preparo das águas salinas e irrigação.....	73
2.6. Variáveis analisadas.....	74
2.7. Análise dos dados.....	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.1. Concentração Interna de CO ₂ (Ci).....	75
3.2. Condutância Estomática (gs).....	77
3.3. Transpiração (E).....	79

3.4. Fotossíntese Líquida (A).....	82
3.5. Eficiência Instantânea do uso da água (EUA).....	84
3.6. Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC).....	86
4. CONCLUSÕES.....	88
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012..... 39
- Tabela 2.** Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012..... 39
- Tabela 3.** Resumo do teste de Tukey referente à altura da planta (cm) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.
..... 42
- Tabela 4.** Médias para a altura de planta (AP) em cm, em plantas do genótipo do feijão caupi BRS Xiquexique, irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas..... 43
- Tabela 5.** Resumo do teste de Tukey referente ao diâmetro do caule (mm) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....44
- Tabela 6.** Médias para diâmetro do caule (DC) em mm, de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas no estágio V3.....45
- Tabela 7.** Médias para o diâmetro de caule (DC) em mm, de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....45
- Tabela 8.** Resumo do teste de Tukey referente à variável número de folhas dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....46
- Tabela 9.** Médias para o número de folhas de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....47
- Tabela 10.** Resumo do teste de Tukey referente à variável área foliar total (cm²) de plantas de genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....48
- Tabela 11.** Médias para a área foliar total (cm²) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....49

CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012.....57
- Tabela 2.** Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012.....57
- Tabela 3.** Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca da raiz, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....60

Tabela 4. Médias para a fitomassa seca da raiz (g), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....60

Tabela 5. Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca da parte aérea, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....62

Tabela 6. Médias para a fitomassa seca da parte aérea (g) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....62

Tabela 7. Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca total, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.64

Tabela 8. Médias para a fitomassa seca total (g) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....65

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012.....72

Tabela 2. Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012.....72

Tabela 3. Resumo do teste de Tukey referente à concentração interna de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....75

Tabela 4. Médias para a concentração interna de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....76

Tabela 5. Resumo do teste de Tukey referente à condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....77

Tabela 6. Médias para a condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....78

Tabela 7. Resumo do teste de Tukey referente à transpiração (E) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.80

Tabela 8. Médias para a transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....81

Tabela 9. Resumo do teste de Tukey referente à fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....82

Tabela 10. Médias para a fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....	83
Tabela 11. Resumo do teste de Tukey referente à eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....	84
Tabela 12. Médias para a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....	85
Tabela 13. Resumo do teste de Tukey referente à eficiência instantânea da carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.....	86
Tabela 14. Médias para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....	87

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Semeadura (A) e emergência das plântulas (B).....40
- Figura 2.** Medidor de área foliar de bancada modelo LI-COR – LI-3100C.....41
- Figura 3.** Desdobramento do genótipo 2 (BRS Xiquexique) dentro de cada nível de salinidade para a altura de planta do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.....44
- Figura 4.** Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para o diâmetro do caule do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.....46
- Figura 5.** Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para o número de folhas do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.....48
- Figura 6.** Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a área foliar total (cm²) do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.....50

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Semeadura (A) e emergência das plântulas (B).....58
- Figura 2.** Análise do peso da fitomassa seca de genótipos de feijão caupi.....59
- Figura 3.** Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca da raiz (g) do feijão caupi nos estádios fenológico V3, V6 e R3.....61
- Figura 4.** Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e genótipo 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca da parte aérea do feijão caupi nos estádios fenológicos estudados.....63

Figura 5. Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca total do feijão caupi nos estádios fenológicos estudados.....66

CAPÍTULO IV

Figura 1. Semeadura (A) e emergência das plântulas (B).....73

Figura 2. Avaliação da concentração interna de CO₂ (*C_i*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e fotossíntese líquida (*A*) utilizando o analisador de gás infravermelho IRGA.....74

Figura 3. Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B) dentro de cada nível de salinidade para a concentração interna de CO₂ (*C_i*) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.....77

Figura 4. Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) dentro de cada nível de salinidade para a condutância estomática (*g_s*) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.....79

Figura 5. Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a transpiração (*E*) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em diferentes estádios fenológicos.....82

Figura 6. Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B) dentro de cada nível de salinidade para a fotossíntese líquida (*A*) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.....84

Figura 7. Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B), dentro de cada nível de salinidade, para a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.....86

Figura 8. Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a eficiência instantânea de carboxilação (*E_{iC}*) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em diferentes estádios fenológicos.....88

MAIA FILHO, F. C. F. **Cultivo de genótipos de feijão caupi sob irrigação com águas salinas em fases fenológicas**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

Um grande problema enfrentado pelos agricultores em todo o mundo é a qualidade da água de irrigação, principalmente água com elevadas condutividades elétricas, problema este muito enfrentado no Brasil, principalmente na região Nordeste. O feijão caupi, também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, se constitui a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Pensando nisto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar o cultivo de genótipos do feijão caupi irrigado com água salina em diferentes estádios fenológicos, sendo desenvolvida em casa de vegetação na Universidade Federal de Campina Grande, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, numa combinação de dois fatores: salinidade na água de irrigação ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) e dois genótipos de feijão caupi (BRS –Itaim e BRS – Xiquexique) em quatro estádios fenológicos (V3, V6, R1 e R3), totalizando 80 unidades experimentais. A salinidade na água de irrigação influenciou negativamente para ambos os genótipos de feijão caupi estudados. O estádio fenológico V3 o mais tolerante a salinidade na água de irrigação e os estádios R1 e R3 os mais sensíveis. Os genótipos se comportaram de maneira diferente, dependendo de cada estádio fenológico.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fenologia. Salinidade.

MAIA FILHO, F. C. F. **Cultivation of cowpea genotypes under irrigation with saline water in phenological phases.** 2014. 90 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center of Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

A major problem faced by farmers around the world is the quality of irrigation water, mostly water with high electrical conductivities, this very problem faced in Brazil, especially in the Northeast. The cowpea, also known as bean-to-string-bean or cowpea, constitutes the main subsistence crop in North and Northeast Brazil. Thinking it aimed to this research to evaluate the cultivation of cowpea genotypes irrigated with saline water at different growth stages, being developed in a greenhouse at the Federal University of Campina Grande, using a completely randomized design with five replications in a combination of two factors: salinity in irrigation water (0.8 dS m^{-1} and 5.0 dS m^{-1}) and two cowpea (BRS - Itaim and BRS- Xiquexique) at four growth stages (V3, V6, R1 and R3) totaling 80 experimental units. The salinity in irrigation water caused damage to both cowpea genotypes studied. The phenological stage V3 the most tolerant to salinity in irrigation water and R1 and R3 the most sensitive stages. The genotypes behaved differently, depending on each phenological stage.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, fenologia, salinidade.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A acumulação de sais na superfície do solo limita a disponibilidade de água de boa qualidade, tornando fundamental o aproveitamento de águas salinas. Essas águas muitas vezes são consideradas impróprias para o consumo, tornando necessária a adoção de medidas alternativas para seu aproveitamento, a exemplo da irrigação de plantas mais tolerantes à salinidade.

É crescente o interesse em aumentar a eficiência na utilização de águas salinas na irrigação nos últimos anos. Podem ser usadas com sucesso no cultivo de determinadas plantas, sem maiores consequências em longo prazo para culturas e solo, desde que sejam aplicadas técnicas de manejo adequadas. Isso envolve o uso de fontes de águas salinas utilizando espécies ou cultivares mais tolerantes, bem como a utilização dessas fontes em estádios diferentes, sistema irrigação, mistura de água de diferentes qualidades, além de diversas práticas de manejo do sistema solo-plantas (MALASH et al., 2006; CHAUHAN & SINGH, 2008).

Nas regiões áridas e semiáridas as concentrações de sais podem atingir valores elevados, prejudicando o solo e as plantas. Isso ocorre devido às características climáticas dessas regiões, com elevadas taxas evaporação e transpiração além da baixa precipitação, possibilitando a ascensão de sais pela superfície do solo (MEDEIROS et al., 2010).

O desenvolvimento de estratégias em áreas irrigadas da região semiárida brasileira, que vise à atenuação do estresse salino sobre as plantas, pode ser uma alternativa viável para se elevar a produtividade das culturas a esses ambientes. É importante a viabilização do uso de águas de qualidade inferior na agricultura, o que contribui para maior disponibilidade de água de boa qualidade com vistas ao uso doméstico, além de maximizar a eficiência do uso deste recurso (HOLANDA FILHO et al., 2011).

O feijão caupi ou feijão macassar é predominantemente consumido nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde este é também a principal cultura de subsistência. Esta cultura apresenta grande importância na alimentação das populações que vivem nessas regiões, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor

nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar gerando também emprego e renda, tanto na zona rural quanto na zona urbana (LIMA et al., 2007).

É um alimento rico em proteína, minerais e fibras (FROTA et al., 2008) que constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste, e atualmente seu consumo expande-se de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011).

A maioria dos produtores de feijão caupi no nordeste são considerados pequenos ou médios, com produção destinada primeiramente para o consumo doméstico e seu excedente é vendido, trazendo uma renda a mais para as famílias. No mundo, a área ocupada com feijão caupi está em torno de 12,5 milhões de hectares. Segundo Lima et. al. (2007) a área cultivada no Brasil é, de aproximadamente 1 milhão de hectares, dos quais cerca de 900 mil (90%) estão situados na região Nordeste do Brasil.

O feijão caupi é considerado moderadamente tolerante a salinidade, podendo suportar, sem perdas expressivas na produção (FAGERIA et al., 2010), contudo, o grau de tolerância do feijão vigna ao estresse salino varia entre genótipos (DANTAS et al., 2002).

O ajustamento ao estresse salino varia com o estágio de desenvolvimento da planta, o que pode possibilitar o cultivo em áreas que possuam águas de qualidade diferencial, ou nas áreas onde o teor salino das águas aumente durante o ciclo produtivo das culturas ou nos estádios mais tolerantes à salinidade (RHOADES et al., 2000).

Mafera, 1979, propôs modelos teóricos para explicar o desenvolvimento de cultivares de diferentes hábitos de crescimento. Essas escalas são importantes porque permitem relacionar a necessidade de uma prática agrônômica com determinado estágio de desenvolvimento da planta.

A realização de estudos que tragam a possibilidade de seleção de espécies com genótipos que satisfaçam as expectativas de tolerância sob uma baixa qualidade de água para irrigação e que se adaptam às condições edafoclimáticas do semiárido nordestino, é de suma importância para os agricultores e a população desta região. De acordo com MOREIRA et al. (2009), a utilização de técnicas multivariadas é uma opção viável para essa finalidade, uma vez que permite múltiplas combinações de informações dentro da unidade experimental, através da discriminação do genótipo com base em uma variável complexa.

Para que o feijão-caupi possa expressar ao máximo o seu potencial genético de produção, torna-se necessário o desenvolvimento de cultivares que elevem a

produtividade e reduzam a instabilidade de produção de caupi, através de características de resistência a pragas doenças e a outros estresses ambientais, e que sejam adaptados às regiões de cultivo (FREIRE FILHO et al., 2005).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliação do crescimento, fitomassa e fisiologia em genótipos do feijão caupi sob irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos do feijão caupi.
- Verificar qual a salinidade limiar para os genótipos do feijão caupi, dentro de cada estágio fenológico estudado.
- Identificar genótipos de feijão caupi tolerantes e sensíveis à salinidade da água de irrigação em relação às variáveis estudadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos Gerais do feijão caupi

O feijão caupi é uma *Dicotyledonea*, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Todo o feijão caupi cultivado pertence à subespécie *unguiculata*. É nativo da África e bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano (SOARES et al., 2006).

O requerimento de água do feijão caupi é variável com seus estádios de desenvolvimento, aumentando de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens e decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001)

No Brasil a espécie é cultivada predominantemente em sequeiro, por agricultores familiares, nas regiões norte e nordeste (SILVA et al., 2010, BARBOSA et al., 2010), onde é cultivada principalmente, na agricultura familiar, sendo o prato básico das classes de menor poder aquisitivo (TEÓFILO et al., 2008). É cultivado em quase

todas as microrregiões do estado da Paraíba, numa área total de 176.586 ha, com uma produção de 64.672 t ano⁻¹ e rendimento médio de 366 kg ha⁻¹ (IBGE, 2007).

A cultura do feijão caupi é de grande relevância socioeconômica, notadamente em razão da grande quantidade de mão de obra demandada no seu cultivo (SALGADO et al., 2012), gerando diversos empregos diretos e indiretos. Apresenta grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, constituindo-se assim uma espécie de grande valor atual e com amplas possibilidades de uso (FREIRE FILHO et al., 2005).

A área ocupada com feijão caupi, no mundo é em torno de 12,5 milhões de hectares, com 8 milhões na parte oeste e central da África e o restante na América do Sul, América Central, Ásia, sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Dados sobre a produção mundial de feijão caupi, indicam que a cultura atingiu 3,6 milhões de toneladas no ano de 2007. Produção esta obtida em 36 países, destacando-se entre os maiores produtores a Nigéria, o Níger e o Brasil, respectivamente (FAO, 2009).

Apesar de ser uma cultura considerada de baixa produtividade e de subsistência em sistemas de cultivos pouco tecnificados, o feijão caupi possui um grande potencial de produção e econômico. Nos últimos anos, a cultura vem despertando o interesse de agricultores que praticam agricultura empresarial, cuja lavoura é totalmente mecanizada, aumentando a procura maior por cultivares com porte mais compacto e mais ereto (FREIRE FILHO et al., 2006).

O feijão caupi caracteriza-se por apresentar ciclo curto, baixa exigência em água e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem a capacidade para utilizar o nitrogênio fixado por essas bactérias (EMBRAPA, 2003).

Além da utilização para o consumo *in natura*, principalmente na forma de grãos secos ou verdes, o feijão-caupi é utilizado também como forragem, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e como adubação verde, proteção do solo (ROCHA et al., 2009).

Ao contrário do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e de outras leguminosas, o feijão caupi adapta-se relativamente bem a uma ampla faixa de clima e solo, merecendo destaque para o Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (Argissolo Vermelho-Amarelo), Aluviões

(Neossolos Flúvicos) e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzorenicos) (OLIVEIRA e CARVALHO, 1988; PINHO et al., 2005).

Para Santos et al. (2009), cultivares de feijão-caupi apresentam características genéticas, fisiológicas e morfológicas intrínsecas e, portanto, respondem de forma diferenciada às condições edafoclimáticas locais, evidenciando a importância de estudar o desempenho produtivo de genótipos, variedades ou cultivares de feijão-caupi antes da recomendação para o cultivo.

O feijão caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e contém todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média) vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras alimentares e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média), sendo que a composição destes nutrientes pode variar de acordo com as práticas agronômicas realizadas na cultura e manejo pós-colheita (ANDRADE, 2010). Segundo Pereira (2008), o feijão-caupi é um grande fornecedor de fibras alimentares do tipo solúvel, que ajudam a baixar os níveis de colesterol.

Os efeitos da interação genótipo x ambiente podem ser resultantes de diferentes fatores, como: condições ambientais, fertilidade do solo, conhecimentos tecnológicos dos produtores, e sistema de manejo adotado. Esses fatores, isoladamente ou em conjunto, podem alterar o comportamento de um genótipo, mesmo numa região de pequena extensão territorial (SANTOS et al., 2000).

3.2. Estádios de desenvolvimento do feijão caupi

O feijão caupi é uma espécie relativamente bem estudada, contudo em relação às suas fases de desenvolvimento há poucas informações. Possivelmente, devido ao fato de apresentar grande variabilidade genética para todos os caracteres e em especial para o porte da planta (Campos et al., 2000).

Mafra (1979) propôs modelos teóricos para o desenvolvimento de cultivares de hábito de crescimento determinado, indeterminado e decumbente ou volúvel.

Campos et al. (2000) definiram o ciclo fenológico em feijão-caupi em duas fases: Fase vegetativa e fase reprodutiva. Fase vegetativa: V0 – Semeadura; V1 – Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo; V2 – As folhas unifolioladas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas; V3 – A primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V4 - A segunda folha trifoliolada encontra-se com os folíolos

separados e completamente abertos; V5 - A terceira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos; V6 – Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; V7 – A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V8 – A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; V9 – A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta; Fase reprodutiva: R1 – Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal; R2 – Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral; 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; R4 – Maturidade de 50% das vagens da planta; e R5 – Maturidade de 90% das vagens da planta.

Essas escalas são importantes porque permitem relacionar a necessidade de uma prática agrônômica ou a ocorrência de algum fator adverso com um determinado estágio de desenvolvimento da planta (CAMPOS et al., 2000).

3.3. Cultivares estudadas

3.3.1 BRS Itaim

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento entre as linhagens MNC01- 625E-10-1-2-5, como parental feminino, e MNC99-544D-10-1-2-2, como parental masculino, realizado na Embrapa Meio-Norte em 2004. As principais características da cultivar BRS Itaim são porte ereto; ciclo 60 a 65 dias; semente de cor branca; classe comercial branca, subclasse comercial fradinho; média de produtividade de 673 (VILARINHO et. al., 2010).

A cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado e tem alta resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para cultivo em regime de sequeiro. Tanto no regime de sequeiro quanto no irrigado recomenda-se o uso de 200 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2009).

Tem vagem relativamente pequena, em média com nove grãos e com casca bastante fina. Por um lado constitui uma vantagem, por que eleva o índice de grão, o qual na BRS Itaim é em média 81%. Entretanto, tornam os grãos menos protegidos, portanto menos resistentes à permanência no campo, depois de atingido o ponto de colheita (FREIRE FILHO et. al., 2009).

3.3.2 BRS Xiquexique

Obtida da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá e, como parental masculino, TE87-98-8G, posteriormente lançada como BRS Paraguaçu (VILARINHO et. al., 2008).

A cultivar BRS Xiquexique tem como características porte semi-prostrado, ramos relativamente consistentes, os quais contribuem para a resistência ao acamamento, e inserção das vagens no nível da folhagem. Vagens secas amarelo-avermelhadas, grãos brancos, arredondados, tegumento liso, sem brilho e com anel do hilo marrom-claro, que se enquadram na subclasse comercial branco. Grãos bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores das Regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO, et al., 2008).

A cultivar BRS Xiquexique apresenta 23,3% de proteína e teor de ferro e zinco de 77,4 mg kg⁻¹ e 53,66 mg kg⁻¹, respectivamente. O tempo médio de cocção é de 22 minutos (VILARINHO et. al., 2008).

3.4. Utilização de água salina na agricultura

Quando o processo de salinização ocorre por aumento da concentração de sais na superfície por meio da ascensão por evaporação da água em regiões de baixa precipitação, ou em condições de acúmulo de sais através do intemperismo de minerais ou por serem transportados pelas águas de outros locais, esses fenômenos são denominados de salinização primária, ocorrendo sem a interferência do homem (RIBEIRO et al., 2009).

No entanto, um dos maiores problemas da salinidade tem sido também ocasionado pelo processo conhecido como salinização secundária, que ocorre devido ao manejo inadequado da irrigação associado à drenagem deficiente e à presença de águas subsuperficiais ricas em sais solúveis localizadas em baixa profundidade. Esse processo ainda pode ser intensificado pela aplicação de fertilizantes de forma excessiva e pouco parcelada ao longo do ciclo cultural, o que induz as plantas a uma condição de estresse (OLIVEIRA et al., 2010).

A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e afetam a produção, visto que a água é constituinte dos tecidos vegetais chegando até mesmo a constituir mais de 90% de algumas plantas;

desta forma e para a utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional através de alternativas economicamente viáveis de modo que a cultura alcance a produtividade esperada (MEDEIROS et al., 2007).

As águas utilizadas para irrigação normalmente são de origem superficial ou subterrânea, levando-se em conta que em determinadas zonas áridas as características climáticas e a escassez de recursos hídricos limitam a disponibilidade de água, tornando-se necessário o emprego de outras fontes de água disponíveis, como as águas residuárias de procedência urbana (ALMEIDA, 2010) e as águas salobras de origem subterrâneas (SILVA et al., 2011).

A utilização de águas salinas na irrigação tem sido um problema para os sistemas de produção agrícola uma vez que acarreta em acúmulo de sais na zona radicular das culturas promovendo uma redução no crescimento e na produtividade. É importante destacar que o menor crescimento das plantas irrigadas com água salina pode diminuir não somente a eficiência do uso da água, mas também resultarem menor extração de nutrientes pelas culturas, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes aplicados (LACERDA, 2005).

Na região Nordeste, além das fontes de água se encontrarem em solos salinos, a maior parte da água utilizada para irrigação, nas pequenas propriedades, possui elevados teores de sais (SUASSUNA e AUDRY, 2005).

A qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante fator, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação universal que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias. A adequação da água para a irrigação depende tanto de sua própria qualidade quanto de fatores relacionados com as condições de uso (AYERS e WESTCOT, 1999).

3.5. Efeito da salinidade sobre as plantas

A salinidade provoca modificações morfológicas e metabólicas nas plantas (GONELA et al., 2006). A ação dos sais na agricultura, apesar de se refletir diretamente na produção das culturas, manifesta-se primeiramente na germinação das sementes (FURTADO et al., 2007).

As culturas respondem diferentemente à salinidade, podendo se apresentar desde extremamente sensíveis em níveis de salinidade relativamente baixos ou até produzir rendimentos aceitáveis em condições altamente salinas (SANTANA et al.,

2007). O grau de tolerância à salinidade das plantas depende da ativação de múltiplas vias bioquímicas que promovem a acumulação de água nas células, resguardando as funções fotossintéticas e conservando a homeostase iônica (ESTEVEZ e SUZUKI, 2008).

A salinidade causa efeitos adversos no crescimento vegetal, em decorrência do potencial osmótico, estresse salino, desbalanço nutricional ou interação entre fatores (MARSCHNER, 2012), homeostase iônica, balanço hídrico, nutrição mineral e metabolismo de carbono fotossintético (ZHU, 2001; MUNNS, 2002).

Os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para avaliação do grau de estresse e da capacidade da planta de superar o estresse salino (MORAIS et al., 2011).

Silveira et al. (2008) e Barros et al. (2009) citam que solos afetados por sais contêm sais solúveis e/ou sódio trocável que podem reduzir significativamente o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Rhoades et al. (1992); Gheyi (2000), Smith et al. (2009) afirmam que altas concentrações de sais no solo, produzem redução no potencial osmótico, causando efeito deletério no crescimento das plantas, a germinação de sementes e no desenvolvimento das raízes.

A salinidade exerce efeitos osmóticos ou influência sobre as relações hídricas (PASTERNAK, 1987) dificultando, assim, o movimento de água e nutrientes através das membranas das raízes para o interior da célula (RIOS, 2004). As plantas apresentam uma membrana semipermeável que permite a passagem de água, mas evita a passagem de sais, quanto mais salina a água mais osmoticamente difícil é sua extração da solução do solo (BARROS, 2002).

Dependendo do grau de salinidade, a planta, em vez de absorver, poderá até perder a água que se encontra no seu interior. Esta ação é denominada plasmólise e ocorre quando uma solução altamente concentrada é posta em contato com a célula vegetal. O fenômeno é devido ao movimento da água, que passa das células para a solução mais concentrada (DIAS e BLANCO, 2010).

Dentre os íons que podem apresentar toxidez os mais evidentes nos solos salinos são o sódio e o cloreto, sendo a toxicidade mais frequente a provocada pelo cloreto, seguida do sódio e do boro (LIMA, 1997; AYERS e WESTCOT, 1999), provocando desbalanceamento nutricional ou efeito tóxico devido à presença em

excesso de um ou mais íons causando exemplo bastante comum à toxidez (FAGERIA, 2002).

Em muitos casos a concentração de sais não atinge níveis de potencial osmótico capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas; no entanto, a concentração de diversos íons pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à absorção de nutrientes pelas plantas, afetando negativamente o processo metabólico (CRUCIANI, 1987).

O ajustamento ao estresse salino varia com o estágio de desenvolvimento da planta, o que pode possibilitar o cultivo em áreas que possuam águas de qualidade diferencial, ou nas áreas onde o teor salino das águas aumente durante o ciclo produtivo das culturas ou nos estádios mais tolerantes à salinidade (RHOADES et al., 2000). Assim, diversos estudos foram conduzidos com a utilização de soluções salinas na fase vegetativa (PRISCO, 1987; AMADOR et al., 2006), na fase de floração (ENÉAS FILHO et al., 2002; FERREIRA, 2005) e em todo o seu ciclo (ASSIS JUNIOR, 2007; GUIMARÃES, 2005).

Entre as espécies sensíveis ao estresse salino, o efeito da salinidade manifesta-se por severas reduções do crescimento e distúrbio na permeabilidade da membrana, atividade de troca hídrica, condutância estomática, fotossíntese e equilíbrio iônico (SHANNON e GRIEVE, 1999; NAVARRO et al., 2003; CABANERO et al., 2004).

3.6. Mecanismos de tolerância

Para suportar o estresse salino as plantas têm, desenvolvido, mecanismos complexos que contribuem para a adaptação aos estresses osmótico e iônico, provocados pela salinização dos solos (COSTA et al., 2003). Mecanismos esses que variam enormemente de acordo com os vários fatores internos e externos podendo ser apresentados em três níveis de organização: planta inteira, organela e molecular. Um modo de aumentar a tolerância das plantas à salinidade seria através de um controle mais eficiente no transporte de íons tóxicos para os órgãos aéreos transpirantes, acumulando-os nas raízes (MUNNS, 2002).

Tester e Davenport (2003) sugerem a existência de dois grupos de mecanismos de tolerância: tolerância individual das células, envolvendo, por exemplo, a compartimentação intracelular e a sinalização bioquímica; e tolerância a um nível superior em relação ao grupo anterior, envolvendo, por exemplo, o controle da absorção e transporte interno de sais e o acúmulo de Na nos interior da planta.

A quantidade de íons que atinge as folhas deve ser limitada para não ultrapassar a capacidade de compartimentalização dos mesmos no vacúolo (CHEESEMAN, 1988). As halófitas e glicófitas diferem com relação à eficiência desse controle. Enquanto que nas glicófitas esse controle não é tão eficiente, nas halófitas a compartimentalização dos sais que alcançam as folhas via xilema permite que eles sejam utilizados no ajustamento osmótico sem causar efeitos tóxicos no citosol (GREENWAY e MUNNS, 1980).

Vários processos metabólicos podem ser afetados negativamente pela presença em excesso de Na^+ no citosol (BLUMWALD et al., 2000). O mecanismo de compartimentalização de Na^+ no vacúolo ou a exclusão para o meio externo celular ocorre através do antiporte Na^+/H^+ , sendo aplicada uma força eletromotriz gerada pelas bombas de hidrogênio (H^+ -ATPase ou H^+ -PPiase) o que se qualifica essencial para a homeostase dos íons Na^+ e K^+ (SILVEIRA et al., 2010).

As plantas não toleram grandes quantidades de sais no citoplasma e, dessa forma, sob condições de estresse salino, elas tanto restringem o excesso de sais nos vacúolos como compartimentalizam os íons em diferentes tecidos, para facilitar suas funções metabólicas (NIU et al., 1995; IYENGAR e REDDY, 1996).

Há também o ajustamento osmótico, onde as plantas reduzem o potencial osmótico de suas células ao acumular íons do meio externo, ou pela mobilização de seus próprios constituintes orgânicos, sendo tal processo denominado de ajustamento osmótico ou osmorregulação (YAMAGUCHI e BLUMWALD, 2005). Muitas das plantas que toleram o efeito do estresse salino o fazem por sintetizar compostos orgânicos, conhecidos como solutos compatíveis. Eles são em número bastante limitado, pois somente poucos compostos podem existir em concentrações relativamente altas no citoplasma sem causar danos às enzimas (LACERDA et al., 2003).

3.7.Tolerância do Feijão-caupi à salinidade

De acordo com Maas e Hoffman (1977), o feijão-de-corda é uma espécie considerada moderadamente sensível ao estresse salino. No entanto, a literatura tem mostrado que essa espécie tolera água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹ e salinidade limiar do solo (CEes) em torno de 4,9 dS m⁻¹, sendo classificada como moderadamente tolerante (AYERS e WESTCOT, 1999).

Estudos com plantas de feijão caupi sob estresse salino mostram que há redução no crescimento vegetativo devido ao acúmulo de sais nos tecidos (MURILLO-AMADOR et al., 2006), alterações nas trocas gasosas (PRAXEDES et al., 2010; SILVA et al., 2003), distúrbios nutricionais e estresse oxidativo (CAVALCANTI et al., 2007).

Pesquisas têm demonstrado que a elevação da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina inibiu o desenvolvimento das plantas em consequência da redução na fotossíntese, transpiração e condutância estomática (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011) afetando ainda os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes reduzindo, em consequência, o desenvolvimento e o rendimento da cultura (NEVES et al., 2009; BEZERRA et al., 2010).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, 2010. 234p

AMADOR, B. M.; DIÉGUEZ, E. T.; HERNÁNDEZ, J. L. G.; AGUIAR, R. L.; SERRANO, Y. A.; ZAMORA, S. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Scientia Horticulturae**, v.108, n.4, p.423-431, 2006.

ANDRADE, F. N. Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde. 2010. 110 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYIV, H.; 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**, v. 27, n.3, p. 702-713, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARBOSA, M. S.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C.. Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no municí-pio de Tracuateua, Nordeste Paraense. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 5, n. 10, p. 7-25, 2010.

BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, na cultura do melão**. 124p. (Tese Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002.

BARROS, M de F. C.; BEBÉ F. V.; SANTOS T. O.; CAMPOS M. C. C., Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão caupi. **Revista de biologia e ciências da terra**.v.9, n.1, 2009.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, p.1075-1082, 2010.

BLUMWALD, E.; AHARON, G. S.; APSE, M. P. Sodium transport in plant cells. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v.1465, p.140-151, 2000.

CABANERO, F.J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v.166, p.443-450, 2004

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B; ROCHA, M. M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): Uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CAVALCANTI, F.R.; LIMA, J.P.M.S.; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A. & SILVEIRA, J.A.G. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. **Journal of Plant Physiology** **164**: 591-600, 2007.

CHAUHAN, C. P. S.; SINGH, R. B. Supplemental Irrigation of Wheat with Saline Water. **Agricultural water management**, AMSTERDAM, V.95, N.3, P.253-258, 2008.

CHEESEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, Lancaster, v 87, p.547-550, 1988.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS 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, SP, v.26, p.289-297, 2003.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. 4 ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1987. 337p.

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.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p.130-141

EMBRAPA MEIO NORTE. BRS Itaim - **Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009. (Embrapa Meio Norte. Folder) EMBRAPA. **Cultivo de feijão caupi**. 2003. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/feijaocaupi/referencias.htm>. Acesso em: dezembro de 2013.

ENÉAS-FILHO, J.; SUDÉRIO, F. B.; BARBOSA, G. K. C.; SILVA, R. P. P.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. **Atividade beta galactosidásica em parede celular de raízes, caules e folhas de Vigna unguiculata submetidas à salinidade.** In: **Reunião Regional da SBBQ Nordeste**, 6., 2002, Fortaleza. Resumos... Fortaleza: SBBQ, 2002. CD Rom.

ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, v.12, n.4, p.662-679, 2008.

FAGERIA, N. K.; V.C. BALIGAR & R. B. CLARK. **Micronutrients in crop production.** Adv. Agron. 77, 2002.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H.R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos.** Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap.13, p.205-218.

FAO. FAOSTAT. **Crops. Cow peas, dry.** Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em 14 de dezembro de 2013.

FERREIRA, M. C. C. **Efeito do sal no crescimento e metabolismo de Vigna unguiculata L. Walp e Vigna unguiculata (Jacq) Benth.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005, 74p. Dissertação Mestrado.

FREIRE FILHO, F. R.; CARVALHO, H. W. L.; ROCHA, M. M.; OLIVEIRA, I. R.; RAPOSO, J. A. A.; COSTA, A. F.; FERNANDES, J. B.; RIBEIRO, V. Q.; NUTTI, M. R.; SAGRILO, E.; ALCÂNTARA, J. P.; VILARINHO, A. A.; CRAVO, M. S.; CAVALCANTE, E. S.; SOUZA, F. F.; SITTOLIN, I. M.; GONÇALVES, J. R. P. **BRS XIQUEXIQUE - Cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco.** Embrapa Tabuleiros Costeiros Meio-Norte. Folder, Teresina, 2008.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ALCÂNTARA, J.P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M.M. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v.52, p.771-777, 2006

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. **Melhoramento Genético.** In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-92, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V.. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil.** IV Reunião nacional de Biofortificação. Teresina, Piauí, Brasil, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, K. J. D.; CARVALHO, H. W. C.; CRAVO, M. S.; LOPES, A. M.; VILARINHO, A. A.; SABOYA, R. C. C.; CAVALCANTE, E. S.; COSTA, A. F.; ALCÂNTARA, J. P. **BRS**

ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho. Embrapa Meio Norte. Folder, Teresina, 2009.

FROTA, K. M. G.; MENDONÇA, S.; SALDIVA, P. H. N.; CRUZ, R. J.; ARÊAS, J. A. G. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 9, p. H235-H240, Nov./dec. 2008.

FURTADO, R.F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**. v.38, n.2, p.224-227, 2007.

GHEYI, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.S. de; Assis Jr, R.N.; Romero, R.E.; Silva, J.R.C. (org.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Viçosa: Folha de Viçosa/2000. v. 1 p. 329-346.

GONELA, A.; RODRIGUES, T. J. D.; PATERNIANI, M. L. S.; LEMOS, E. G. M. Tolerância salina em quatro variedades botânicas de *Stylosanthes guianensis*. **Científica**, v.34, n.1, p.99-106, 2006.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

GUIMARÃES, F. V. **Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄**. 2005. 176 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Vegetal). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

HOLANDA FILHO, R. S. F. de.; SANTOS, D. B. dos.; AZEVEDO, C. A. V. de.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. de. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.60-66, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA, 2007. Acesso em: 10/12/2013, disponível em: [HTTP://www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br).

IYENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. In: PESSERKALI, M. (Ed.). **Handbook of Photosynthesis**. Marshal Dekar, Baten Rose. 1996. p.897-909.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Osmotic adjustment in roots and leaves of two sorghum genotypes under NaCl stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, p. 113-118, 2003.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.C. et al. (eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. p.95-105.

LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T. resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 2, p.79-86, 2007.

LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H.R; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. ed. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB. 1997, p. 113-136.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, A.S.C.E., v. 103, n.2, p.115- 134, 1977.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo da cultura do "feijão-de-corda", fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1979, 39 p.

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**, AMSTERDAM, V.78, N.1, P.25-38, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants. Third edition**. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo- água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R; DIAS, N. S. & LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. INCTSal, Fortaleza – CE, 472p., 2010.

MEDEIROS, J. F. de; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.248–255, 2007.

Morais, F.A. de; Gurgel, M.T.; Oliveira, F.H.T. de; Mota, A.F. 2011 Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agrônômica**. 42(2): 327-336.

MOREIRA, R.M.P; FERREIRA, J. M.; TAKAHASHI, L. S. A.; VASCONCELOS, M. E. C.; GEUS, L. C.; BOTTI, L. Potencial agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, supl.1, p.1051-1060, 2009.

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

MURILLO-AMADOR, B.; DIÉGUEZ, E. T.; HERNÁNDEZ, J. L. G.; AGUILAR, R. L; SERRANO, N. Y. A.; SALGADO, S. Z.; PUENTE, E. O. R.; KAYA, C. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Scientia Horticulturae**, v.108, n.4, p.423-431. 2006.

NAVARRO, J.M., GARRIDO, C., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulators**, v.41, p.237-245, 2003.

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**, v.39, p.758-765, 2009.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.437-443, 2001.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plant Physiology**, Lancaster, v.109, n.2, p.735-742, 1995.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A.M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos de semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org) **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 63-96.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, p.1-16 2010.

PASTERNAK, D. Salt tolerante and crop production - A comprehensive approach. **Annual Review of Phytopathology**, v.25, s.n., p.271-291, 1987.

PEREIRA, C. P. Um, dois, feijão com arroz. **Revista Saúde**, Natal, v. 294, p. 14-17, 2008.

PINHO, J.L.N.; TÁVORA, F.J.A.F.; GONÇALVES, J.A. Aspectos fisiológicos. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 191-210

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.

PRISCO, J. T. **Contribuição ao estudo da fisiologia do estresse salino durante a germinação e estabelecimento da plântula de uma glicófita [Vigna unguiculata (L.) Walp.]**, 65 p.. 1987. Tese, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). **Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. P. 449-484.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **O uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução: H. R. GHEYI, J. R. DE SOUZA, J.E. QUEIROZ. Campina Grande: UFPB. 117p. 2000.

RIOS, L. V. C. **Salinidad: Homeostasis iônica y acuaporinas**. Centro de Investigaciones del Hombre in el Desierto-IDESIA. p.61-68, 2004.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44 n. 3, p. 270 – 275, 2009.

SALGADO, F. H. M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T. C.; BARROS, H. B.; PASSOS, N. G.; FIDELIS, R. B. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.4, p.368-374, 2012.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1470-1476, 2007.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. de; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2229-2234, novembro 2000.

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; BRITO, C.H.; SANTOS, M.C.C.A. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião cariri paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.1, p.214-222, jan./abr. 2009.

SHANNON, M.C., GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Science Horticulture**, v.78, p.5-38, 1999.

SILVA, A. J.; UCHÂ, A. C. P.; ALVES, J. M. A; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40. n. 1, p. 31-36, 2010.

SILVA, A.O.; SILVA, D.J.R.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; SANTOS, A.N.; ROLIM, M.M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do semiárido-PE e rejeito de essalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.147-155, 2011.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água na folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v.17, p. 231-246, 2003.

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**, v.15, p.383–389, 2011.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; AILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCTSal, 2010. 472p.

SILVEIRA, K.R. RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L.B.; HECK, R. J.; SILVEIRA, R. R. Gypsum saturated water to reclaim alluvial saline sodic and sodic soils. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n.1, pag. 69-76, 2008.

SMITH, A. P.; CHEN, D.; CHALK, P. M. N₂ fixation by faba bean (*Vicia faba* L.) in a gypsum-amended sodic soil. **Biology and Fertility of Soils**. Berlin, v.45, p.329-333, 2009.

SOARES, A.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.F.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, M.S.. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I – caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.795-802, 2006.

SUASSUNA, J; AUDRY, P. Qualidade da água na irrigação do trópico semiárido: um estudo de caso. Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/estcaso.html> Acesso em: 15/12/2013.

TEÓFILO, E. M.; DUTRA, A. S.; PITIMBEIRA, J. B.; DIAS, F. T. C.; BARBOSA, S. F. Potencial fisiológicos de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 443-448, 2008.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.

VILARINHO, A. A.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q. **BRS Xiquexique: Cultivar de Feijão-Caupi Rica em Ferro e Zinco para Cultivo em Roraima**. Comunicado Técnico. Embrapa, Boa Vista, 2008, 5 p.

VILARINHO, A. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, G. C. **BRS ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho**. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 2010, 4 p.

YAMAGUCHI, T.; BLUMWALD, E. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. **Trends in Plant Science**, Killington, v.10, n.12, p.615-620, 2005.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, v.6, n.1, p.66-71, 2001.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI SOB NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

RESUMO – Este trabalho foi desenvolvido para avaliar o crescimento de genótipos do feijão caupi, irrigados com água salina com dois níveis de salinidade, em diferentes estádios fenológicos da cultura. Foi conduzido em casa de vegetação nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, num esquema com dois níveis de salinidade na água de irrigação ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) e dois genótipos (BRS Xiquexique e BRS Itaim, cedidos pela Embrapa Meio Norte, Teresina – PI), em quatro diferentes estádios fenológicos (V3, V6, R1 e R3), com cinco repetições, totalizando 80 amostras experimentais, cultivados em vasos de polietileno com capacidade para 20 L de solo. De acordo com o estágio fenológico da planta, foram avaliados a altura da planta (cm), o diâmetro do caule (mm), o número de folhas e a área foliar total. As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade. Para análise estatística utilizou-se o programa computacional ESAL- SISVAR. A salinidade na água de irrigação reduziu todas as variáveis estudadas, sendo o estágio fenológico V3 o mais tolerante a salinidade na água de irrigação e os estádios R1 e R3 os mais sensíveis. Os genótipos se comportaram de maneira diferente, dependendo de cada estágio fenológico.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Estresse salino. Fenologia

PERFORMANCE OF CULTIVARS COWPEA UNDER SALINITY LEVELS IN IRRIGATION WATER AT DIFFERENT STAGES PHENOLOGICAL

ABSTRACT - This work was developed to evaluate the growth genotypes of cowpea irrigated with saline water with two levels of salinity at different phenological stages of the crop. Was conducted in a greenhouse on the premises of the Universidade Federal de Campina Grande. The treatments were distributed in a randomized complete design a layout with two levels of salinity in the irrigation water ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) two

genotypes (BRS Xiquexique e BRS Itaim, ceded by Embrapa Meio Norte, Teresina – PI), at four different phenological stages (V3, V6, R1 e R3), and five repetitions, totaling 80 experiment samples, cultivated in polyethylene vases with a capacity of 20 liters of soil. According to the phenological stage of the plant, were evaluated: plant height (cm), stem diameter (mm), leaf number and leaf area. Variables were analyzed statistically using F test at 1% and 5% probability. For statistical analysis we used the computational ESAL-SISVAR program. The salinity in the irrigation water reduced the studied variables, being the phenological stage V3 the most tolerant to salinity in the irrigation water and R1 and R3 stages the most sensitive. Genotypes they behaved differently, depending on each phenological stage.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Salt stress. Phenology

1. INTRODUÇÃO

Em diversas partes do mundo a agricultura enfrenta problemas com a disponibilidade de recursos hídricos adequados, fazendo com que muitos agricultores utilizem água de qualidade inferior (elevada condutividade elétrica) na irrigação das culturas, deste modo, é necessário avaliar sua qualidade e manejo rigoroso visando sua utilização (TRAVASSOS et al., 2012).

O feijoeiro vigna [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], também conhecido por feijão macassar, feijão-caupi, ou feijão de corda, é uma leguminosa extremamente importante ao consumo humano, pois é rica em proteínas e aminoácidos e, também, pode ser utilizada para diversificação de renda nas propriedades rurais (SILVA et al., 2013), sendo constituída como a principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no Sertão Nordestino.

A salinidade da água e do solo é um dos principais problemas enfrentados na agricultura, principalmente na região Nordeste, em regiões áridas, nas quais a precipitação é menor que a evapotranspiração (SANTOS et al., 2009); em áreas irrigadas de modo inadequado o uso de água de baixa qualidade e deficiência na drenagem induz ao acúmulo de sais na superfície do solo (DANTAS et al., 2005).

Nas sementes a salinidade afeta a porcentagem de germinação e os caracteres ligados ao vigor, afetando o estabelecimento de plântulas (SIVRITEPE et al., 2003),

reduzindo a velocidade de emergência, na uniformidade, na emergência total, no tamanho inicial e no estabelecimento de estande adequado (SCHEEREN et al., 2010).

A inibição do crescimento das plantas sob condições salinas ocorre tanto devido ao déficit hídrico provocado pela redução do potencial osmótico do solo, quanto pelo efeito causado pelo acúmulo de determinados íons no protoplasma, podendo causar problemas de toxicidade iônica, deficiências nutricionais ou ambos (MUNNS, 2005).

A redução no potencial hídrico, causada pelo excesso de sais, provoca restrição no crescimento uma vez que as taxas de alongamento e de divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular; desta forma, o ajustamento osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste ajustamento resultará em injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento resultando em plantas atrofiadas, desidratadas e, conseqüentemente, levando à morte das células (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento do feijão caupi na interação entre níveis de salinidades da água de irrigação e os genótipos estudados dentro de cada estágio fenológico.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa

O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nas dependências da UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA). A UFCG está localizada na zona centro oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°13'11'', longitude oeste 35°53'31'' e altitude de 547,56 m.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 83%.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos pela combinação de to fator salinidade na água de irrigação, com dois diferentes níveis (S1 = 0,8dS m⁻¹; S2 = 5dS m⁻¹ a 25°C) e dois genótipos de feijão caupi (G1 – BRS-Itaim e G2 - BRS-Xiquexique) sendo avaliados

em quatro estádios de desenvolvimento da planta V3 (10 DAE , quando a primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos); V6 (20 DAE, quando os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas); R1 (30 DAE, quando surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal) e R3 (50 DAE, no início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor).

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições, perfazendo um total de 80 parcelas, espaçadas de 0,5 m entre plantas e 0,6 m entre linhas.

2.3. Genótipos estudados

No presente experimento foram utilizadas sementes de dois diferentes genótipos de feijão-caupi, cedidos pela Embrapa Meio Norte, Centro de referência em pesquisa com o melhoramento do feijão-caupi, e produção de novas cultivares, localizada na cidade de Teresina, Estado do Piauí, e desenvolvidos especialmente para cultivo nas condições climáticas preponderantes na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento entre as linhagens MNC01- 625E-10-1-2-5, como parental feminino, e MNC99-544D-10-1-2-2, como parental masculino, realizado na Embrapa Meio-Norte em 2004. As principais características da cultivar BRS Itaim são porte ereto; ciclo 60 a 65 dias; semente de cor branca; classe comercial branca, subclasse comercial fradinho; média de produtividade de 673 (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado e tem alta resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para cultivo em regime de sequeiro. Tanto no regime de sequeiro quanto no irrigado recomenda-se o uso de 200 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2009).

A cultivar BRS Xiquexique foi obtida da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá e, como parental masculino, TE87-98-8G, posteriormente lançada como BRS Paraguaçu (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Xiquexique tem como características porte semi-prostrado, ramos relativamente consistentes, os quais contribuem para a resistência ao

acamamento, e inserção das vagens no nível da folhagem. Vagens secas amareladas, grãos brancos, arredondados, tegumento liso, sem brilho e com anel do hilo marrom-claro, que se enquadram na subclasse comercial branco. Grãos bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores das Regiões Norte e Nordeste (EMBRAPA, 2009). Apresenta 23,3% de proteína e teor de ferro e zinco de 77,4 mg kg⁻¹ e 53,66 mg kg⁻¹, respectivamente. O tempo médio de cocção é de 22 minutos (VILARINHO et. al, 2010).

2.4. Instalação e condução do experimento

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade para 15 litros, com o fundo preenchido por 1 kg de brita (nº zero), onde em seguida foi adicionado o material de solo de 15 kg destorroado, classificado como Franco Arenoso, coletado nas proximidades da cidade de Campina Grande, mas precisamente no município de Lagoa Seca- PB, sendo que no mesmo foram realizadas análises físico-hídrica e química (Tabelas 1 e 2). Os vasos possuíam um furo na base, para permitir a drenagem e abaixo do mesmo continha uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Global	Densidade		Granulometria	
	Partículas -----(g cm^{-3})-----	Areia	Silte -----(%)-----	Argila
1,40	2,67	77,70	11,29	11,01
CC	Umidade		Porosidade	
	PMP	Água Disponível -----(%)-----	Total	
13,22	3,77	9,45	47,57	

Tabela 2. Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Profundidade	pH	P	Na ⁺	K	Ca	Mgg	H ⁺	Al	CTC
	H ₂ O(1:2,5)	Mg/ dm ³	-----Meq/100 g de solo-----						
0 - 40 cm	4,8	0,54	0,05	0,18	0,51	0,20	0,56	0,40	1,50

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para ambiente controlado em vasos, correspondendo a 11,25 g de P₂O₅ (SUPER TRIPLO), 2,11 g de N (URÉIA) e 3,87 g de K₂O (KCL) por vaso.

Foram semeadas seis sementes por vaso a 2 cm de profundidade distribuídas de forma equidistante (Figura 1A). Dois dias após o semeio (DAS) teve início a emergência das plântulas (Figura 1B), onde aos cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por vaso.



Figura 1: Semeadura (A) e emergência das plântulas (B)

Os tratos culturais realizados durante o ciclo da cultura consistiram em escarificação superficial do solo e tutoramento das plantas.

2.5. Preparo das águas salinas e irrigação

Após a semeadura as plantas foram irrigadas com água salina, de acordo com o estado fenológico da cultura a ser estudado. As águas de irrigação foram obtidas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (Q) foi determinada pela equação $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, conforme Rhoades et al. (2000), em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

O volume da água para a irrigação foi calculado em função da demanda evapotranspiratória, acrescida de uma lâmina de cerca de 15 % (fração de lixiviação FL) (Equação 1). Este volume foi recalculado a cada duas irrigações pela diferença entre o volume de água aplicado e o volume de água drenado.

$$VI = \left(\frac{VA - VD}{1 - FL} \right)$$

onde:

- VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação (mL)
VA – Volume de água aplicado nas irrigações anteriores
VD – Volume de água drenado
FL – Fração de lixiviação (0,15)

2.6. Variáveis Analisadas.

O crescimento do feijão caupi foi avaliado de acordo com o estágio fenológico da cultura a ser estudado, conforme Campos et al. (2000), sendo realizadas três leituras, a primeira no início de cada estágio fenológico, a segunda cinco dias após o início do estágio e a terceira dez dias após o início do estágio fenológico.

Foi determinada a altura de planta (AP), definida mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção do meristema apical, aferidas com réguas graduadas e fitas métricas; o diâmetro caulinar (DC), a 5 cm do colo das plantas, utilizando um paquímetro digital; o número de folhas (NF), considerados apenas as folhas com no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa e o comprimento mínimo de 3 cm; a área foliar (AF), determinada utilizando o medidor de área foliar de bancada modelo LI-COR – LI-3100C (Figura 2).



Figura 2. Medidor de área foliar de bancada modelo LI-COR – LI-3100C.

2.7. Análise dos dados

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, onde utilizou-se o programa computacional ESAL- SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Altura de planta (AP)

Na análise dos dados para a variável altura de planta (AP) (Tabela 3), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) para a fonte de variação salinidade em todos os estádios fenológicos estudados, assim como na fonte de variação genótipos que também houve diferença significativa ($P \leq 0,01$).

No desdobramento dos fatores, observa-se a influência da salinidade dentro do fator genótipo, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) em todos os estádios estudados.

Tabela 3 – Resumo do teste de Tukey referente à altura da planta (cm) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	*	**	**
Genótipos	**	**	**	**
Interação (SxG)	*	*	**	**
CV (%)	7,36	15,34	13,42	11,16

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 2 diferiu estatisticamente em todos os estádios estudados, obtendo a maior média no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de 60,40cm no estádio R1 e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$) 41,30cm no estádio R3 (Tabela 5).

Segundo Morales et al. (2001), nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade, bem como, a adaptação ao estresse salino varia entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos.

Tabela 4. Médias para a altura de planta (AP) em cm, em plantas do genótipo do feijão caupi BRS Xiquexique, irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipo 2 (BRS Xiquexique)	
	Estádios	
	V3	
S1	14,50 a	
S2	12,50 b	
DMS	1,47	
	V6	
S1	30,60 a	
S2	23,52 b	
DMS	4,63	
	R1	
S1	60,40 a	
S2	31,84 b	
DMS	6,01	
	R3	
S1	59,35 a	
S2	41,30 b	
DMS	5,38	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

No genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve diferença significativa com redução da altura, com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde as reduções foram de 13,8% no estágio V3; 23,14 % no estágio V6; 47,3% no estágio R1 e 30,4% no estágio R3 (Figura 3). Silva et al. (2009) trabalhando com feijão-de-corda, observaram que a altura de planta decresceu linearmente com aumento da salinidade da solução do solo, assim como Lima et. al (2007), que observaram uma redução na altura da planta de feijão caupi em cerca de 42,86% nas plantas irrigadas com nível salino de 5,0 dS/m⁻¹, até os 45 DAS.

Já Calvet et al. (2013), em estudo com plantas de feijão-de-corda, constataram que na fase II (aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração) não houve alteração na altura de planta com a adição dos sais

Martinez e Lauchli (1994) verificaram que, o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas, de maneira geral, era a limitação do crescimento devido ao aumento da pressão osmótica do meio e a conseqüente redução da disponibilidade de água a ser consumida, afetando a divisão e o alongamento das células.

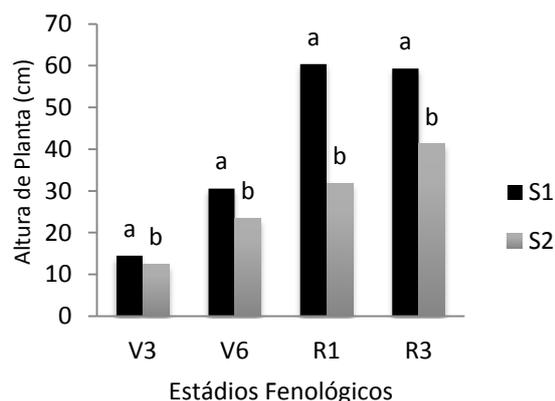


Figura 3 – Desdobramento do genótipo 2 (BRS Xiquexique) dentro de cada nível de salinidade para a altura de planta do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.

3.2. Diâmetro do caule (DC)

Na análise dos dados para a variável diâmetro do caule (DC) (Tabela 5), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) para a fonte de variação salinidade nos estádios V3, V6 e R1 e para a fonte de variação genótipos ($P \leq 0,01$), nos estádios V6 e R1 e R3.

No desdobramento dos fatores, observa-se a influência da salinidade dentro do fator genótipo, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) nos estádios V6, R1 e R3.

Tabela 5 – Resumo do teste de Tukey referente ao diâmetro do caule (mm) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	*	**	**	ns
Genótipos	ns	**	**	**
Interação (SxG)	ns	*	*	**
CV (%)	9,25	9,06	6,08	7,69

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

A interação entre os fatores níveis de salinidade na água de irrigação e genótipos, não obteve resultados significativos no estágio V3 o diâmetro do caule do feijão caupi, entretanto, quando isolados houve significância ($p < 0,01$) para o fator salinidade (Tabela 5).

Comparando-se as médias (Tabela 6), verificamos que o incremento da CEA promoveu decréscimo de 0,48 mm (3,45%) no DC no Estádio V3.

Tabela 6. Médias para diâmetro do caule (DC) em mm, de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas no estágio V3.

Salinidade	Médias (cm)
0,8 ds/m	5,53 a
5,0 ds/m	5,05 b
DMS	0,46

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No efeito da interação dos genótipos dentro de cada nível de salinidade no diâmetro do caule do feijão caupi (Tabela 7) nos estádios V6, R1 e R3, o genótipo 1 diferiu estatisticamente em todos os estádios, obtendo médias de 8,48mm no nível de salinidade 1 e 7,07 mm no nível de salinidade 2. Porém, o genótipo 2 obteve as maiores médias, sendo 9,31mm no nível de salinidade 1 (estádio R1) e 8,53 mm no nível de salinidade 2 (estádio R3), diferindo estatisticamente apenas nos estádios V6 e R1.

Tabela 7. Médias para o diâmetro de caule (DC) em mm, de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G₁ (BRS Itaim)	G₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
	V6	
S1	6,81 a	8,42 a
S2	5,87 b	7,36 b
DMS	0,86	
	R1	
S1	8,48 a	9,31 a
S2	7,07 b	8,10 b
DMS	0,67	
	R3	
S1	8,02 a	9,05 a
S2	7,06 b	8,53 a
DMS	0,84	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu o diâmetro do caule (mm) do feijão caupi com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) com diferenças significativas de 13,8 % no estágio V6, 16,6% no estágio R1 e 11,9 % no estágio R3 (Figura 4A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução da altura com o aumento da salinidade da água de irrigação, com reduções de 12,6% no estágio V6 e 13% no estágio R1 (Figura 4B).

Lima et al. (2007) em estudo com salinidade na água de irrigação do feijão caupi para o diâmetro do caule, apesar de ter sido a característica menos afetada, registraram uma redução no diâmetro com o aumento da salinidade na água de irrigação, a partir da salinidade de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução 34,69%.

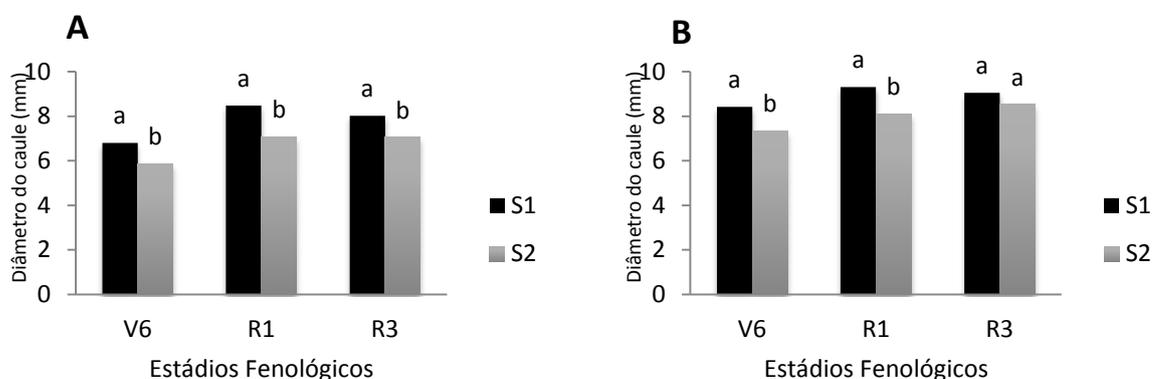


Figura 4 – Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para o diâmetro do caule do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.

3.3. Número de folhas (NF)

Na análise dos dados para a variável número de folhas do feijão caupi (NF) (Tabela 8), no fator salinização foi observado diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos estádios fenológicos V6, R1 e R3. Para o fator genótipo, houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) apenas no estágio fenológico R1. No estágio fenológico V3 não foi apresentada significância para nenhum dos fatores estudados.

Verificou-se diferença significativa na interação da salinidade dentro dos genótipos ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) nos estádios fenológicos V6, R1 e R3.

Tabela 8 – Resumo do teste de Tukey referente à variável número de folhas dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	ns	**	**	**
Genótipos	ns	ns	**	ns
Interação (SxG)	ns	*	*	**
CV (%)	13,70	10,09	13,16	23,30

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada genótipo, o genótipo 1 diferiu estatisticamente nos estádios V6 e R3 e o genótipo 2 diferiu

estatisticamente nos estádios fenológicos e V6 e R1 no genótipo. As maiores médias foram obtidas com o genótipo 2 no estágio R1 (8,20 e 6,80) para ambos os níveis de salinidade (0,8 dSm⁻¹ e 5,0 dSm⁻¹) respectivamente. No genótipo 1 as maiores médias foram de 6,80 no nível de salinidade 1 e 5,80 no nível de salinidade 2, ambas também no estágio R1, apesar de não haver diferença significativa (Tabela 9).

Tabela 9. Médias para o número de folhas de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V6		
S1	5,80 a	6,40 a
S2	5,00 b	5,40 b
DMS	0,76	
R1		
S1	6,80 a	8,20 a
S2	5,80 b	6,80 b
DMS	1,21	
R3		
S1	6,00 a	5,20 a
S2	3,00 b	4,80 a
DMS	1,48	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

A variável número de folhas do feijão caupi foi reduzida com o aumento do nível de salinidade utilizado na água de irrigação em ambos os genótipos estudados, com diferença significativa nos estádios fenológicos V6 e R3 para o genótipo 1 e V6 e R1 para o genótipo 2. No genótipo 1 (Figura 5A) as reduções no número de folhas foram de 13,8 % no estágio V6 e de 50% no estágio R3. No genótipo 2 (Figura 5B) os valores de redução do número de folhas foi de 15,6% no estágio V6 e 17% no Estádio R1, com o aumento do nível de salinidade na água de irrigação.

Em estudo realizado por Lima et al. (2007) o número de folhas foi reduzido à medida que se aumentou o nível salino da água da irrigação, onde foi verificada uma redução de 48,7% no maior nível salino (5,0 dS m⁻¹), em comparação com a testemunha (0,5 dS m⁻¹). Calvet et al. (2013), em estudo com plantas de feijão-de-corda, não encontraram resultados significativos para o número de folhas.

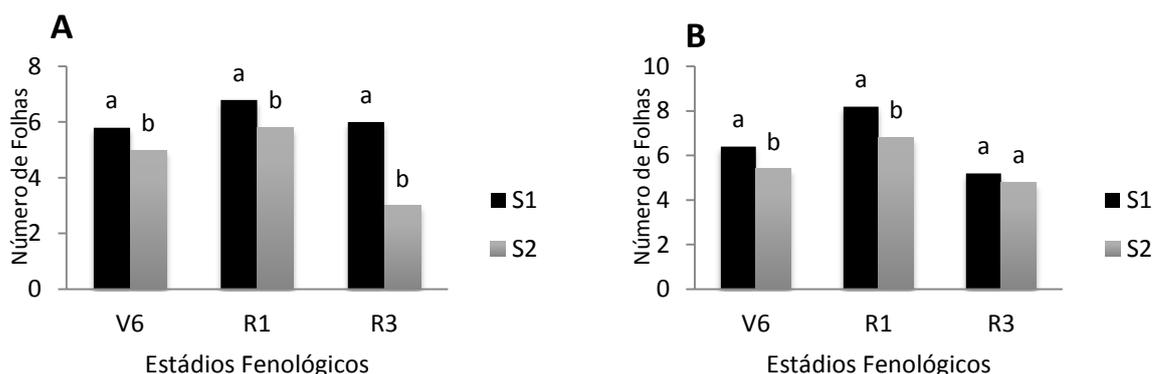


Figura 5 – Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para o número de folhas do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.

3.4. Área foliar total (AFT)

Na análise dos dados para a variável área foliar total do feijão caupi (AFT), (Tabela 10) verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade, em todos os estádios fenológicos estudados, sendo que para a fonte de variação genótipos foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) nos estádios fenológicos V6, R1 e R3.

Na interação dos genótipos dentro de cada nível de salinidade ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) houve efeitos em todos os estádios fenológicos estudados.

Tabela 10 – Resumo do teste de Tukey referente à variável área foliar total (cm^2) de plantas de genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	**	**	**
Genótipos	ns	**	**	**
Interação (SxG)	**	*	**	*
CV(%)	7.30	6.63	8.53	11.86

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade, no genótipo 1 as maiores médias obtidas foram de 668,77 no nível de salinidade 1 (estádio V6) e 486,75 no nível de salinidade 2 (estádio R1). Para o genótipo 2 dentro de cada nível de salinidade na água de irrigação as maiores médias obtidas foram de 1640,53

para o nível de salinidade 1e 1280,63 para o nível de salinidade 2 (estádio R1) (Tabela 11).

Tabela 11. Médias para a área foliar total (cm²) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
	V3	
S1	363.89 a	419.64 a
S2	361.40 a	293.40 b
DMS	35,2	
	V6	
S1	668.77 a	1078.50 a
S2	466.22 b	853.12 b
DMS	68,14	
	R1	
S1	491.23 a	1640.53 a
S2	486.75 a	1280.63 b
DMS	111,49	
	R3	
S1	549.52 a	1257.94 a
S2	305.36 b	950.68 b
DMS	121,83	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Para a variável área foliar do feijão caupi, houve redução com o aumento do nível de salinidade utilizado na água de irrigação em todos os estádios fenológicos para ambos os genótipos estudados. No genótipo 1 (Figura 6A) houve diferença significativa nos estádios V6 e R3, onde os valores de redução para número de folhas foi de 30,29 % no estágio V6 e 44,4% no estágio R3. No genótipo 2 (Figura 6B) houve diferença significativa em todos os estádios estudados, onde os valores de redução do número de folhas foram de 30,09 % no estágio V3, 20,9 % no estágio V6, 21,9 % no estágio R1 e 24,43 % de redução no estágio R3, com o aumento do nível de salinidade na água de irrigação.

Andrade et al. (2012), em estudos com feijão caupi, obteve resultados em que a área foliar máxima estimada foi de 0,16 no menor nível de salinidade (1,5 dS m⁻¹), havendo redução nos valores para o maior nível de salinidade da água de irrigação (6,0 dS m⁻¹). Já Calvet et al. (2013), não encontraram resultados significativos na área foliar, em estudo com plantas de feijão-de-corda em diferentes fases vegetativas.

O decréscimo da área foliar, possivelmente, está relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante (TESTER e DAVENPORT, 2003). A redução da área foliar sob tais condições é importante para manutenção de elevado potencial hídrico na planta, obtido através da diminuição na transpiração (DANTAS et al., 2003).

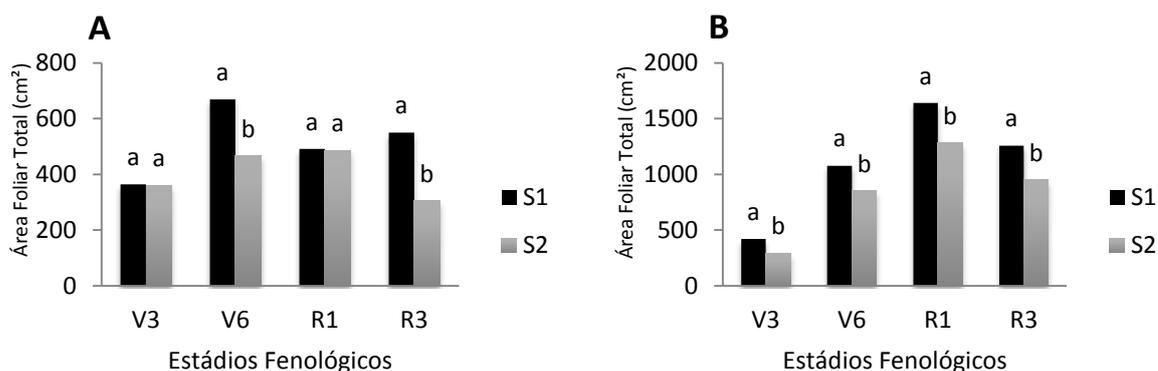


Figura 6 – Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a área foliar total (cm²) do feijão caupi em diferentes estádios fenológicos.

4. CONCLUSÕES

- O aumento da salinidade na água de irrigação reduz os valores da altura da planta, o diâmetro do caule, o número de folhas e a área foliar total do feijão caupi, com o aumento do nível de salinidade na água de irrigação.
- O estágio fenológico V3 é tolerante ao incremento de salinidade na água de irrigação.
- Os estádios fenológicos R1 e R3 são mais sensíveis ao incremento da salinidade na água de irrigação.
- Os genótipos 1 (BRS Itaim) e o genótipo 2 (BRS- Xiquexique) são sensíveis à salinidade na água de irrigação, com base nas variáveis estudadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. R.; NASCIMENTO, R.; MAIA JÚNIOR, S. O. M.; SILVA, F. V.; BARBOSA, J. W. S. Teores de pigmentos fotossintéticos em caupi inoculado com rizóbio e em condições salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.7, n. 3 p. 10-13, 2012.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 01, p. 3-16, 2004.

CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; LIMA, R. E. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, M. A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B.; ROCHA, M. M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): Uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; ARAGÃO, C. A. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, p.144-148, 2005.

DANTAS, J.P.; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A.; QUEIROZ, M.F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

EMBRAPA MEIO NORTE. BRS Itaim - **Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009. (Embrapa Meio Norte. Folder).

LIMA, C. J. 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 de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Mossoró, RN. v.2, n.2, p. 79–86, 2007.

MARTINEZ, V.; LAUCHLI, A. Salt-induced of phosphate-leptake in plants of cotton. **New phitol, Cambridge**, v. 126, n. 4, p. 609-614, 1994.

MORALES, M.A.; OLMOS, E.; TORRECILLAS, A.; ALARCON, J.J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium* sp. grown in conditions of saline stress. **Flora, Jena**, v.196, n.5, p.345-352, 2001.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 03, p.45-663, 2005.

NOVAIS, R.J.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. de.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, L. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa, p.189-254, 1991.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Trad.: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

SANTOS, P. R.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n. 5, p.666-678, 2009.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.35-41, 2010.

SILVA, F. E. O. *et al.* Desenvolvimento vegetativo do feijão caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga**, v.22, n3, p156- 159,2009.

SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.61-69, 2013.

SIVRITEPE, N; SIVRITEPE, H. O.; ERIS, A. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientae Horticulturae**, v.97, p.229-237, 2003.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. S.; UYEDA, C. A.; SILVA, F. V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. Irriga, edição especial, p.324 - 339, 2012.

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

VILARINHO, A. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, G. C. **BRS ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho**. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 2010, 4 p.

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DA FITOMASSA EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE GENÓTIPOS DO FEIJÃO CAUPI SOB NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

RESUMO - Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar a fitomassa de genótipos de feijão caupi, submetidos à irrigação com água salina, em diferentes estádios fenológicos em estufa agrícola no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. Foi utilizado um sistema inteiramente casualizado, em esquema fatorial com dois níveis de salinidade na água de irrigação ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $5,0 \text{ dSm}^{-1}$), dois genótipos de feijão caupi (BRS Itaim e BRS Xiquexique) em quatro diferentes estádios fenológicos (V3, V6, R1 e R3), com cinco repetições totalizando 80 amostras experimentais, cultivados em vasos de polietileno com capacidade para 20 L de solo. Aos 65 dias após o semeio (DAS), foram determinadas a fitomassa seca da raiz, fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca total. As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade. O incremento salino das águas de irrigação promoveu redução nos valores de fitomassa seca da raiz, fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca total, os genótipos BRS Itaim e BRS Xiquexique são mais sensíveis a salinidade nos estádios fenológicos.

Palavras Chaves: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Matéria Seca. Estresse salino

EVALUATION OF BIOMASS IN DIFFERENT STAGES PHENOLOGICAL GENOTYPES COWPEA UNDER LEVELS SALINITY IN IRRIGATION WATER

ABSTRACT: The objective of this study was to assess the biomass of cowpea subjected to irrigation with saline water, at different growth stages in a greenhouse in Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. A randomized system was used in a factorial with two levels of salinity in irrigation water ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $5,0 \text{ dSm}^{-1}$), two genotypes of cowpea (BRS Itaim e BRS Xiquexique) at four different phenological stages (V3, V6, R1 e R3), with five replicates totaling 80 experimental samples cultivated in polyethylene pots with a capacity of 20 liters of soil. At 65 days after sowing (DAS), were determined to root dry

weight, dry weight of shoot and total dry matter. The variables were analyzed statistically by F test at 5% probability. The increase in saline water irrigation promoted reduction in the amounts of dry matter of the root dry weight of shoot and total dry matter, the genotypes BRS Itaim e BRS Xiquexique are more sensitive to salinity in the growth stages.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Dry Matter. Salt stress.

1. INTRODUÇÃO

O feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como caupi, macassar e feijão-de-corda é uma leguminosa herbácea cultivada principalmente por agricultores familiares, quer como cultura de subsistência ou comercial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, gerando emprego e renda. Esta leguminosa é um dos principais componentes da dieta alimentar da população nordestina, cujos grãos são de alto valor nutricional, devido ao seu elevado teor protéico (LIMA et al. 2007).

No Nordeste, a produção e a produtividade no ano de 2011 foram de 818.436 t e 428 kg/ha, respectivamente. Os maiores produtores foram os Estados do Ceará (264.205 t), Bahia (223.075 t), Pernambuco (107.372 t) e Piauí (79.946 t), os quais também apresentam as maiores áreas plantadas (IBGE, 2012).

Acredita-se que o melhoramento genético do feijão caupi começou a ser feito desde sua introdução no País, em meados do século XVI. Os agricultores selecionavam os tipos mais produtivos, com aparência, sabor e outros caracteres que mais os agradavam. Depois de mais de cinco séculos de seleção chegou-se às cultivares atuais (BENVINDO, 2007).

A produtividade das culturas agrícolas é determinada pela interação entre os vários fatores relativos ao solo, à planta e à atmosfera. A relação de dependência entre esses fatores e a produção das culturas é denominada de função de produção, sendo específicas da condição ambiental (FREIRE FILHO et al., 2005).

O uso de águas de qualidade inferior na irrigação para produção vegetal é um desafio superado com sucesso em diversas partes do mundo, em virtude da adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação. A verificação da adequabilidade da água para fins de irrigação deve considerar, principalmente, fatores relacionados ao teor e tipo de sais, às características do solo, tolerância da

cultura, condições climáticas, manejo da irrigação e condições de drenagem (RHOADES et al., 2000).

Os efeitos da salinidade sobre as plantas são consequência de fatores osmóticos e iônicos, o estresse salino induz uma série de respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que dependem de processos moleculares (MUNNS, 2005; HUSSAIN et al., 2010).

Os estudos sobre a fenologia de plantas contribuem para o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, permitindo o estabelecimento de tecnologias de produção adequadas ao desenvolvimento de diversas culturas (MORELLATO, 1991).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de fitomassa seca do feijão caupi na interação entre níveis de salinidades da água de irrigação e os genótipos estudados dentro de cada estágio fenológico.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa

O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nas dependências da UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA). A UFCG está localizada na zona centro oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°13'11'', longitude oeste 35°53'31'' e altitude de 547,56 m.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 83%.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos pela combinação de to fator salinidade na água de irrigação, com dois diferentes níveis ($S1 = 0,8dS\ m^{-1}$; $S2 = 5dS\ m^{-1}$ a 25°C) e dois genótipos de feijão caupi (G1 – BRS-Itaim e G2 - BRS-Xiquexique) sendo avaliados em quatro estádios de desenvolvimento da planta V3 (10 DAE , quando a primeira folha trifoliolada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos); V6 (20 DAE, quando os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas); R1 (30 DAE, quando surgem os primórdios do primeiro botão floral no

ramo principal) e R3 (50 DAE, no início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor).

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições, perfazendo um total de 80 parcelas, espaçadas de 0,5 m entre plantas e 0,6 m entre linhas.

2.3. Genótipos estudados

No presente experimento foram utilizadas sementes de dois diferentes genótipos de feijão-caupi, cedidos pela Embrapa Meio Norte, Centro de referência em pesquisa com o melhoramento do feijão-caupi, e produção de novas cultivares, localizada na cidade de Teresina, Estado do Piauí, e desenvolvidos especialmente para cultivo nas condições climáticas preponderantes na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento entre as linhagens MNC01- 625E-10-1-2-5, como parental feminino, e MNC99-544D-10-1-2-2, como parental masculino, realizado na Embrapa Meio-Norte em 2004. As principais características da cultivar BRS Itaim são porte ereto; ciclo 60 a 65 dias; semente de cor branca; classe comercial branca, subclasse comercial fradinho; média de produtividade de 673 (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado e tem alta resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para cultivo em regime de sequeiro. Tanto no regime de sequeiro quanto no irrigado recomenda-se o uso de 200 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2009).

A cultivar BRS Xiquexique foi obtida da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá e, como parental masculino, TE87-98-8G, posteriormente lançada como BRS Paraguaçu (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Xiquexique tem como características porte semi-prostrado, ramos relativamente consistentes, os quais contribuem para a resistência ao acamamento, e inserção das vagens no nível da folhagem. Vagens secas amarelo-avermelhadas, grãos brancos, arredondados, tegumento liso, sem brilho e com anel do hilo marrom-claro, que se enquadram na subclasse comercial branco. Grãos bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores das Regiões

Norte e Nordeste (EMBRAPA, 2009). Apresenta 23,3% de proteína e teor de ferro e zinco de 77,4 mg kg⁻¹ e 53,66 mg kg⁻¹, respectivamente. O tempo médio de cocção é de 22 minutos (VILARINHO et. al, 2010).

2.4. Instalação e condução do experimento

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade para 15 litros, com o fundo preenchido por 1 kg de brita (nº zero), onde em seguida foi adicionado o material de solo de 15 kg destorroado, classificado como Franco Arenoso, coletado nas proximidades da cidade de Campina Grande, mas precisamente no município de Lagoa Seca- PB, sendo que no mesmo foram realizadas análises físico-hídrica e química (Tabelas 1 e 2). Os vasos possuíam um furo na base, para permitir a drenagem e abaixo do mesmo continha uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Global	Densidade		Granulometria	
	Partículas ----- (g cm ⁻³)-----	Areia	Silte ----- (%)-----	Argila
1,40	2,67	77,70	11,29	11,01
CC	Umidade		Porosidade	
	PMP	Água Disponível ----- (%)-----	Total	
13,22	3,77	9,45	47,57	

Tabela 2. Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Profundidade	pH	P	Na ⁺	K	Ca	Mgg	H ⁺	Al	CTC
	H2O(1:2,5)	Mg/ dm ³	-----Meq /100 g de solo-----						
0 - 40 cm	4,8	0,54	0,05	0,18	0,51	0,20	0,56	0,40	1,50

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para ambiente controlado em vasos, correspondendo a 11,25 g de P₂O₅ (SUPER TRIPLO), 2,11 g de N (URÉIA) e 3,87 g de K₂O (KCL) por vaso.

Foram semeadas seis sementes por vaso a 2 cm de profundidade distribuídas de forma equidistante (Figura 1A). Dois dias após o semeio (DAS) teve início a

emergência das plântulas (Figura 1B), onde aos cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por vaso.



Figura 1: Semeadura (A) e emergência das plântulas (B)

Os tratos culturais realizados durante o ciclo da cultura consistiram em escarificação superficial do solo e tutoramento das plantas.

2.5. Preparo das águas salinas e irrigação

Após a sementeira as plantas foram irrigadas com água salina, de acordo com o estado fenológico da cultura a ser estudado. As águas de irrigação foram obtidas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (Q) foi determinada pela equação $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, conforme Rhoades et al. (2000), em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

O volume da água para a irrigação foi calculado em função da demanda evapotranspiratória, acrescida de uma lâmina de cerca de 15 % (fração de lixiviação FL) (Equação 1). Este volume foi recalculado a cada duas irrigações pela diferença entre o volume de água aplicado e o volume de água drenado.

$$VI = \left(\frac{VA - VD}{1 - FL} \right)$$

onde:

VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação (mL)

VA – Volume de água aplicado nas irrigações anteriores

VD – Volume de água drenado

FL – Fração de lixiviação (0,15)

2.6. Variáveis Analisadas.

No final do experimento aos 65 dias após o semeio (DAS), foram determinadas a fitomassa seca da raiz, fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca total, no laboratório de irrigação e salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, onde foram selecionados caule, folhas e raiz, foram acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 60 °C, até atingir peso constante, em seguida foram pesadas em balança analítica de precisão 0,0001 g (Figura 2).



Figura 2: Análise do peso da fitomassa seca de genótipos de feijão caupi.

2.7. Análise dos Dados

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, onde utilizou-se o programa computacional ESAL- SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Fitomassa seca da raiz

Na análise dos dados para a fitomassa seca da raiz (Tabela 3), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos fatores salinidade e genótipos, nos estádios fenológicos V6 e R3. Os estádios fenológicos V3 e R1 não apresentaram diferenças significativas nas fontes de variação salinidade e genótipos.

Para o desdobramento da interação (salinidade x genótipos) foram observadas diferenças significativas em todos os estádios fenológicos estudados ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$).

Tabela 3 – Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca da raiz, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	ns	**	ns	**
Genótipos	ns	**	ns	**
Interação (SxG)	*	*	*	**
CV (%)	35.15	21.70	26.79	16.78

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade, o genótipo 1 diferiu estatisticamente nos estádios V3 e R3, cujas maiores médias foram de 2,81g no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) e 1,77g no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), ambos no estádio R3. Já para o genótipo 2 houve diferença significativa nos estádios V6 e R3, cujas maiores médias foram de 5,73g para o nível de salinidade 1 e 3,13 g para o nível de salinidade 2, ambas também no estádio R3 (Tabela 5).

Tabela 4. Médias para a fitomassa seca da raiz (g), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
V3		
S1	1.74 a	1.45 a
S2	1.08 b	1.23 a
DMS	0,64	
V6		
S1	1.97 a	3.43 a
S2	1.68 a	2.38 b
DMS	0,68	
R3		
S1	2.81 a	5.73 a
S2	1.77 b	3.13 b
DMS	0,75	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu a produção da fitomassa da raiz (g) da planta de feijão caupi com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim), onde as reduções observadas foram de 37,9% no estágio fenológico V3 e 37 % no estágio fenológico R3 (Figura 3A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve diferença significativa com uma redução da produção da fitomassa da raiz com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde as reduções foram de 30,6% no estágio fenológico V6 e 41,7% no estágio fenológico R3 (Figura 3B).

Em estudo realizado por Lima et al. (2007), na MSR houve uma diminuição, que começou a ser mais expressiva a partir do nível salino 2,95 dS m⁻¹, no entanto no maior nível (5,0 dS m⁻¹), houve com uma redução de 76,14%.

A elevada redução no crescimento da raiz diminui a extração de íons potencialmente tóxicos do solo e favorecem a aclimação da planta ao estresse salino, quando as plantas são submetidas a esse estresse, os efeitos iniciais não causam sintomas visíveis, como toxicidade, injúrias, desequilíbrio nutricional ou desidratação promovendo, no entanto, redução no crescimento (MOYA et al., 1999; FAGERIA et al., 2010).

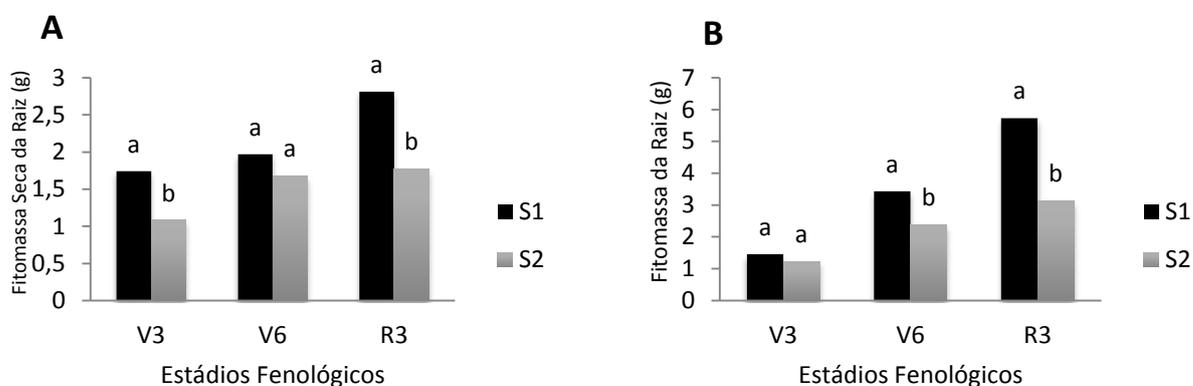


Figura 3 – Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca da raiz (g) do feijão caupi nos estádios fenológico V3, V6 e R3.

3.2. Fitomassa seca da parte aérea

Na análise dos dados para a fitomassa seca da parte aérea (Tabela 5), verificou-se diferença significativa em todos os estádios estudados para as fontes de variação salinidade na água de irrigação ($P \leq 0,01$) e genótipos ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$). No

desdobramento da interação (salinidade x genótipos) em todos os estádios estudados (V3, V6, R1 e R3) foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$).

Tabela 5 – Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca da parte aérea, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	**	**	**
Genótipos	*	**	**	**
Interação (SxG)	*	*	*	*
CV (%)	11.66	15.43	13.25	15.42

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento dos níveis de salinidade x genótipos para a variável fitomassa seca da parte aérea, o genótipo 2 obteve as maiores médias, sendo no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de 11,73g no estádio R1 e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$) 9,25g no estádio R3. Já para o genótipo 1 as maiores médias foram de 8,99g no nível de salinidade 1 e 6,17g no nível de salinidade 2, ambos no estádio R1 (Tabela 6).

Tabela 6. Médias para a fitomassa seca da parte aérea (g) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V3		
S1	2.92 a	2.61 a
S2	2.37 b	2.10 b
DMS	0,39	
V6		
S1	4.52 a	6.60 a
S2	4.03 a	5.20 b
DMS	1,05	
R1		
S1	8.99 a	11.73 a
S2	6.17 b	8.94 b
DMS	1,59	
R3		
S1	7.32 a	10.12 a
S2	4.97 b	9.25 a
DMS	1,63	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

A aplicação de água salina reduziu a produção da fitomassa seca da parte aérea (g) do feijão caupi, com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim), onde as diferenças de redução foram de 18,8 % no estágio V3; 31,4% no estágio R1 e 32,1 % no estágio R3 (Figura 4A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve diferença significativa com uma redução da altura com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde as reduções foram de 19,6 % no estágio V3; 21,2 % no estágio V6 e 23,8% no estágio R1 (Figura 4B).

Na avaliação do crescimento de três cultivares de feijão vigna submetidos a estresse salino de 2 e 10 dS m⁻¹, Patel et al. (2010) constataram que houve redução na biomassa seca da parte aérea da planta com o aumento nos níveis de salinidade, da ordem de 33, 39 e 43%, em diferentes cultivares assim como em estudo feito por Garcia et al. (2010) onde os valores de fitomassa seca da parte aérea diminuíram com o aumento dos níveis de salinidade no substrato onde as plantas foram cultivadas.

O aumento de pressão osmótica pode atingir valores em que as plantas não terão forças de sucção suficiente para superar diminuição do potencial osmótico da solução do solo e conseqüentemente, não conseguirão absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido, fenômeno conhecido como seca fisiológica, refletindo diretamente na expansão celular, diminuindo assim a AFT e conseqüentemente no acúmulo de matéria seca da parte aérea das plantas (Garcia et al., 2010).

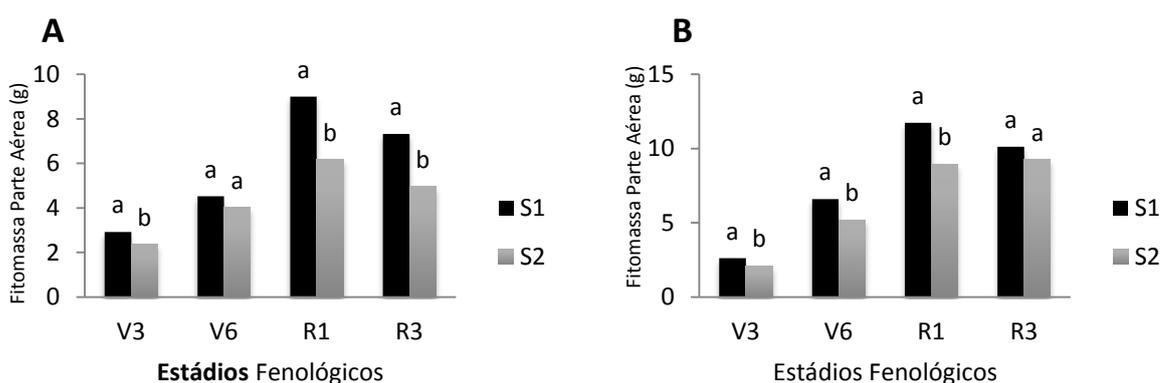


Figura 4 – Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e genótipo 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca da parte aérea do feijão caupi nos estádios fenológicos estudados.

3.3. Fitomassa seca total

Na análise dos dados para a fitomassa seca total (Tabela 7), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) em todos os estádios estudados, para a fonte de variação salinidade na água de irrigação. Para a fonte de variação genótipos, verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos estádios V6, R1 e R6.

No desdobramento da interação (salinidade x genótipo) houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) em todos os estádios estudados (V3, V6, R1 e R3).

Tabela 7 – Resumo do teste de Tukey referente à fitomassa seca total, dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	*	**	**	**
Genótipos	ns	**	**	**
Interação (SxG)	*	*	*	*
CV (%)	17.54	14.16	13.81	12.19

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade para a fitomassa seca da parte aérea (g), o genótipo 2 obteve as maiores médias, sendo no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de 15,86 g e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), 12,39 g ambos no estádio R3. Já para o genótipo 1 as maiores médias foram de 12,44 g no nível de salinidade 1 e 9,24 g no nível de salinidade 2, ambos no estádio R1 (Tabela 8).

Tabela 8. Médias para a fitomassa seca total (g) de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V3		
S1	4.67 a	3.84 a
S2	3.46 b	3.55 a
DMS	0,91	
V6		
S1	6.49 a	10.03 a
S2	5.72 a	7.58 b
DMS	1,41	
R1		
S1	12.44 a	15.53 a
S2	9.24 b	12.31 b
DMS	2,29	
R3		
S1	10.13 a	15.86 a
S2	6.55 b	12.39 b
DMS	1,83	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

A aplicação de água salina reduziu a produção da fitomassa seca total (g) do feijão caupi, com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim), onde as diferenças foram de 25,9 % no estágio V3; 27,73% no estágio R1 e 35,3 % no estágio R3 (Figura 5A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve diferença significativa com uma redução da altura com o aumento da salinidade da água de irrigação, onde as reduções foram de 24,4% no estágio V6; 20,7 % no estágio R1 e 21,92 % no estágio R3 (Figura 5B).

Os resultados corroboram com Silva et al. (2009), onde a matéria seca total também respondeu negativamente ao aumento da salinidade, com uma redução de 69,10% para o nível de salinidade de 5dSm⁻¹, Souza et al. (2007) estudaram o efeito da salinidade no caupi, cv. Pitiúba, e também encontraram resposta semelhante no acúmulo de matéria seca.

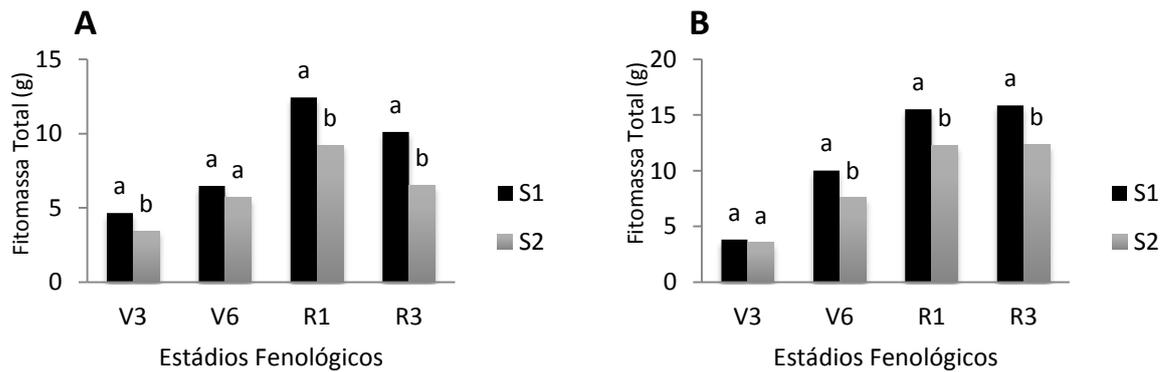


Figura 5 – Desdobramento do genótipo 1 BRS Itaim (A) e 2 BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a fitomassa seca total do feijão caupi nos estádios fenológicos estudados.

4. CONCLUSÕES

- A salinidade na água de irrigação reduz a produção de fitomassa dos genótipos de feijão caupi BRS Itaim e BRS Xiquexique.
- Com base na fitomassa seca da raiz os genótipos são tolerantes à salinidade nos estádios fenológicos V3 e R1.
- Os genótipos BRS Itaim e BRS Xiquexique são mais sensíveis a salinidade nos estádios fenológicos R1 e R3.
- A interação entre salinidade da água e os genótipos interfere, de forma significativa, na redução da produção de fitomassa dos genótipos de feijão caupi BRS Itaim e BRS Xiquexique.

5. REFERÊNCIAS

BENVINDO, R. N. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. Terezina, UFPI, 69p. 2007. (**Dissertação de Mestrado em Agronomia**).

EMBRAPA MEIO NORTE. BRS Itaim - **Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009. (Embrapa Meio Norte. Folder).

FAGERIA, N.K. et al. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H.R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap.13, p.205-218.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D. SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap. 1. p 29–92

GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro á salinidade. *Engenharia na Agricultura*, v.18, p. 330-338, 2010.

HUSSAIN, A.I. et al. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.41, n.4, p.1070-8, 2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v. 25, n. 06, p. 1-88, jun. 2012.

LIMA, C. J. 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 de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Mossoró, RN. v.2, n.2, p. 79–86, 2007.

MORELLATO, L. P. C. Estudo na Fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudoeste do Brasil. 1991. **Tese de Doutorado**. UNICAMP. São Paulo. SP

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. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, p. 645–663, 2005.

PATEL, P. R.; KAJALII, S. S.; PATELI, V. R.; PATEL, V. J.; KHRISTIII, S. M. Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, p.43-48, 2010.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Trad.: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

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

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

VILARINHO, A. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, G. C. **BRS ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho**. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 2010, 4 p.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB NÍVEIS DE SALINIDADE NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

RESUMO – O feijão caupi possui grande importância socioeconômica, nutricional e é bastante cultivado no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, devido a mão de obra empregada durante todo o ciclo da cultura. A salinidade afeta negativamente o crescimento e o metabolismo vegetal. O experimento foi conduzido em casa de vegetação nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande. Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, num esquema com dois níveis de salinidade na água de irrigação (0,8 dSm⁻¹ e 5,0 dS m⁻¹) e dois genótipos (BRS Xiquexique e BRS Itaim, cedidos pela Embrapa Meio Norte, Teresina – PI), em quatro diferentes estádios fenológicos (V3, V6, R1 e R3), com cinco repetições, totalizando 80 amostras experimentais, cultivados em vasos de polietileno com capacidade para 20 L de solo. De acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, foram avaliadas a concentração interna de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$]¹. As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. O estágio fenológico V6, foi onde as plantas se mostraram mais tolerante à salinidade na água de irrigação, assim como o genótipo 1.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Fisiologia. Salinização.

EVALUATION OF GAS EXCHANGE GENOTYPES OF COWPEA UNDER SALINITY LEVELS IN IRRIGATION WATER AT DIFFERENT STAGES PHENOLOGICAL

ABSTRACT - The cowpea has great socioeconomic, nutritional and grown in Brazil is quite important, especially the North and Northeast regions, due to labor employed

throughout the crop cycle. Salinity adversely affects plant growth and metabolism. The experiment was conducted in a greenhouse on the premises of the Federal University of Campina Grande. Treatments were arranged in a completely randomized design in a scheme with two levels of salinity in the irrigation water (0.8 dSm^{-1} and 5.0 dS m^{-1}) and two genotypes (BRS Xiquexique and BRS Itaim, assigned by Embrapa Meio Norte, Teresina - PI) at four different phenological stages (V3, V6, R1 and R3), with five replicates, totaling 80 experimental samples, grown in polyethylene pots with a capacity of 20 liters of soil. According to the developmental stage of the plant, the internal CO_2 concentration (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), stomatal conductance (g_s) ($\text{H}_2\text{O mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), sweating (E) (were evaluated $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), net photosynthesis (a) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), instantaneous water use efficiency (USA) and instantaneous carboxylation efficiency (E_iC) (a / C) [$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$] / ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). The variables were analyzed statistically by F test at 1 and 5% probability. The leaf stage V6, was where the plants were more tolerant to salinity in irrigation water, as well as genotype 1.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Physiology. Salinization.

1. INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos principais estresses ambientais que afetam negativamente o crescimento e o metabolismo vegetal, além de ser um dos fatores responsáveis pelo decréscimo da produtividade de culturas nas regiões áridas e semiáridas (SOUZA et al., 2011). O aumento da área irrigada e a diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade têm incrementado a utilização de águas marginais, com diferentes níveis de salinidades (OLIVEIRA et al., 2011).

O feijoeiro vigna [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], também conhecido por feijão macassar, feijão caupi, ou feijão de corda, é uma leguminosa extremamente importante ao consumo humano, pois é rica em proteínas e aminoácidos e, também, pode ser utilizada para diversificação de renda nas propriedades rurais (SILVA et al., 2013).

O feijão caupi é uma planta herbácea, autógama, anual, de origem na parte oeste e central da África, sendo uma das leguminosas de melhor adaptação, versátil e nutritiva entre as espécies cultivadas, considerado um importante alimento e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas da África, Ásia, Estados Unidos, Oriente Médio, Américas Central e do Sul (SOBRAL, 2009).

Pesquisas mostram que o feijão caupi é adaptado às condições da região nordeste do que o feijão comum, sendo, portanto uma opção de cultura alternativa para o semiárido (LIMA, 2008).

A cultura do feijão tem seu comportamento fisiológico afetado em decorrência de alguns fatores, dentre estes, destacam-se os ambientais como água (GOMES et al., 2000; PAVANI et al., 2009), solo, e outros.

Dentre as principais conseqüências observadas a partir do acúmulo de íons Na⁺ e Cl⁻ nas folhas pode-se citar necrose nos tecidos foliares e a aceleração da senescência de folhas maduras, reduzindo assim a área destinada à fotossíntese (MUNNS, 2002). Dessa forma, haverá limitação da atividade fotossintética não só a partir do fechamento estomático ocasionado pelo estresse osmótico, mas também pelo efeito dos sais sobre as folhas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a fisiologia de genótipos do feijão caupi na interação entre níveis de salinidades da água de irrigação e os genótipos estudados dentro de cada estágio fenológico.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do local de desenvolvimento da pesquisa

O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nas dependências da UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA). A UFCG está localizada na zona centro oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°13'11'', longitude oeste 35°53'31'' e altitude de 547,56 m.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 83%.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos pela combinação de to fator salinidade na água de irrigação, com dois diferentes níveis (S1 = 0,8dS m⁻¹; S2 = 5dS m⁻¹ a 25°C) e dois genótipos de feijão caupi (G1 – BRS-Itaim e G2 - BRS-Xiquexique) sendo avaliados em quatro estádios de desenvolvimento da planta V3 (10 DAE , quando a primeira folha trifoliolada encontra- se com os folíolos separados e completamente abertos); V6 (20

DAE, quando os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas); R1 (30 DAE, quando surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal) e R3 (50 DAE, no início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor).

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições, perfazendo um total de 80 parcelas, espaçadas de 0,5 m entre plantas e 0,6 m entre linhas.

2.3. Genótipos estudados

No presente experimento foram utilizadas sementes de dois diferentes genótipos de feijão-caupi, cedidos pela Embrapa Meio Norte, Centro de referência em pesquisa com o melhoramento do feijão-caupi, e produção de novas cultivares, localizada na cidade de Teresina, Estado do Piauí, e desenvolvidos especialmente para cultivo nas condições climáticas preponderantes na região semiárida do Nordeste brasileiro.

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento entre as linhagens MNC01- 625E-10-1-2-5, como parental feminino, e MNC99-544D-10-1-2-2, como parental masculino, realizado na Embrapa Meio-Norte em 2004. As principais características da cultivar BRS Itaim são porte ereto; ciclo 60 a 65 dias; semente de cor branca; classe comercial branca, subclasse comercial fradinho; média de produtividade de 673 (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Itaim tem hábito de crescimento determinado e tem alta resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para cultivo em regime de sequeiro. Tanto no regime de sequeiro quanto no irrigado recomenda-se o uso de 200 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2009).

A cultivar BRS Xiquexique foi obtida da linhagem TE96-290-12G, a qual foi selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G, posteriormente lançada como cultivar Amapá e, como parental masculino, TE87-98-8G, posteriormente lançada como BRS Paraguaçu (VILARINHO et. al, 2010).

A cultivar BRS Xiquexique tem como características porte semi-prostrado, ramos relativamente consistentes, os quais contribuem para a resistência ao acamamento, e inserção das vagens no nível da folhagem. Vagens secas amarelo-avermelhadas, grãos brancos, arredondados, tegumento liso, sem brilho e comanel do

hilo marrom-claro, que se enquadram na subclasse comercial branco. Grãos bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores das Regiões Norte e Nordeste (EMBRAPA, 2009). Apresenta 23,3% de proteína e teor de ferro e zinco de 77,4 mg kg⁻¹ e 53,66 mg kg⁻¹, respectivamente. O tempo médio de cocção é de 22 minutos (VILARINHO et. al, 2010).

2.4. Instalação e condução do experimento

Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade para 15 litros, com o fundo preenchido por 1 kg de brita (nº zero), onde em seguida foi adicionado o material de solo de 15 kg destorroado, classificado como Franco Arenoso, coletado nas proximidades da cidade de Campina Grande, mas precisamente no município de Lagoa Seca- PB, sendo que no mesmo foram realizadas análises físico-hídrica e química (Tabelas 1 e 2). Os vasos possuíam um furo na base, para permitir a drenagem e abaixo do mesmo continha uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta.

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Global	Densidade		Granulometria	
	Partículas ----- (g cm ⁻³)-----	Areia	Silte ----- (%)-----	Argila
1,40	2,67	77,70	11,29	11,01
Umidade		Porosidade		
CC	PMP	Água Disponível	Total	
----- (%)-----		-----		
13,22	3,77	9,45	47,57	

Tabela 2. Análise química do solo utilizado. Campina Grande, 2012.

Profundidade	pH	P	Na ⁺	K	Ca	Mgg	H ⁺	Al	CTC
	H2O(1:2,5)	Mg/ dm ³	-----Meq /100 g de solo-----						
0 - 40 cm	4,8	0,54	0,05	0,18	0,51	0,20	0,56	0,40	1,50

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para ambiente controlado em vasos, correspondendo a 11,25 g de P₂O₅ (SUPER TRIPLO), 2,11 g de N (URÉIA) e 3,87 g de K₂O (KCL) por vaso.

Foram semeadas seis sementes por vaso a 2 cm de profundidade distribuídas de forma equidistante (Figura 1A). Dois dias após o semeio (DAS) teve início a emergência das plântulas (Figura 1B), onde aos cinco dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por vaso.



Figura 1: Semeadura (A) e emergência das plântulas (B)

Os tratos culturais realizados durante o ciclo da cultura consistiram em escarificação superficial do solo e tutoramento das plantas.

2.5. Preparo das águas salinas e irrigação

Após a semeadura as plantas foram irrigadas com água salina, de acordo com o estado fenológico da cultura a ser estudado. As águas de irrigação foram obtidas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local cuja quantidade (Q) foi determinada pela equação $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, conforme Rhoades et al. (2000), em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

O volume da água para a irrigação foi calculado em função da demanda evapotranspiratória, acrescida de uma lâmina de cerca de 15 % (fração de lixiviação FL) (Equação 1). Este volume foi recalculado a cada duas irrigações pela diferença entre o volume de água aplicado e o volume de água drenado.

$$VI = \left(\frac{VA - VD}{1 - FL} \right)$$

onde:

VI – Volume de água a ser aplicada na irrigação (mL)

VA – Volume de água aplicado nas irrigações anteriores

VD – Volume de água drenado

FL – Fração de lixiviação (0,15)

2.6. Variáveis Analisadas.

As avaliações fisiológicas foram realizadas conforme os estádios fenológicos na qual as plantas se encontravam, no período da manhã no horário de 07:00 as 09:00 horas.

Foram realizadas medidas de concentração interna de CO₂ (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), eficiência instantânea do uso da água (EUA), determinada pela relação entre a fotossíntese líquida com a transpiração (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})/(\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1})$], e a eficiência instantânea de carboxilação (E_iC) (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$], calculada pela relação fotossíntese líquida com a concentração interna de carbono.

Para a obtenção desses dados, escolheu uma planta de cada parcela e um dos folíolos da terceira folha, contado a partir do ápice da planta (Figura 8), mediu-se as variáveis utilizando um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro, Hoddesdon, UK), com fluxo de ar de 300 mL.min⁻¹.



Figura 2: Avaliação da concentração interna de CO₂ (C_i), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e fotossíntese líquida (A) utilizando o analisador de gás infravermelho IRGA.

2.7. Análise dos dados

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F, desdobrando-se as análises, sempre que a interação foi significativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Concentração Interna de CO₂ (Ci)

Na análise dos dados para a variável concentração interna de CO₂ (Ci) (Tabela 3), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade apenas nos estádios V6 e R3. Para a fonte de variação genótipos também houve diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) nos estádios V6 e R3, respectivamente. No estádio fenológico V3 não foi observado diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se a influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos estádios V6, R1 e R3.

Tabela 3 – Resumo do teste de Tukey referente à concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	ns	**	ns	**
Genótipos	ns	**	ns	*
Interação (SxG)	ns	**	**	**
CV (%)	12.12	15.56	15.47	12.08

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

Na concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), houve diferença significativa na interação genótipos x salinidade (Tabela 3). No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 1 diferiu estatisticamente nos estádios V6, R1 e R3, obtendo as maiores médias, sendo no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de $259,00 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), $143,8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ambos no estádio V3.

Já para o genótipo 2 houve interação dentro de cada nível de salinidade, apenas no estádio R1, com médias de $127,8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no o nível de salinidade de $0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $201,2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no nível de salinidade de $5,0 \text{ dSm}^{-1}$ (Tabela 5). Soares et al. (2013) em estudo com feijão caupi obteve resultados semelhantes, onde a concentração interna de CO₂ aumentou com os níveis salinos da água de irrigação, sendo o máximo valor

encontrado nas plantas quando estas foram irrigadas com água CEa de 4,5 dS m⁻¹ (195,96 mmol m⁻² s⁻¹) e o mínimo (166,16 mmol m⁻² s⁻¹) nas que receberam CEa de 1,3 dS m⁻¹.

Tabela 4. Médias para a concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol m⁻²s⁻¹), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
	V6	
S1	143.80 b	116.60 a
S2	259.00 a	136.40 a
DMS	34,2	
	R1	
S1	127.40 b	127.80 b
S2	227.60 a	201.20 a
DMS	35,46	
	R3	
S1	127.80 b	144.20 a
S2	214.60 a	156.20 a
DMS	26,03	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu a concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol m⁻²s⁻¹) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 44,48 % no estádio V6, 44,03 % no estádio R1 e 40,45 % no estádio R3 (Figura 3A).

Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve aumento da concentração interna de CO₂ (Ci) com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 36,5% no estádio R1 (Figura 3B). O aumento na Ci pode ser atribuído a diminuição na condutância estomática com a salinidade da água, uma resposta comum das plantas ao estresse salino, pode estar relacionado à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO₂. (SOARES et al., 2013; MACHADO et al., 1999).

Para Silva et al. (2012), o aumento da concentração de CO₂ em curto prazo pode trazer efeitos benéficos à produtividade vegetal, por causa do aumento da taxa fotossintética e a queda na transpiração, ao contrário do acúmulo de CO₂ a longo prazo que pode tornar-se tóxico para as plantas, alterando o metabolismo fotossintético das plantas C3, como é o caso do feijão.

Furtado et al. (2013) encontraram resultados diferentes, onde a concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) não foi influenciada pela salinidade da água de irrigação.

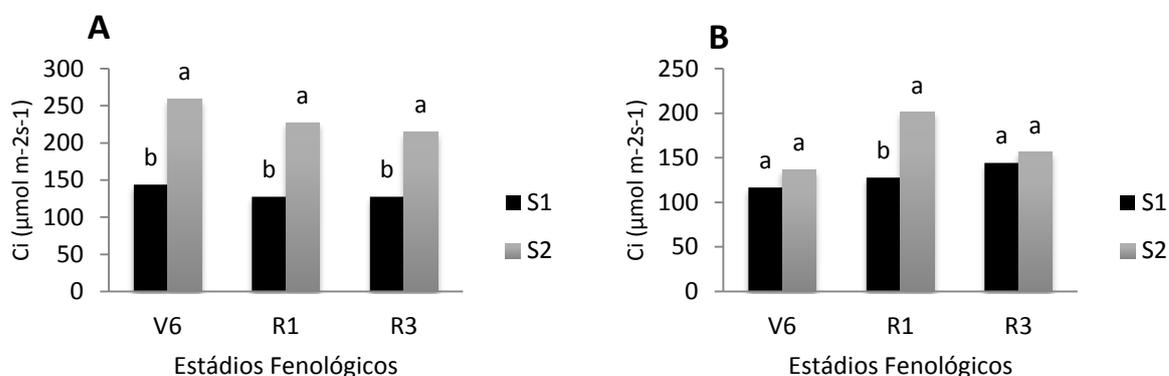


Figura 3 – Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B) dentro de cada nível de salinidade para a concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.

3.2. Condutância Estomática (gs)

Na análise dos dados para a variável condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Tabela 5), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade nos estádios V3, R1 e R3. Para a fonte de variação genótipos houve diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos estádio V6, R1 e R3.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se a influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) em todos os estádios estudados.

Tabela 5 – Resumo do teste de Tukey referente à condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	ns	**	**
Genótipos	ns	**	**	**
Interação (SxG)	*	**	*	*
CV (%)	18.79	20.75	24.33	29.06

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No efeito da interação ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) dos genótipos dentro de cada nível de salinidade na condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Tabela 6) em todos os estádios estudados, o genótipo 1 diferiu estatisticamente, obtendo as maiores médias, sendo 0,12 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no nível de salinidade 1 e 0,08 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no nível de salinidade 2. Porém, o genótipo 2 diferiu estatisticamente apenas no estádio V3, obtendo médias de 0,11 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no nível de salinidade e 0,05 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no nível de salinidade 2.

Tabela 6. Médias para a condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
	V3	
S1	0.12 a	0.11 a
S2	0.07 b	0.05 b
DMS	0,02	
	V6	
S1	0.11 a	0.03 a
S2	0.08 b	0.01 a
DMS	0,01	
	R1	
S1	0.08 a	0.05 a
S2	0.04 b	0.04 a
DMS	0,01	
	R3	
S1	0.06 a	0.02 a
S2	0.03 b	0.01 a
DMS	0,01	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu o valor da condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 41,67 % no estádio V3, 27,28 % no estádio V6, 50% no estádio R1 e 50 % no estádio R3 (Figura 4A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução da condutância estomática com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 54,5% no estádio V3 (Figura 4B).

Silva et al. (2013) encontraram resultados semelhantes estudando a salinidade na água de irrigação em plantas de feijão caupi, onde o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu de forma linear a condutância estomática. Soares et al. (2013)

também verificaram redução com o aumento da salinidade, as plantas quando irrigadas com água de 4,5 dS m⁻¹ tiveram uma diminuição na CE de 24,65% em relação às plantas que receberam água de 0,9 dS m⁻¹. A redução na condutância estomática pode ser decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (NEVES et al., 2009).

Assis Junior et al.,(2007), observaram que a condutância estomática foi a variável que apresentou maior redução quando as plantas de feijão de corda estavam submetidas a diferentes salinidades e frações de lixiviação. Trabalhando em condições de campo com feijão-de-corda, Neves et al. (2009) concluíram que o estresse salino afetou a condutância estomática nos diferentes estádios de desenvolvimento.

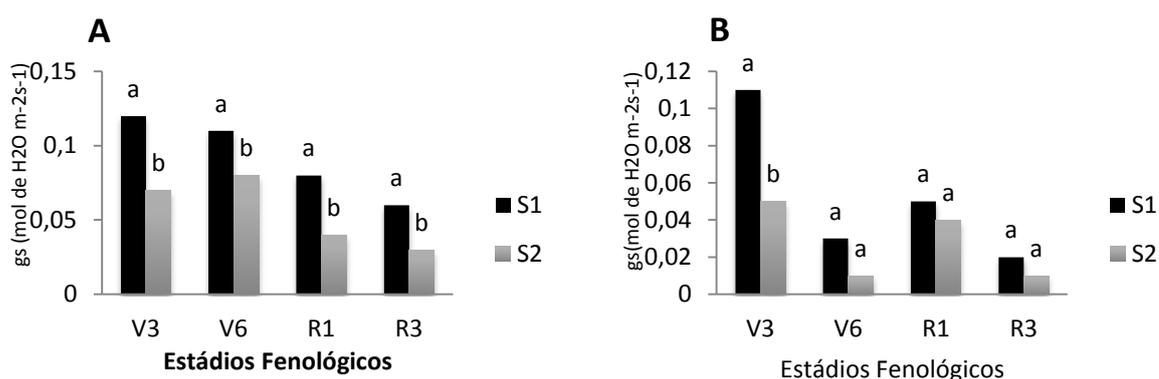


Figura 4 – Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) dentro de cada nível de salinidade para a condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻²s⁻¹) em diferentes estádios fenológicos.

3.3. Transpiração (E)

Na análise dos dados para a variável transpiração (E) (mmol H₂O m⁻²s⁻¹), (Tabela 7), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade apenas nos estádios em todos os estádios estudados. Para a fonte de variação genótipos também houve diferença significativa ($P \leq 0,01$) nos estádio V6, R1 e R3.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) em todos os estádios estudados.

Tabela 7 – Resumo do teste de Tukey referente à transpiração (E) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	**	**	**
Genótipos	ns	**	**	**
Interação (SxG)	**	**	**	*
CV (%)	9.74	22.71	12.06	15.43

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

Na transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), houve diferença significativa na interação genótipos x salinidade (Tabela 3). No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 1 diferiu estatisticamente nos estádios V3, R1 e R3, obtendo as maiores médias no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de $3,37 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), $2,67 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ambos no estágio V3. Já para o genótipo 2 houve interação dentro de cada nível de salinidade, em todos os estádios fenológicos estudados, com as maiores médias de $3,71 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no o nível de salinidade de $0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $2,01 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no nível de salinidade de $5,0 \text{ dSm}^{-1}$ (Tabela 8). A aplicação contínua de água com $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduz a transpiração, independentemente do estado fenológico das plantas de feijão caupi, o estresse salino reduz a quantidade de água transpirada, podendo contribuir para redução na absorção e carregamento de íons Na^+ e Cl^- para o interior das plantas (ASSIS JUNIOR et al. 2007; LARCHER 2006).

Tabela 8. Médias para a transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V3		
S1	3.37 a	3.71 a
S2	2.67 b	2.01 b
DMS	0,38	
V6		
S1	1.95 a	1.31 a
S2	1.78 a	0.38 b
DMS	0,41	
R1		
S1	2.19 a	1.01 a
S2	1.54 b	0.76 b
DMS	0,22	
R3		
S1	0.78 a	0.39 a
S2	0.54 b	0.18 b
DMS	0,09	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu o valor da transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 20,8 % no estágio V3, 29,6% no estágio R1 e 30,80 % no estágio R3 (Figura 5A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução na transpiração com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 45,8% no estágio V3, 71% no estágio V6, 24,7% no estágio R1 e 53,8 % no estágio R3 (Figura 5B).

Neves et al. (2009) avaliando as trocas gasosas na cultura do feijão-de-corda sob diferentes concentrações de sais na água de irrigação, concluíram que o estresse salino afetou negativamente os valores de transpiração das plantas. A diminuição na transpiração deve ter sido provocada, em maior parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (LACERDA et al., 2006; SILVA et al., 2011).

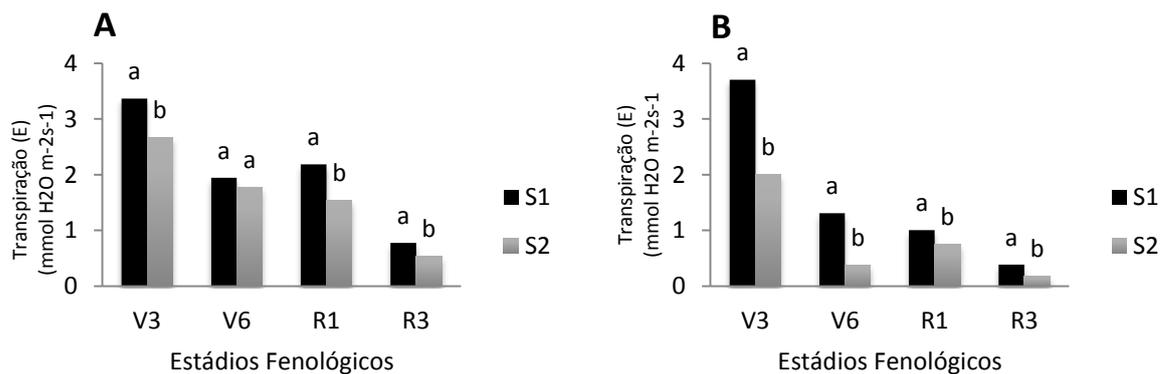


Figura 5 – Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em diferentes estádios fenológicos.

3.4. Fotossíntese Líquida (A)

Na análise dos dados para a fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), (Tabela 9), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) para a fonte de variação salinidade nos estádios fenológicos V3, R1 e R3. Para a fonte de variação genótipos houve diferença significativa ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$) respectivamente nos estádio V6 e R3.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) nos estádios fenológicos V3, R1 e R3.

Tabela 9 – Resumo do teste de Tukey referente à fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	ns	**	*
Genótipos	ns	*	ns	**
Interação (SxG)	**	ns	*	**
CV (%)	11.89	30.74	32.65	22.10

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 1 diferiu estatisticamente apenas no estádio V3, obtendo as médias no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de $11,64 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e no nível de salinidade 2 ($5,0$

dSm⁻¹), 8,38 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹. Já para o genótipo 2 houve interação dentro de cada nível de salinidade, nos estádios fenológicos V3 e R1, com as maiores médias de 12,9 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹ no o nível de salinidade de 0,8 dSm⁻¹ e 5,15 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹ no nível de salinidade de 5,0 dSm⁻¹ (Tabela 10).

Tabela 10. Médias para a fotossíntese líquida (A) (μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹), em genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V3		
S1	11.64 a	12.90 a
S2	8.38 b	5.15 b
DMS	1,51	
R1		
S1	8.05 a	8.36 a
S2	6.51 a	4.60 b
DMS	3,01	
R3		
S1	6.53 a	4.22 a
S2	5.77 a	1.63 b
DMS	1,34	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu o valor da fotossíntese líquida (A) (μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 28 % no estádio V3 (Figura 6A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução na fotossíntese líquida (A) com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 60,1% no estádio V3 e 45% no estádio R1 (Figura 6B).

Outros estudos realizados com feijão caupi demonstraram que o uso contínuo de água com salinidade acima do limiar da cultura, suprime a taxa fotossintética líquida decorrente do fechamento parcial dos estômatos (ASSIS JUNIOR et al., 2007; NEVES 2008).

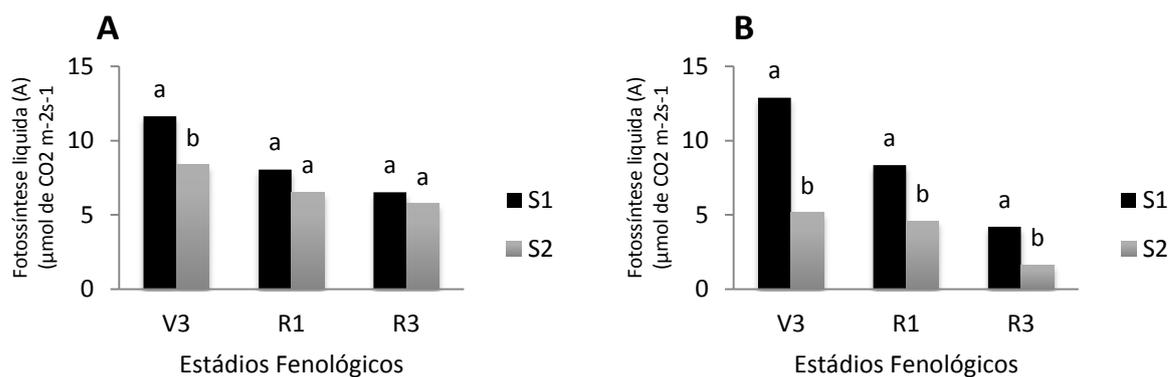


Figura 6 – Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B) dentro de cada nível de salinidade para a fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.

4.2. Eficiência Instantânea do uso da água (EUA)

Na análise dos dados para a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (Tabela 11), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade nos estádios fenológicos V3, V6 e R1. Para a fonte de variação genótipos houve diferença significativa ($P \leq 0,01$) apenas nos estádios V6 e R1.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$ e $P \leq 0,05$) em todos os estádios fenológicos estudados.

Tabela 11 – Resumo do teste de Tukey referente à eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	**	**	ns
Genótipos	ns	**	**	ns
Interação (SxG)	*	*	**	**
CV (%)	15.82	36.70	22.77	15.66

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 1 diferiu estatisticamente apenas no estágio R3, obtendo as médias no nível de salinidade 1 ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) de $12,04 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), $7,38 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Já para o genótipo 2 houve interação dentro de cada nível de

salinidade, em todos os estádios fenológicos estudados, com as maiores médias de 10,84 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estádio fenológico R1 no nível de salinidade de 0,8 dSm^{-1} e 7,73 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estádio fenológico R3, no nível de salinidade de 5,0 dSm^{-1} (Tabela 12).

Tabela 12. Médias para a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
	Estádios	
	V3	
S1	3.50 a	3.48 a
S2	3.14 a	2.56 b
DMS	0,67	
	V6	
S1	3.24 a	9.14 a
S2	2.73 a	3.26 b
DMS	3,36	
	R1	
S1	4.20 a	10.84 a
S2	3.73 a	4.67 b
DMS	2,54	
	R3	
S1	12.04 a	10.77 a
S2	7.38 b	7.73 b
DMS	2,44	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 38,7 % no estádio R3 (Figura 7A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução na eficiência instantânea do uso da água (EUA) com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 26,4% no estádio V3, 64,3 % no estádio V6, 56,9 % no estádio R1 e 28,2% no estádio R3 (Figura 7B).

Soares et al. (2013) encontraram resultados semelhantes em estudo com feijão caupi, onde as plantas quando irrigadas com água de CEa de 0,9 dSm^{-1} , proporcionaram a maior EUA ($6,91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ e a menor ($5,55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ com as plantas irrigadas com água de 4,5 dSm^{-1} .

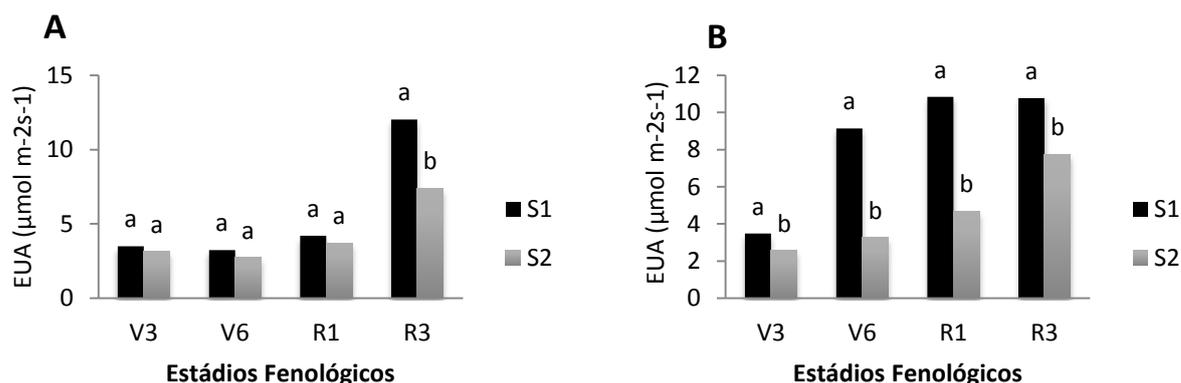


Figura 7 – Desdobramento do genótipo 1 (BRS ITAIM) (A) e genótipo 2 (BRS Xiquexique) (B), dentro de cada nível de salinidade, para a eficiência instantânea do uso da água (EUA) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em diferentes estádios fenológicos.

4.2. Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC)

Na análise dos dados para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), (Tabela 13), verificou-se diferença significativa ($P \leq 0,01$) para a fonte de variação salinidade apenas nos estádios fenológicos V3 e R3. Para a fonte de variação genótipos não houve diferença significativa em nenhum dos estádios estudados.

No desdobramento da interação dos fatores salinidade x genótipos, observa-se influência, com diferença significativa ($P \leq 0,01$) em todos os estádios fenológicos estudados.

Tabela 13 – Resumo do teste de Tukey referente à eficiência instantânea da carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dos genótipos de feijão caupi submetidos à irrigação com água salina em diferentes estádios fenológicos.

Fonte de variação	Teste de Tukey			
	V3	V6	R1	R3
Salinidade	**	ns	ns	**
Genótipos	ns	ns	ns	ns
Interação (SxG)	**	**	**	**
CV (%)	19.15	37.02	38.43	24.57

CV - coeficiente de variação; significativo a 0,05 (*) e a 0,01 (**) de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo.

No desdobramento da salinidade dentro da fonte de variação genótipos, o genótipo 1 diferiu estatisticamente nos estádio fenológicos V3, V6 e R3, obtendo as maiores médias no nível de salinidade 1 (0,8 dSm⁻¹) de 0,09 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estádio R3 e

no nível de salinidade 2 ($5,0 \text{ dSm}^{-1}$), $0,05 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estágio V3. Já para o genótipo 2 houve interação dentro de cada nível de salinidade, nos estádios fenológicos V3 e R1, com as maiores médias de $0,09 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estágio fenológico V3 no nível de salinidade de $0,8 \text{ dSm}^{-1}$ e $0,06 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no estágio fenológico R3, no nível de salinidade de $5,0 \text{ dSm}^{-1}$ (Tabela 14).

Tabela 14. Médias para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de genótipos de feijão caupi irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

Salinidade	Genótipos	
	G ₁ (BRS Itaim)	G ₂ (BRS Xiquexique)
Estádios		
V3		
S1	0.07 a	0.09 a
S2	0.05 b	0.03 b
DMS	0,01	
V6		
S1	0.04 a	0.03 a
S2	0.02 b	0.02 a
DMS	0,01	
R1		
S1	0.05 a	0.06 a
S2	0.03 a	0.02 b
DMS	0,02	
R3		
S1	0.09 a	0.07 a
S2	0.03 b	0.06 a
DMS	0,02	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Genótipo dentro de cada salinidade) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A aplicação de água salina reduziu a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação no genótipo 1 (BRS Itaim) cujas reduções foram de 28,6 % no estágio V3, 50 % no estágio V6 e 66,7 % no estágio R3 (Figura 8A). Já no genótipo 2 (BRS Xiquexique) houve uma redução na eficiência instantânea de carboxilação (EiC) com o aumento da salinidade da água de irrigação, cujos valores foram 66,7% no estágio V3 e 66,7 % no estágio R1 (Figura 8B).

Em estudo realizado por Soares et al. (2013), a eficiência instantânea da carboxilação das plantas de feijão-caupi apresentou resposta quadrática ao incremento da salinidade da água de irrigação em que o máximo valor foi obtido ao irrigar as

plantas com água de CEa de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, sendo o valor mínimo estimado quando as plantas que receberam níveis de CEa de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$.

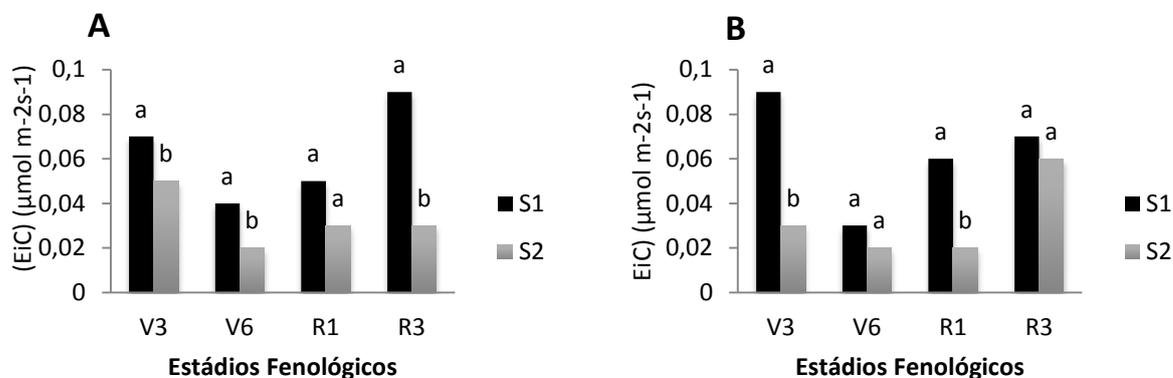


Figura 8 – Desdobramento do genótipo BRS Itaim (A) e BRS Xiquexique (B) dentro de cada nível de salinidade para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em diferentes estádios fenológicos.

4. CONCLUSÕES

- No estádios V3, as plantas de feijão caupi se mostraram mais tolerantes à salinidade para a variável Concentração Interna de CO_2 (C_i)
- O genótipo 1 foi o mais afetado pela salinidade para a variável Concentração Interna de CO_2 (C_i).
- Para a variável Condutância Estomática (g_s) o genótipo 2 mostrou-se mais tolerante à salinidade no desdobramento.
- Na transpiração (E), Ambos os genótipos se mostraram sensíveis à salinidade, em todos os estádios fenológicos, no desdobramento.
- No estágio V6, as plantas se mostraram mais tolerantes à salinidade.
- Na fotossíntese líquida (A) o estágio V6 mostrou-se mais tolerante e o Estádio V3 mais sensível à salinidade.
- O genótipo 1 mostrou-se mais tolerante à salinidade na variável fotossíntese líquida (A).
- Na eficiência instantânea do uso da água (EUA) o genótipo 1 mostrou-se mais tolerante à salinidade.
- No estágio fenológico V6, as plantas se mostraram mais tolerante à salinidade, na variável instantânea do uso da água (EUA).
- Na eficiência instantânea de carboxilação (EiC), o genótipo 2 mostrou-se mais sensível à salinidade na água de irrogação.
- O estágio fenológico V3, foi o mais sensível à salinidade para a variável eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

5. REFERÊNCIAS

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYIH. 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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.

EMBRAPA MEIO NORTE. BRS Itaim - **Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009. (Embrapa Meio Norte. Folder).

FURTADO, G. F.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, J. R. M.; ANDRADE, E. M. G.; GUERRA, H. O. C. Alterações fisiológicas em feijão-caupi irrigado com água salina e adubação nitrogenada. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 175-181, 2013.

GOMES, A. A.; ARAUJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1927- 1937, out. 2000.

LACERDA, C. F. DE.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p.258-263, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p

LIMA, A. A. F. Respostas fisiológicas de cultivares de feijão [*phaseolus vulgares* (L) e *vigna unguiculata* (L.) walp] submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para agricultura familiar do semiárido sergipano. IN: **Dissertação**, Universidade Federal de Sergipe (Área de Concentração: desenvolvimento e meio ambiente). São Cristóvão-SE, 2008. 112 p.

MACHADO, E. C., MEDINA, C. L., GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira “Valença”. **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999

MUNNS, R.. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 28, p.239-250, 2002.

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-cordas irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, p.758-765, 2009.

NOVAIS, R.J.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. de.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, L. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa, p.189-254, 1991.

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, v.6, n.1, p.37-45, 2011.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; PEREIRA, G. T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 453-459, 2009.

RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Trad.: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista ciência agrônômica**, v. 44. n.1. p.86-93, 2012.

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

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FRANCISCO JARDELSON FEERIRA, F. J SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; VOLTARELLI, M. A.; COMPAGNON, A. M.; FURLANI, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.61-69, 2013.

SOARES, L. A. A.; FURTADO, G. F; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M.; GUERRA, H. O. C.; NASCIMENTO, R. Troca de CO₂ do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.3, p 30-37, 2013.

SOBRAL, P. V. C. Caracterização morfoagronômica e divergência genética entre acessos africanos de feijão-caupi. IN: **Dissertação**, Universidade Federal do Piauí, Faculdade de Agronomia (Ciências Agrárias, Área de concentração: Produção Vegetal). Teresina-PI, 2009, 131 p.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RAFAEL VASCONCELOS RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46 n. 6 Brasília, 2011.

VILARINHO, A. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, G. C. **BRS ITAIM – Cultivar de Feijão-caupi com Grãos Tipo Fradinho**. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 2010, 4 p.