



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## **Dissertação de Mestrado**

**CRESCIMENTO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS  
DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SUBMETIDOS  
A IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA**

**JAILMA RIBEIRO DE ANDRADE**

**Campina Grande  
Paraíba**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
MESTRADO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



JAILMA RIBEIRO DE ANDRADE

**CRESCIMENTO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE GENÓTIPOS DE  
FEIJÃO CAUPI SUBMETIDOS A IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA**

CAMPINA GRANDE / PB

2013

JAILMA RIBEIRO DE ANDRADE

**CRESCIMENTO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE GENÓTIPOS DE  
FEIJÃO CAUPI SUBMETIDOS A IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento

CAMPINA GRANDE/PB

2013



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- A554c Andrade, Jailma Ribeiro de.  
Crescimento e pigmentos fotossintéticos de genótipos de feijão caupi submetidos a irrigação com água salina / Jailma Ribeiro Andrade. – Campina Grande, 2013.  
56 f. : il.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.  
"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento".  
Referências.
1. Feijão Caupi. 2. Vigna Unguiculata. 3. Condutividade Elétrica.  
I. Nascimento, Ronaldo. II. Título.
- CDU 633.35(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

JAILMA RIBEIRO DE ANDRADE

CRESCIMENTO E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE GENÓTIPOS DE  
FEIJÃO CAUPI SUBMETIDOS A IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ronaldo Nascimento  
Orientador (UAEA/CTRN/UFCC)

PARECER

Aprovado

Dr. Evandro Franklin de Mesquita  
Examinador (UEPB)

Aprovado

Dr. Francisco Valfisio da Silva  
Examinador (UFCC)

APROVADA

FEVEREIRO DE 2013

A meus pais, Francisco Expedito de Andrade e Rita Ribeiro de Andrade, pelo amor, dedicação e por tudo que fizeram para que eu pudesse concluir meus estudos; a meu irmão e amigos, pelo amor, amizade e incentivo.

OFEREÇO

A Deus, a meus pais e a todos aqueles que sempre acreditaram na concretização deste ideal.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus Todo Poderoso, que está presente em todos os momentos de minha vida, concedendo-me coragem, força e graça para tudo vencer com sabedoria e discernimento.

A meus pais, Francisco Expedito de Andrade e Rita Ribeiro de Andrade, pelo amor, confiança e dedicação.

A Universidade Federal de Campina Grande, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade em prol da realização deste curso.

Ao Professor Dr. Ronaldo do Nascimento, pela orientação, amizade, compreensão e dedicação em todas as etapas do curso.

A meu irmão, José Ribeiro de Andrade, pelo apoio; a meus sobrinhos, que tanto amo, João Carlos Fernandes Ribeiro e Mayla Fernandes Ribeiro.

Aos amigos José Wilson, Sebastião Júnior, Francisco Valfisio, Patrícia Ferreira, Danila Lima, Abel Henrique, Janivan Suassuna, Bruna Vieira, Navilta Veras e Alberto Cardoso, que sempre me apoiando durante a condução do experimento até a etapa final deste trabalho. Aos alunos graduandos em Engenharia Agrícola: Aryadne Villar, Raphael Jovino e Rafaela Felix que, além de equipe de pesquisa se tornaram bons amigos.

Aos Professores do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, em especial ao Professor Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela atenção, amizade e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola - UFCG, Aldaniza, Dona Cida e Gilson, pelo apoio.

Aos Examinadores Francisco Valfisio da Silva e Prof. Evandro Franklin de Mesquita pela participação na banca e pelas valiosas contribuições.

Aos amigos e colegas: Sebastião Júnior, José Wilson, Rosinaldo, Antônio Fernandes, Arsênio, Benjamim, Aaron, Abel Henrique, Enoque, Luciano Saboya, Marcos, Alberto Calado, Whéllysson, Lenildo, Patrícia Ferreira, Franklin, Rodrigo, Júlia Soares e Antônio Suassuna que dividimos tantas dúvidas, mas que acima de tudo nos ajudamos muito durante nossa caminhada.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indiretamente, para a concretização de mais esta etapa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A EMBRAPA meio norte, do Piauí, pelo apoio financeiro.

Muito obrigada!

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                                 | 11 |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                      | 13 |
| 2.1. Feijão Caupi .....                                    | 13 |
| 2.2. Importância Econômica do Feijão Caupi .....           | 15 |
| 2.3. Estresse Salino .....                                 | 16 |
| 2.4. Efeito do Estresse Salino nas Plantas .....           | 18 |
| <b>3. METODOLOGIA</b> .....                                | 20 |
| 3.1. Local de Desenvolvimento da Pesquisa.....             | 20 |
| 3.2. Condições de Cultivo e Delineamento Experimental..... | 20 |
| 3.3. Variáveis Analizadas.....                             | 23 |
| 3.3.1. Variáveis de Crescimento e Produção .....           | 23 |
| 3.3.2. Variáveis Fisiológicas.....                         | 24 |
| 3.4. Análise Estatística.....                              | 26 |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                     | 26 |
| 4.1. Variáveis de Crescimento e Produção .....             | 26 |
| 4.2. Variáveis Fisiológicas.....                           | 39 |
| <b>5. CONCLUSÕES</b> .....                                 | 49 |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                 | 50 |



## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> – Análise Físico-hídrica do Solo Utilizado .....   | 20 |
| <b>Tabela 2</b> – Análise Química do Solo Utilizado .....  | 20 |
| <b>Tabela 3</b> – Genótipos Cedidos pela Embrapa Meio Norte do Piauí .....   | 21 |
| <b>Tabela 4</b> – Valores do quadrado médio e significância estatística para a Fitomassa Seca de Sementes (FMSS), Fitomassa Seca de Raiz (FMSR), Fitomassa Seca da Parte Aérea (FMSPA), Fitomassa Seca Total (FMST) e Área Foliar Total (AFT), em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp), irrigadas com água salina. .... | 26 |
| <b>Tabela 5</b> – Comparação de médias para a variável Área Foliar Total (AFT) em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....  | 27 |
| <b>Tabela 6</b> – Comparação de médias para Fitomassa Seca de Sementes (FMSS) em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....   | 29 |
| <b>Tabela 7</b> – Comparação de médias para Fitomassa Seca de Raiz (FMSR) em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.....   | 31 |
| <b>Tabela 8</b> - Comparação de médias para Fitomassa Seca da Parte Aérea (FMSPA) em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas .....  | 33 |
| <b>Tabela 9</b> - Comparação de médias para Fitomassa Seca Total (FMST) em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas .....  | 36 |
| <b>Tabela 10</b> - Valores do quadrado médio e significância estatística para as Clorofilas a, b, Total, Carotenóides, e as Relações Clorofila a/Clorofila b e Relação Clorofila Total/Carotenóides em plantas de Feijão Caupi ( <i>Vigna Unguiculata</i> (L.) Walp), irrigadas com água salina. ....  | 39 |

**Tabela 11** - Comparação de médias para as variáveis Clorofila a, Clorofila Total, Relação Clorofila a/ Clorofila b e Índice Relativo de Clorofila (SPAD) em plantas de Feijão Caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas ..... 40

**Tabela 12** - Comparação de médias para Clorofila b em plantas de Feijão Caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas .. 43

**Tabela 13** - Comparação de médias para a variável Carotenóides em plantas de Feijão Caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas ..... 45

**Tabela 14** - Comparação de médias para a Relação Clorofila Total/Carotenóides em plantas de Feijão Caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas ..... 47

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> – Croqui da Área experimental .....   | 22 |
| <b>Figura 2</b> – Índice Relativo de Clorofila em Feijão Caupi Irrigado com Água Salina .....                     | 24 |
| <b>Figura 3</b> – Procedimento para Quantificação de Pigmentos em Espectro Fotômetro .....                        | 25 |
| <b>Figura 4</b> – Área Foliar Total de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino .....                            | 28 |
| <b>Figura 5</b> - Fitomassa Seca de Sementes de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino.....                    | 30 |
| <b>Figura 6</b> - Fitomassa Seca de Raiz de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino.....                        | 32 |
| <b>Figura 7</b> - Fitomassa Seca da Parte Aérea de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. ...                 | 35 |
| <b>Figura 8</b> – Fitomassa Seca Total de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino.....                          | 38 |
| <b>Figura 9</b> – Relação Clorofila <i>a</i> /Clorofila <i>b</i> de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. .. | 41 |
| <b>Figura 10</b> – Clorofila Total de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. ....                             | 42 |
| <b>Figura 11</b> – Clorofila <i>b</i> de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. ....                          | 44 |
| <b>Figura 12</b> - Carotenóides de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. ....                                | 46 |
| <b>Figura 13</b> – Relação Clorofila Total/Carotenóides de Feijão Caupi Submetido ao Estresse Salino. ....        | 48 |

## RESUMO

O feijão caupi, também conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, se constitui na principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no Sertão Nordestino. No Nordeste brasileiro as águas utilizadas nas irrigações apresentam, na maioria das vezes, concentração de sais na faixa de condutividade elétrica de 0,1 a 3,0 dS m<sup>-1</sup>, poderá o seu uso na agricultura, aliado a intensa evaporação e a falta de drenagem do solo adequada, provocar problemas de salinidade. Diante do exposto objetivou-se identificar genótipos de feijão caupi tolerantes e sensíveis à salinidade da água de irrigação com base na produção de fitomassa e nos pigmentos fotossintéticos no nordeste do Brasil. O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Foram utilizadas sementes de 10 diferentes genótipos de feijão caupi cedidos pela Embrapa Meio Norte, localizada na cidade de Teresina-PI, semeadas em vasos de polietileno com capacidade para 20L de solo. Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade da água de irrigação, com quatro níveis diferentes e dez genótipos. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo os fatores estudados arranjados em esquema fatorial 10 x 4; os 40 tratamentos propostos foram dispostos em 120 parcelas, ou seja, 120 vasos espaçados de 0,5 m entre plantas e 0,5 m entre linhas; aos 65 dias após o semeio foram determinadas a área foliar total, as variáveis de fitomassa seca: fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da raiz, fitomassa seca total e fitomassa seca de sementes; os parâmetros fisiológicos: índice SPAD, teor de clorofila a, b, total e carotenóides, relação clorofilas a: clorofilas b e relação clorofilas totais: carotenoides. As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade. Para análise estatística utilizou-se o programa computacional ESAL- SISVAR. A salinidade da água de irrigação diminuiu a produção de fitomassas e a área foliar, e aumentou os teores de clorofilas em feijão caupi, sendo os genótipos 1 (MNCO1-649F-2-1), 2 (MNCO3-736F-2), 5 (BRS-MARATAOÃ) e 6 (MNCO2-676F-3) os mais tolerantes e os genótipos 3 (PINGO DE OURO-1-2), 4 (BRS-GURGUÉIA), 7(MNCO2-683F-1), 8 (MNCO3-737F-5-4), 9 (MNCO3-737F-5-9), 10 (BRS-TUMUCUMAQUE) foram os mais sensíveis ao estresse salino.

**Palavras chave:** *Vigna unguiculata*, condutividade elétrica, produção

## ABSTRACT

The cowpea, also known as bean-string beans or macassar, constitutes the main subsistence crop in the North and Northeast of Brazil, especially in the Interior Northeast. In Northeastern Brazil waters used in irrigation have, in most cases, the concentration of salts in the range of electrical conductivity from 0.1 to 3.0 dS m<sup>-1</sup>, can its use in agriculture, allied to intense evaporation and lack of adequate soil drainage, causing salinity problems. Given the above objective to identify cowpea tolerant and sensitive to salinity of irrigation water based on biomass production and photosynthetic pigments in northeastern Brazil. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Campina Grande (UFCG). Seeds of 10 different genotypes of cowpea, assigned by Embrapa Meio Norte, located in the city of Teresina, PI, sown in polyethylene pots with capacity for 20L of soil. The treatments consisted of the combination of two factors: salinity of irrigation water, with four levels and ten different genotypes. The statistical design was a completely randomized design with three replications, being studied factors arranged in a 10 x 4 factorial. 40 proposed treatments were arranged in 120 portions, ie vessels 120 spaced 0.5 m 0.5 m between plants and between lines. At 65 days after sowing were determined the total leaf area, dry weight variables: dry weight of shoot, dry weight, root dry weight and total dry weight of seeds; physiological parameters: SPAD index, chlorophyll a , b, and total carotenoids, chlorophyll a relationship: chlorophyll b and total chlorophyll ratio: carotenoids. The variables were analyzed statistically by F test at 5% probability. For statistical analysis we used the computer program ESAL-SISVAR. The salinity of the irrigation water decreased the production of fitomassas and leaf area, and increased the content of chlorophyll, with genotypes 1 (MNCO1-649F-2-1), 2 (MNCO3-736F-2), 5 (BRS-Marataoã ) and 6 (MNCO2-676F-3) and the most tolerant genotypes 3 (PINGO GOLD-1-2), 4 (BRS-Gurguéia), 7 (MNCO2-683F-1), 8 (MNCO3-5-737F -4), 9 (MNCO3-737F-5-9), 10 (BRS-Tumucumaque) were the most sensitive to salt stress.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, electrical conductivity, production

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, também conhecido como feijão-de-corda ou feijão macassar, se constitui na principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil, especialmente no Sertão Nordestino. A área cultivada com caupi no Brasil é de aproximadamente 1 milhão de hectares, dos quais cerca de 900 mil (90%) estão situados na região Nordeste do Brasil. Esta cultura apresenta grande importância na alimentação das populações que vivem nessas regiões, sobretudo as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar, gerando emprego e renda, tanto na zona rural quanto na zona urbana (LIMA et al, 2007).

A cultura do feijão-caupi gera, em média, 1.055.334 empregos; o potencial de suprimento alimentar é de 26.486.755 pessoas e o valor da produção é de R\$ 643,09 milhões (FREIRE FILHO, 2009). Essas são cifras consideráveis que traduzem a importância e evidenciam a necessidade de pesquisas com a cultura, com vista a se desenvolver novas cultivares para atender às demandas de produtores, comerciantes e consumidores de feijão-caupi. A produtividade de grãos do feijão-caupi a nível de lavoura ainda é considerada baixa, ou seja, 366 kg ha<sup>-1</sup> (DAMASCENO-SILVA, 2009).

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).

No Brasil, felizmente, houve uma preocupação em preservar os germoplasmas locais, ou seja, aqueles introduzidos na época da colonização; a exemplo, grande parte das cultivares locais antigas estão sendo preservadas em coleções de base da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília – DF, e em bancos ativos como os da Universidade Federal do Ceará, Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI e do IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. (BENVINDO, 2007).

Segundo Lovato (1991) a salinidade tem sido considerada um importante fator limitante para a distribuição das plantas em ambientes naturais. O estresse salino impossibilita o crescimento das plantas provocando uma redução no potencial osmótico da solução do solo, restringindo a disponibilidade da água e/ou acumulando íons em excesso nos tecidos vegetais, podendo ocasionar toxicidade iônica ou desequilíbrio nutricional. Levando-se em consideração a composição salina do meio, a intensidade e a duração do estresse, manejo de irrigação e as condições edafoclimáticas, entre outros, o genótipo pode apresentar tolerância,

desenvolvendo-se, mesmo que em menores proporções podendo, também demonstrar susceptibilidade sofrendo uma redução no seu crescimento ou até mesmo morte da planta.

A redução da produtividade das culturas em condições de salinidade elevada e mediante a redução do crescimento das plantas, é atribuída principalmente à baixa capacidade fotossintética, devido a limitações estomáticas e não estomáticas (SILVA et al., 2008), decorrentes do fechamento estomático e da diminuição na atividade de fixação do carbono (ZANANDREA et al., 2006). A redução da capacidade fotossintética em função da salinidade pode ser atribuída também à diminuição do conteúdo dos pigmentos fotossintéticos. A salinidade reduz o teor de clorofila em plantas sensíveis a salinidade e aumenta em plantas tolerantes ao sal (JAMIL et al., 2007).

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 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 (RHOADES et al., 2000). Dentre as práticas de manejo recomendadas para se produzir satisfatoriamente em condições de solo e água com altos riscos de salinização, se destacam o uso de plantas tolerantes à salinidade e a sodicidade, manejo adequado da irrigação e controle da salinidade do solo com aplicação de lâminas de lixiviação, tornando-se importantes os estudos que visem avaliar a sensibilidade das espécies ao estresse salino (TRAVASSOS et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se identificar genótipos de feijão caupi tolerantes e sensíveis à salinidade da água de irrigação com base na produção de fitomassa e pigmentos fotossintéticos, no nordeste do Brasil.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Feijão caupi

Planta de climas tropical e subtropical, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é originário da África (RACHIE, 1976), onde foram identificadas seis regiões de cultivo (VAILLANCOURT, 1992; GEPTS, 2002), sendo a Nigéria o maior produtor mundial. É também cultivado na Ásia e América. Na Europa essa leguminosa já era consumida desde antes do descobrimento da América (CUBERO, 2007) e conseqüentemente da introdução do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.).

Steele e Mehra (1980) e NG e Marechal (1985) citam o oeste da África, mais precisamente a Nigéria, como o centro primário de diversidade da espécie, entretanto Padulosi e NG (1997) afirmam que a região de Transvaal, na República da África do Sul, é a região de *Vigna unguiculata*. Acredita-se que o caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis, portugueses e pelos escravos africanos, inicialmente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, provavelmente pelo estado da Bahia (FREIRE FILHO et al., 1981; WATT, 1987; FREIRE FILHO, 1988) de onde foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste e também para outras regiões do país. No Brasil, o feijão-caupi foi introduzido em regiões tropicais com características edafoclimáticas distintas (quente/úmida na região Norte e quente/seca na região Nordeste), porém adequadas ao seu desenvolvimento (ARAÚJO et al., 1984).

As denominações ou nomes vulgares da planta são variados de acordo com as regiões onde está estabelecida. Na região Nordeste é conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar; na região Norte de feijão de praia e feijão de estrada, enquanto na região Sul, é conhecido por feijão miúdo (FREIRE FILHO et al., 1988). É também chamado de feijão catador e feijão gerutuba em algumas regiões do estado da Bahia e norte de Minas Gerais e de feijão fradinho no estado do Rio de Janeiro (VERDCOURT, 1970; MARECHAL et al., 1978; PADULOSI, 1997).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma Fabaceae herbácea, nativo da África e bastante cultivado nas regiões tropicais dos continentes africano, asiático e americano (SOARES et al., 2006). Devido às condições de adaptabilidade e do hábito alimentar da população, as regiões Norte e Nordeste alcançam de 95% a 100% do total de áreas plantadas com feijão-de-corda, nos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (ARAÚJO e WATT, 1988; SENA e BISERRA, 1991). O Estado do Ceará é o maior produtor



nacional de feijão-de-corda seguido pelo Piauí. Na safra 2002/2003 a área plantada no Ceará foi de 618.600 hectares, resultando em uma produção de 211.800 toneladas (FNP, 2004).

A área colhida, a produção e a produtividade do feijão-de-corda variam muito de ano para ano, em virtude, principalmente, das variações nas condições climáticas. Entre 1993 e 2001, a média anual da área colhida foi de 1.355,184 ha, a produção foi de 429.375 t e a produtividade de 317 kg/ha. As baixas produtividades dessa cultura se devem, em grande parte, ao baixo nível tecnológico empregado na maioria dos cultivos. No entanto, nos últimos anos a cultura vem adquirindo maior expressão econômica, e seu cultivo tem sido realizado em áreas irrigadas, onde se emprega tecnologias mais adequadas na produção (FREIRE FILHO et al., 2005).

Apesar do feijão-caupi ser cultivado em todas as regiões brasileiras, é nas regiões Norte e Nordeste onde ele apresenta maior tradição em produção e consumo, com recente expansão no Centro-Oeste e potencial para consumo no Sudeste. A ampliação do comércio e a conquista de novos mercados é um desafio para a cultura que depende de vários aspectos e que o melhoramento genético, por meio do desenvolvimento de cultivares com características mais atrativas para o produtor, comerciante e consumidor dessas regiões, pode ajudar a alcançar tal objetivo. Neste sentido, o desenvolvimento de cultivares para consumo na forma de farinha, hortaliça (vagens e grãos verdes para consumo *in natura* ou congelado) e enlatado (pré-cozido), representam alternativas viáveis que podem contribuir para ampliação do comércio e consumo. Outra alternativa é a diversificação na produção de tipos comerciais, tais como o feijão fradinho. Este último está se expandindo pela região Sudeste e é o tipo mais importado pelas companhias cerealistas brasileiras, quando há frustração de safra no Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005).

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).

## 2.2. Importância econômica do feijão-caupi

A área ocupada com feijão-caupi, no mundo, está em torno de 12,5 milhões de ha, com 8 milhões (64% da área mundial) na parte oeste e central da África. A outra parte da área está localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e da Oceania. Entre todos os países, os principais produtores mundiais são Nigéria, Niger e Brasil (QUIN, 1997).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por um ecossistema com limitações edafoclimáticas, que afetam a produtividade da maioria das espécies cultivadas. Esta região abrange uma área de cerca de 95 milhões de hectares, dos quais apenas 3% são passíveis de serem irrigados. A convivência dos agricultores nestes ambientes requer a adoção de tecnologias inovadoras ou adaptáveis a essa realidade, com potencial para incrementar a produção e a melhoria da renda dos produtores rurais, o que envolve a adoção de políticas públicas, mas também ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, voltadas para a adoção de tecnologias sustentáveis aplicadas à região (RUMJANEK et al., 2006).

Um componente importante no sistema de produção da região semiárida envolve a cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), constitui-se numa das mais importantes fontes de proteínas, principalmente para as populações de baixa renda. É, portanto, uma planta leguminosa de ampla distribuição mundial, sendo considerada a cultura granífera mais importante da região semiárida do Brasil, a qual é bastante adaptada nesta região, seja pelas elevadas características nutricionais ou através da sua rusticidade à baixa fertilidade do solo e tolerância à seca, temperaturas elevadas e salinidade. 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<sup>-1</sup> e rendimento médio de 366 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2007).

O feijão-caupi, além de uma excelente fonte de proteínas, é fonte de vitaminas e minerais nas regiões onde é cultivado, se caracterizando como um componente de diferentes sistemas de produção. No ano agrícola de 2009, a cultura atingiu 3,6 milhões de toneladas em 12,5 milhões de hectares de 36 países (FAO, 2009), destacando-se como maiores produtores a Nigéria e o Brasil (DAMASCENO-SILVA, 2009). É uma cultura de grande importância na região Nordeste do Brasil, ocupando uma área de 1.285.826 ha e uma produção de 421.199 toneladas, representando 97,47% e 87,33%, respectivamente, da área e produção do feijão-caupi no Brasil. A região Norte é a segunda em cultivo e produção (55.824 ha e 55.302 t), seguida da região Centro-oeste, onde a cultura encontra-se em expansão. Estima-se que essa região em 2010 superou a região Norte em termos de área e produção, ultrapassando 100.000

ha. Os maiores produtores nacionais são os Estados do Ceará, Mato Grosso e Piauí. No total, o feijão-caupi ocupa uma área de 1.319.168 há e uma produção de 482.324 t, sendo esta correspondente a 15% de todo o feijão produzido no Brasil (DAMASCENO-SILVA, 2009).

A importância sócio-econômica do feijão-caupi pode ser expressa em números, tomando por base os dados de área e produção média entre os anos de 2004 a 2008. Considerando que um hectare de feijão-caupi gera 0,8 emprego/ano, que o consumo per capita é de 18,21 kg/pessoa/ano e o preço médio da saca de feijão é de R\$ 80,00, a cultura do feijão-caupi gera em média 1.055.334 empregos, o potencial de suprimento alimentar é de 26.486.755 pessoas e o valor da produção é de R\$ 643,09 milhões (FREIRE FILHO, 2009). Essas são cifras consideráveis que traduzem a importância e evidenciam a necessidade de pesquisas com a cultura.

### 2.3. Estresse salino

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água, além da ação de íons sobre o protoplasma. Ayers e Westcot (1999) afirmam que os íons que mais frequentemente causam toxicidade são o cloreto, o sódio e o boro. Um excesso de  $\text{Na}^+$  e, sobretudo, um excesso de  $\text{Cl}^-$  no protoplasma ocasionam distúrbio em relação ao balanço iônico ( $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  em relação ao  $\text{Na}^+$ ), bem como o efeito específico dos íons sobre as enzimas e membranas (LARCHER, 2006).

De acordo com Maas e Hoffman (1977), o feijão-caupi 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  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  e salinidade limiar do solo (CEes) em torno de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo classificada como moderadamente tolerante (AYERS; WESTCOT, 1999).

No Nordeste brasileiro as águas utilizadas nas irrigações apresentam, na maioria das vezes, concentração de sais na faixa de 1 a  $30 \text{ mmolc L}^{-1}$  correspondendo à faixa de condutividade elétrica de  $0,1$  a  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ , poderá o seu uso na agricultura, aliado a intensa evaporação e à falta de drenagem de solo adequada, provocar problemas de salinidade (HOLANDA; AMORIM, 1997). Em função disso, 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).

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; WESTCOT, 1999).

A salinidade em áreas irrigadas ocorre em decorrência do uso de águas de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-plantas e, qualquer que seja a sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e qualidade dos sais presentes variem bastante (MEDEIROS; GHEYI, 1994).

O efeito da salinidade nas plantas aparece primeiramente no desvio de energia do processo de crescimento para manter o potencial osmótico. Um dos primeiros processos dos quais a energia é desviada é a alongação celular. As células dos tecidos foliares se dividem, mas não se alongam. A ocorrência de mais células por unidade de área faz com que apareçam em cor verde escura, sintoma típico de planta estressada osmoticamente. Adicionalmente, o efeito osmótico vai depender da sensibilidade da planta a determinado íon específico na água de irrigação ou na solução, a toxicidade de boro é a mais comum (BOHN et al., 1979).

De acordo com Tyerman & Skerrett (1999), em ambientes salinos, o cloreto de sódio (NaCl) tem se mostrado como sendo o sal predominante, causando a maioria das injúrias nas plantas. O efeito osmótico tem sido a causa maior da redução do crescimento das plantas, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de sódio e cloro e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes essenciais (YAHYA, 1998).

O sódio pode agir estimulando o desenvolvimento vegetal, pois, é considerado um elemento útil para muitas culturas por efeitos fisiológicos próprios ou por substituir parte do  $K^+$  requerido pela planta. O grau dessa substituição dependerá do potencial de absorção e da translocação de  $Na^+$  para a parte aérea da planta, bem como da eficiência da planta em utilizar o  $K^+$  (SILVA, 1998).

Um outro mecanismo utilizado pelas plantas em condições de elevada salinidade é o ajustamento osmótico (TAIZ E ZEIGER, 2009). Como o ajuste osmótico é um processo pelo qual o potencial hídrico da folha pode ser diminuído sem que haja decréscimo do turgor ou do volume celular, o mesmo constitui-se, portanto, num aumento líquido no conteúdo de solutos por célula. A maior parte do ajuste osmótico pode ser calculado pelo aumento da concentração de uma variedade de solutos comuns, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons inorgânicos, especialmente o  $K^+$  (TAIZ E ZEIGER, 2009).

Algumas culturas, devido a melhor capacidade de adaptação osmótica, conseguem produzir satisfatoriamente, mesmo em meio salino. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerante, capaz de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância das plantas tradicionalmente cultivadas. O nível máximo de salinidade média da zona radicular tolerável pelas plantas, sem qualquer efeito negativo no seu desenvolvimento e rendimento, é conhecido como salinidade limiar (SL) que normalmente é expressa em termos de CEes (GHEYI et al., 1991; AYERS e WESTCOT, 1999).

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  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  e salinidade limiar do solo (CEes) em torno de  $4,9 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo classificada como moderadamente tolerante (AYERS; WESTCOT, 1999). As concentrações de sais que restringem o crescimento do feijão-de corda variam entre os cultivares e parecem depender da composição iônica do meio (LACERDA, 1995).

A resposta da planta à salinidade não depende apenas da concentração de sais. Portanto, num estudo rigoroso da tolerância da planta aos sais, deverá considerar, além da quantidade de sais solúveis totais, outros fatores que, frequentemente, interferem na produção, tais como planta, solo e clima (FAGERIA, 1989).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. 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), Campus I, 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%.

#### 3.2. Condições de cultivo e delineamento experimental

O solo utilizado como substrato foi coletado nas proximidades da cidade de Campina Grande mais precisamente no município de Lagoa Seca- PB, onde foram realizadas análises físico-hídrica e química (Tabelas 1 e 2) e classificado como Franco Arenoso.

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

| Densidade       |  | Granulometria   |            |        |
|-----------------|--|-----------------|------------|--------|
| Solo            | Partículas<br>-----( $\text{g cm}^{-3}$ )----- | Areia           | Silte      | Argila |
|                 |  | -----(%)------  |            |        |
| 1,40            | 2,67   | 77,70           | 11,29      | 11,01  |
| Umidade Natural |  |                 | 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 <sup>+</sup>                   | K    | Ca   | Mg   | H <sup>+</sup> | Al   | CTC  |
|--------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|------|------|------|----------------|------|------|
|              | H <sub>2</sub> O(1:2,5) | Mg/dm <sup>3</sup> | ----- cmolc/dm <sup>3</sup> ----- |      |      |      |                |      |      |
| 0 - 40 cm    | 4,8                     | 5,4                | 0,05                              | 0,18 | 0,51 | 0,20 | 0,56           | 0,40 | 1,50 |

No presente experimento foram utilizadas sementes de 10 diferentes genótipos de feijão-caupi (Tabela 3), cedidas pela Embrapa Meio Norte, centro de referência em pesquisa com o melhoramento do feijão-caupi, e produção de novas cultivares, localizada na cidade de

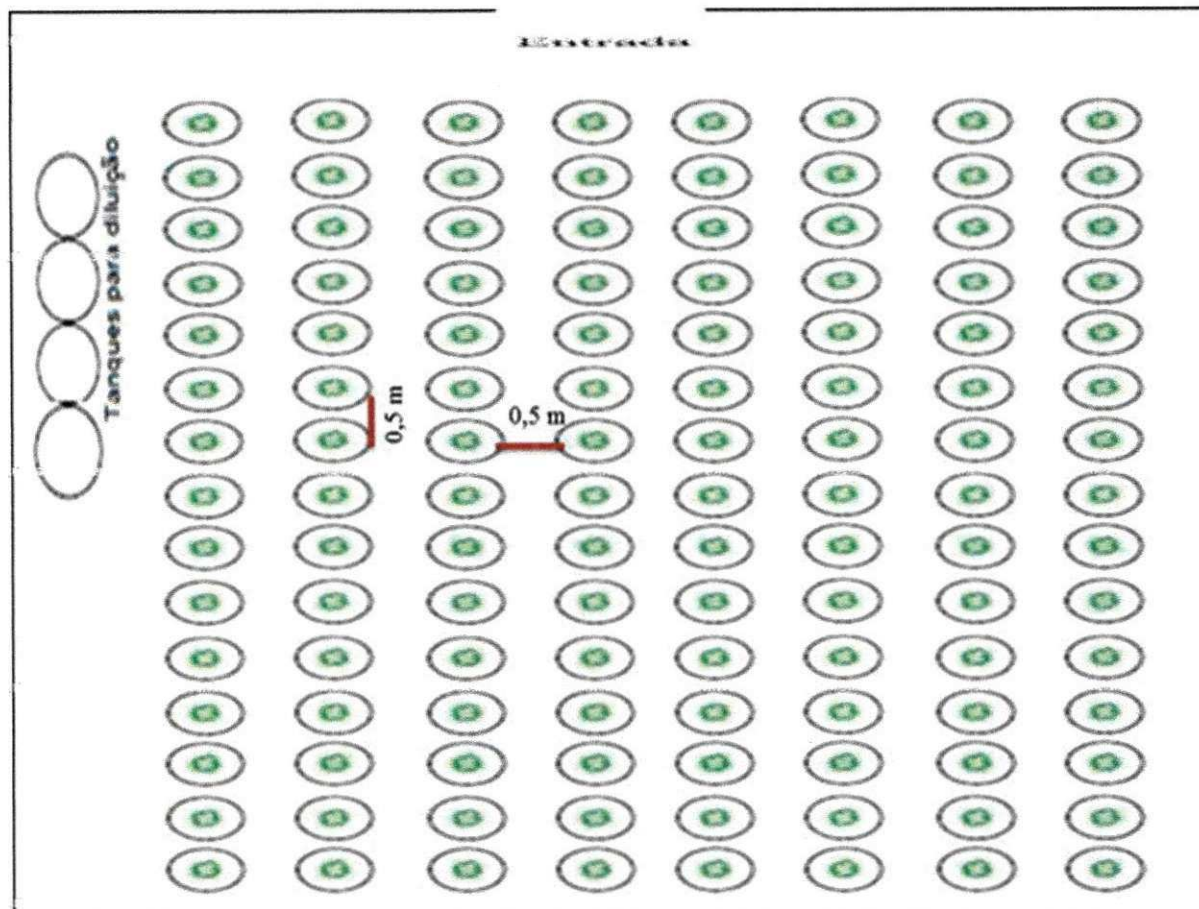
Teresina, Estado do Piauí, e desenvolvidos especialmente para cultivo nas condições climáticas preponderantes na região semiárida do Nordeste brasileiro.

**Tabela 3** – Genótipos cedidos pela Embrapa Meio Norte.

| <b>Gódigo de Linhagem</b> | <b>Subclasse comercial</b> |                 |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| G1 – MNCO1-649F-2-1       | Rajado                     |                 |
| G2 - MNCO3-736F-2         | Branco                     |                 |
| G3 - PINGO DE OURO-1-2    | Canapu                     | <b>Porte</b>    |
| G4 - BRS-GURGUÉIA         | Sempre verde               | <b>Ereto</b>    |
| G5 - BRS-MARATAOÃ         | Sempre verde               |                 |
| G6 - MNCO2-676F-3         | Mulato                     |                 |
| G7 - MNCO2-683F-1         | Branco                     |                 |
| G8 - MNCO3-737F-5-4       | Branco                     | <b>Porte</b>    |
| G9 - MNCO3-737F-5-9       | Branco                     | <b>Prostado</b> |
| G10 - BRS-TUMUCUMAQUE     | Branco                     |                 |

As sementes foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade para 20 L de solo, e adubação de acordo com as recomendações de Novais et al. (1991), para ambiente controlado em vasos. Foram semeadas 3 sementes por vaso, permanecendo apenas uma planta por vaso após o desbaste, que ocorreu aos cinco dias após a emergência (DAE).

Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: salinidade da água de irrigação, com quatro níveis diferentes (S1 = 0,6 dS m<sup>-1</sup>; S2 = 2,1 dS m<sup>-1</sup>; S3 = 3,6 dS m<sup>-1</sup> e S4 = 5,1 dS m<sup>-1</sup> a 25°C), e dez genótipos (G1 – MNCO1-649F-2-1; G2 - MNCO3-736F-2; G3 - PINGO DE OURO-1-2; G4 - BRS-GURGUÉIA; G5 - BRS-MARATAOÃ; G6 - MNCO2-676F-3; G7 - MNCO2-683F-1; G8 - MNCO3-737F-5-4; G9 - MNCO3-737F-5-9 e G10 - BRS-TUMUCUMAQUE). O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo, os fatores estudados arranjados em esquema fatorial 10 x 4; os 40 tratamentos propostos foram dispostos em 120 parcelas (Figura 2), ou seja, 120 vasos de 20 L espaçados 0,5 m entre plantas e 0,5 m entre linhas.



**Figura 1:** Croqui da área experimental

As plantas foram irrigadas diariamente com água de abastecimento, de forma a manter o solo sempre próximo à capacidade de campo, até o desbaste, quando então se iniciou a aplicação dos tratamentos com água salina. Para obter as águas com condutividade elétrica desejada para as irrigações, adicionou-se o NaCl comercial (sem iodo) na água do sistema de abastecimento local de Campina Grande, PB (proveniente da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, Campina Grande, PB – CAGEPA). A quantidade de cloreto de sódio (Q NaCl) utilizado no preparo da água foi determinada considerando-se a condutividade elétrica inicial da água (Equação 1), determinada segundo metodologia proposta por Richards (1954):

$$Q_{\text{NaCl}} (\text{mg L}^{-1}) = 640 \times (\text{CEa desejada} - \text{CEa inicial}) \quad \text{Eq. 1}$$

em que:

CEa - condutividade elétrica da água, em  $\text{dS m}^{-1}$



O volume de água a ser aplicado foi calculado em função da demanda evapotranspiratória estimada para intervalos médios de 15 dias. O consumo de água foi determinado pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado, estimando-se o volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação, de maneira que reestabelecesse a umidade próximo à capacidade de campo e se obtivesse a fração de lixiviação desejada de 0,2 (Equação 2). O volume drenado foi coletado individualmente e, em seguida, levado ao Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, para determinar a condutividade elétrica.

$$VI = \frac{VA - VD}{1 - FL} \quad \text{Eq. 2}$$

em que:

VI - Volume de água a ser aplicado na irrigação (mL)

VA - Volume de água aplicado na irrigação anterior ou no período (mL)

VD - Volume de água drenada na irrigação anterior ou no período (mL)

FL - Fração de lixiviação (0,2)

### 3.3 Variáveis Analisadas.

#### 3.3.1. Variáveis de crescimento e produção

No final do experimento aos 65 dias após o semeio (DAS), foram determinados as variáveis de crescimento e fitomassa seca: fitomassa seca da parte aérea, fitomassa seca da raiz, fitomassa seca total e fitomassa seca de sementes, e a área foliar.

Para determinação das fitomassa secas, as plantas foram coletadas e levadas para o laboratório de irrigação e salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, onde foram selecionados caule, folhas e raiz; quanto à determinação da fitomassa seca da parte aérea e do sistema radicular (g), as plantas 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.

Para a determinação da área foliar foi utilizado um vazador com área conhecida, foram destacados discos foliares do limbo foliar. Através da área conhecida dos discos foliares

destacados, do peso dos mesmos e do peso da folha, tomados através de uma balança analítica, estimou-se a área foliar total.

### 3.3.2. Variáveis Fisiológicas

Aos 65 dias após o semeio foram determinados os parâmetros fisiológicos: índice SPAD, teor de clorofila a, b, total e carotenoides, relação clorofilas a: clorofilas b e relação clorofilas totais: carotenoides.

O índice relativo de clorofila total foi determinado usando-se o clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Minolta Chlorophyll Meter) (Figura 2). As leituras foram realizadas na folha central do primeiro trifólio de cada tratamento.



**Figura 2.** Índice relativo de clorofila em feijão caupi

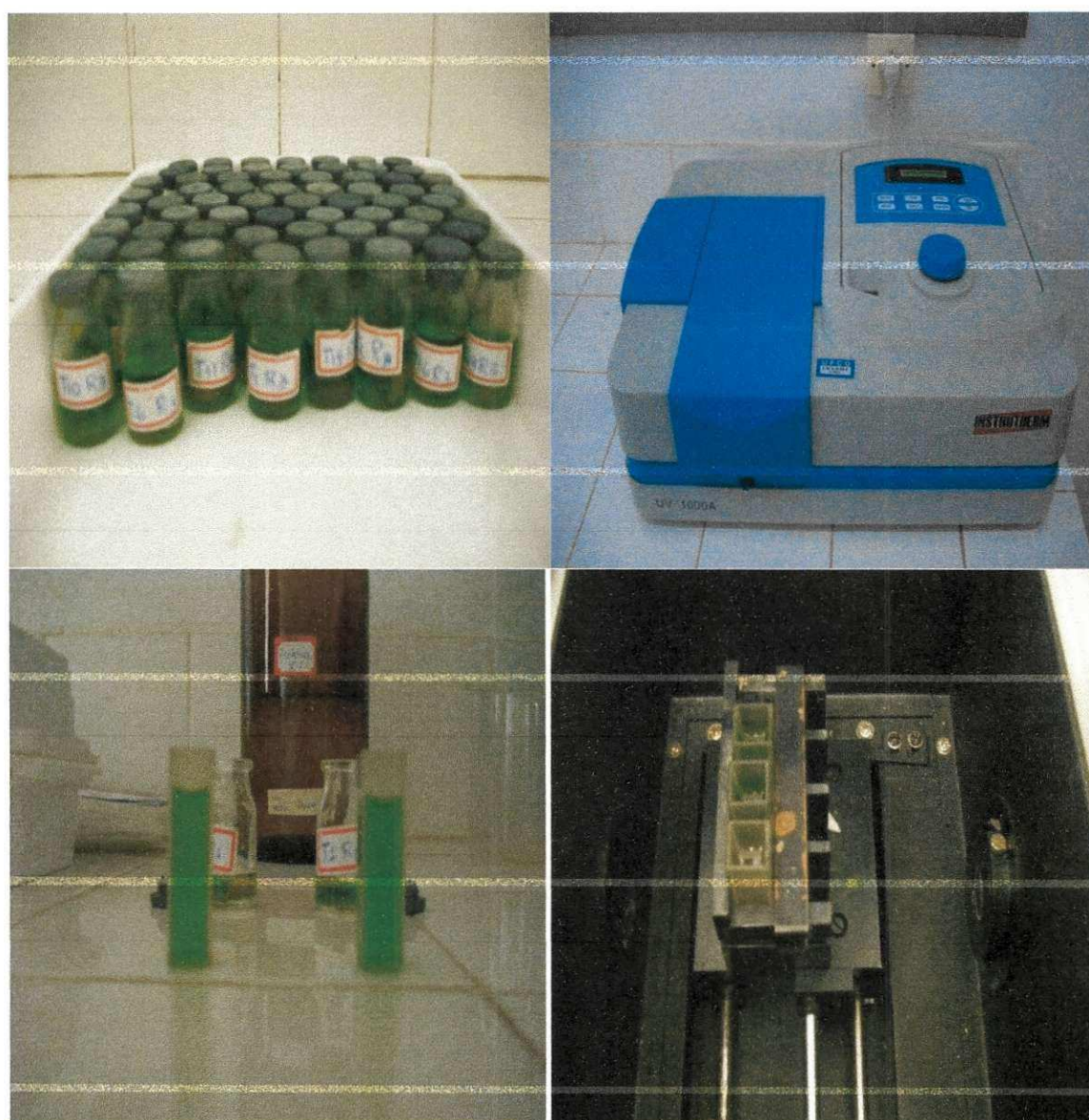
Os teores de clorofilas a e b, total e os carotenoides foram quantificados por meio da extração em amostras de folhas frescas que, após pesadas, foram picotadas e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona 80%, as quais foram mantidas no escuro e em refrigerador durante 48 horas (Figura 3); em seguida foram coletados os sobrenadantes contendo os pigmentos extraídos e se procedeu as leituras de absorvâncias em espectrofotômetro a 470, 645 e 663 nanômetros, conforme (ARNON, 1949; LICHTENTHÄLER, 1987). A clorofila total foi determinada pela soma dos conteúdos de clorofila a e clorofila b. Os conteúdos de clorofila a e b, e carotenoides serão calculados pelas equações (LICHTENTHÄLER, 1987), e seus valores expressos em  $\mu\text{m g}^{-1}$  MF.

Clorofila a =  $(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})$

Clorofila b =  $(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})$

Clorofila total = Clorofila a + Clorofila b

Carotenoides totais =  $(1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Chl a} - 85,02 \text{ Chl b}) / 198$



**Figura 3.** Procedimento para a quantificação de pigmentos em espectrofotômetro.  
Foto: Anderson Santos da Silva

### 3.4. Análise estatística

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste F, desdobrando-se as análises, sempre que a interação foi significativa. O fator quantitativo, relativo aos níveis de salinidade da água de irrigação, foi analisado estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear e quadrática); já o fator genótipo foi analisado por meio de comparação de médias com base no teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Para análise estatística utilizou-se o programa computacional ESAL- SISVAR (FERREIRA, 2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis de crescimento e produção

Na Tabela 4 observa-se que a fitomassa seca de sementes, da raiz, da parte aérea e a fitomassa seca total apresentaram diferenças estatísticas para a interação genótipo e água salina indicando dependência dos fatores. Entretanto, a área foliar total não foi influenciada pela interação, porém houve efeito dos fatores isolados (genótipo e salinidade). A salinidade da água de irrigação influenciou a 1% todos os parâmetros avaliados.

**Tabela 4** – Valores do quadrado médio e significância estatística para área foliar total (AFT), fitomassa seca de sementes (FMSS), fitomassa seca da raiz (FMSR), fitomassa seca da parte aérea (FMSPA) e fitomassa seca total (FMST) em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), irrigadas com água salina.

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios       |                       |            |                    |             |
|-------------------|----|------------------------|-----------------------|------------|--------------------|-------------|
|                   |    | AFT <sup>1</sup>       | FMSS                  | FMSR       | FMSPA <sup>1</sup> | FMST        |
| Genótipo (G)      | 9  | 0,036572*              | 4,04342 <sup>ns</sup> | 297,5535** | 2,3710**           | 664,6816**  |
| Salinidade (S)    | 3  | 0,191078**             | 33,86906**            | 648,9795** | 28,5650**          | 5960,8745** |
| Interação G x S   | 27 | 0,015844 <sup>ns</sup> | 10,75761**            | 89,5077**  | 0,7380**           | 160,4868**  |
| Resíduo           | 80 | 0,015556               | 2,78849               | 20,7508    | 0,3139             | 47,7696     |
| CV                |    | 25,19                  | 25,21                 | 39,06      | 12,72              | 21,26       |

\*Significativo pelo teste F a 5% e \*\* a 1%; ns = não significativo; <sup>1</sup>Dados transformados em raiz quadrada de X

Para a variável área foliar a interação entre os fatores genótipos e salinidade não foi significativa, quando isolados estes fatores obtiveram significância de 5% para o fator genótipo e 1% para o fator salinidade. Observa-se na comparação de médias que o genótipo

que obteve maior média (0,37 m<sup>2</sup>) foi o genótipo 4, diferindo estatisticamente apenas do genótipo 9, que obteve a menor média (0,15 m<sup>2</sup>) (Tabela 5).

O genótipo 9 mostrou-se menos tolerante a salinidade, conseqüentemente menor área foliar total, fato explicado por Coelho, (2012) em que a redução do crescimento do feijoeiro vigna sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, a qual ocasiona maior dificuldade de absorção de água, como também pela possibilidade da ocorrência de toxicidade iônica em função do acúmulo excessivo de determinados íons.

Em estudo feito por Andrade et al (2012) com feijão caupi, a área foliar máxima estimada foi de 0,16 no menor nível de salinidade (1,5 dS m<sup>-1</sup>), havendo redução nos valores para o maior nível de salinidade da água de irrigação (6,0 dS m<sup>-1</sup>).

**Tabela 5.** Comparação de médias para a variável área foliar total (AFT) em m<sup>2</sup>, em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Desdobramento da Interação G x S |          |     |          |  |
|----------------------------------|----------|-----|----------|--|
| Gen                              | AF       | Gen | AF       |  |
| G1                               | 0,21 a b | G6  | 0,27 a b |  |
| G2                               | 0,27 a b | G7  | 0,32 a b |  |
| G3                               | 0,24 a b | G8  | 0,23 a b |  |
| G4                               | 0,37 b   | G9  | 0,15 a   |  |
| G5                               | 0,29 a b | G10 | 0,27 a b |  |

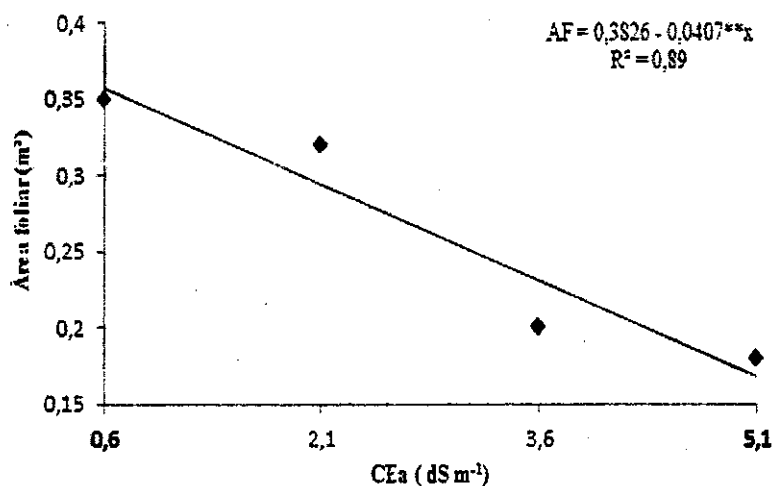
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade.

O efeito da salinidade na área foliar é apresentado na Figura 4, que mostra um decréscimo de caráter linear com o aumento da salinidade da água de irrigação, havendo uma redução de 51,13% do menor (0,6 dS m<sup>-1</sup>) para o maior (5,1 dS m<sup>-1</sup>) nível de salinidade, cujos valores foram de 0,35 e 0,17 m<sup>2</sup> respectivamente.

Dentre os mecanismos de adaptação a salinidade, a redução da área foliar e o controle na abertura dos estômatos são estratégias usadas pelas plantas para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em menor taxa fotossintética, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies sob condição de estresse salino (FLOWERS, 2004; DIAS & BLANCO, 2010).

Esses resultados estão associados aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais decorrentes da disponibilidade e acúmulo de sais na zona radicular da planta que afetam a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibem a expansão foliar e aceleram a senescência de folhas

maduras, reduzindo conseqüentemente a área destinada ao processo fotossintético e a produção total de fotoassimilados (MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2006; WILSON et al., 2006). Esta redução na área foliar também foi comprovada em plantas de feijão caupi por Silva (1998), Costa et al. (2003) e Aragão et al. (2005).



**Figura 4** – Área foliar de feijão caupi submetido ao estresse salino

Para as fitomassas secas de sementes, da raiz, da parte aérea e total a interação entre genótipo e salinidade foi significativa, realizando-se o desdobramento genótipos dentro dos níveis de salinidade.

Verifica-se na Tabela 6, o desdobramento para fitomassa seca de sementes dos genótipos dentro de cada nível de salinidade em que, o genótipo 4 foi o que obteve maior média (12,27 g) no nível que corresponde à água de abastecimento (0,6 dS m<sup>-1</sup>) sendo estatisticamente igual aos genótipos 2, 3, 8 e 9, e diferindo estatisticamente do genótipo 10 que obteve a menor média (5,07 g) no mesmo nível de salinidade. No nível 2 de salinidade (2,1 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo 8 obteve o maior valor de fitomassa seca de sementes (9,26 g) diferindo estatisticamente dos genótipos 3, 4 e 7; sendo a menor média (3,38 g) encontrada no 3. Dentro do nível 3 (3,6 dS m<sup>-1</sup>) de salinidade da água de irrigação não houve diferença estatística entre os genótipos; já para o nível mais elevado da água utilizada (5,1 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo que obteve o maior valor (7,46 g) foi o 1, não apresentando diferença estatística do genótipo 7 que obteve o menor valor (4,45 g).

Como o feijão caupi apresenta ampla variabilidade genética, pode-se encontrar, nas diferentes regiões do mundo, grandes diferenças nas produtividades das cultivares, em função

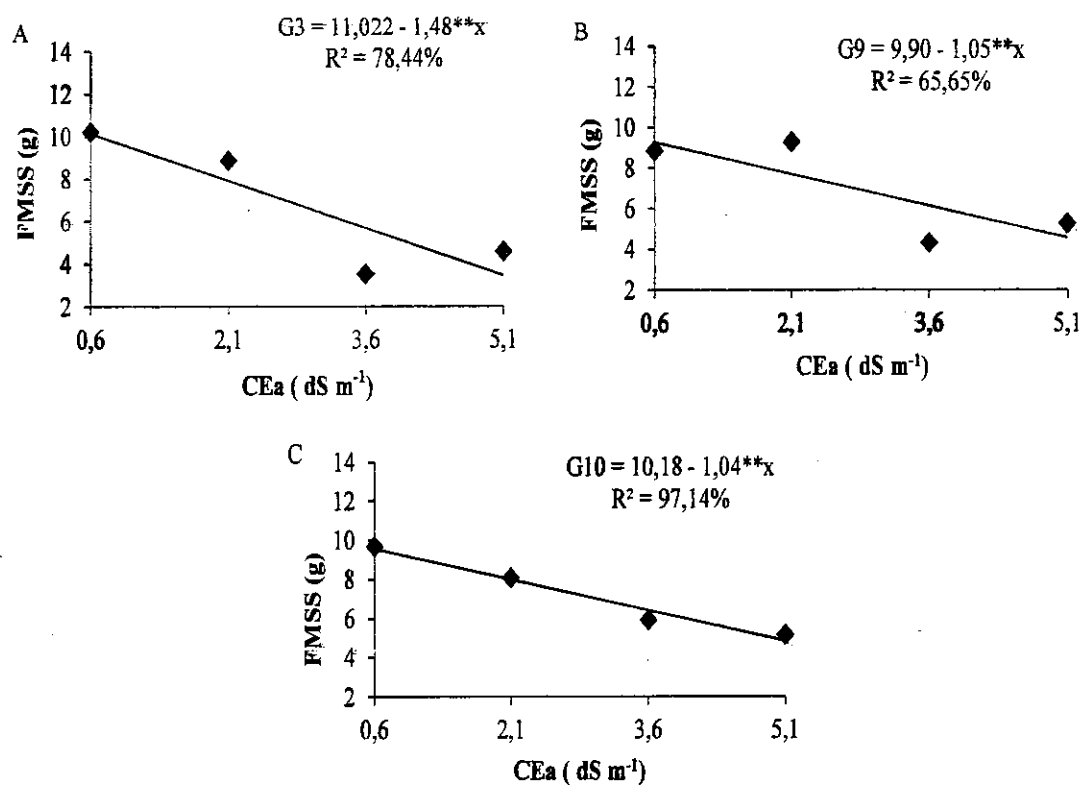
dos seus potenciais genéticos, das condições edafoclimáticas e das condições de cultivo (DADSON et al., 2005; FREIRE FILHO et al., 2005; AJEIGBE et al., 2006).

**Tabela 6** – Comparação de médias para fitomassa seca de sementes (FMSS) (g), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Desdobramento dos genótipos dentro de cada nível de salinidade |                        |                        |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Gen  | 0,6 dS m <sup>-1</sup> | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| FMSS   |                        |                        |                        |                        |
| G1   | 5,78 a b               | 8,24 b c d             | 6,92 a                 | 7,46 a                 |
| G2   | 10,22 b c              | 8,85 c d               | 3,53 a                 | 4,58 a                 |
| G3   | 8,32 a b c             | 3,38 a                 | 6,39 a                 | 5,26 a                 |
| G4   | 12,27 c                | 4,48 a b c             | 6,43 a                 | 5,62 a                 |
| G5   | 6,48 a b               | 7,94 b c d             | 6,10 a                 | 6,73 a                 |
| G6   | 7,12 a b               | 7,36 a b c d           | 5,85 a                 | 5,62 a                 |
| G7   | 6,35 a b               | 3,88 a b               | 7,25 a                 | 4,45 a                 |
| G8   | 8,83 a b c             | 9,26 d                 | 4,30 a                 | 5,25 a                 |
| G9   | 9,67 b c               | 8,06 b c d             | 5,91 a                 | 5,15 a                 |
| G10  | 5,07 a                 | 7,08 a b c d           | 7,51 a                 | 5,89 a                 |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

A aplicação de água salina reduziu linearmente a produção de fitomassa seca de sementes à medida que houve incremento da condutividade elétrica da água de irrigação, tendo o genótipo 3 a fitomassa seca de sementes reduzida 65,72% do menor nível de salinidade (0,6 dS m<sup>-1</sup>) para o maior nível (5,1 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 5A), no genótipo 9 constatou-se uma redução de 50,97% no seu peso do menor para o maior nível de salinidade (figura 5B), e o genótipo 10 reduziu seu peso em 48,97% do nível de salinidade 1(0,6 dS m<sup>-1</sup>) para o nível 4 (5,1 dS m<sup>-1</sup>) (Figura 5C). Para os demais genótipos nenhum modelo matemático se ajustou; fato confirmado por Ayers e Westcot (1999), a irrigação do feijão caupi com água salina com CEa de 6,0 dS m<sup>-1</sup> pode provocar redução de 50% no rendimento da cultura, resultado compatível com o encontrado no presente estudo.



**Figura 5** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para fitomassa seca de sementes de feijão caupi submetido ao estresse salino

No desdobramento para fitomassa seca de raiz (FMSR) (Tabela 7), o genótipo 5 foi o que obteve maior média (35,78 g) no nível que corresponde a água de abastecimento (0,6 dS m<sup>-1</sup>) diferindo estatisticamente do genótipo 9 que obteve a menor média (5,39 g) no mesmo nível de salinidade. Dentro do nível correspondente a 2,1 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica o genótipo que obteve maior média (25,46 g) foi o G3, diferindo estatisticamente dos genótipos 1, 4, 6, 8, 9 e 10; sendo a menor média (5,35 g) obtida com o genótipo 9. Para o nível 3 de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>) a maior média (18,81 g) foi encontrada com o genótipo 5, que diferiu estatisticamente dos genótipos 1, 3, 6, 9 e 10; o menor valor de fitomassa de raiz (3,51 g) foi encontrado com o genótipo 9. Já para o nível mais elevado da água utilizada (5,1 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo que obteve o maior valor (11,16 g) foi o G2, não apresentando diferença estatística entre os genótipos estudados. Resultados semelhantes foram encontrados por Neves, (2008) estudando irrigação do feijão de corda com água salina, em que o peso seco total dos grão decresceu com o aumento da salinidade da água de irrigação, fato também confirmado por Assis Júnior et al. (2007).



A FMSR dos genótipos de feijão caupi decresceu a medida que houve incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Esses resultados estão associados aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais decorrentes da disponibilidade e acúmulo de sais na zona radicular da planta que afetam a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, inibem a expansão foliar e aceleram a senescência de folhas maduras, reduzindo conseqüentemente a área destinada ao processo fotossintético e a produção total de fotoassimilados (MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2006; WILSON et al., 2006). É importante destacar que os resultados do presente estudo divergem dos obtidos por Assis Júnior et al. (2007), visto que esses autores verificaram que a irrigação com água salina (CEa de 5,0 dS m<sup>-1</sup>) provocou maior redução no crescimento vegetativo do que reprodutivo, com conseqüente aumento no índice de colheita. Salienta-se, que os referidos autores trabalharam com menor espaçamento entre fileiras de plantas, fato que pode alterar o padrão de crescimento da cultura.

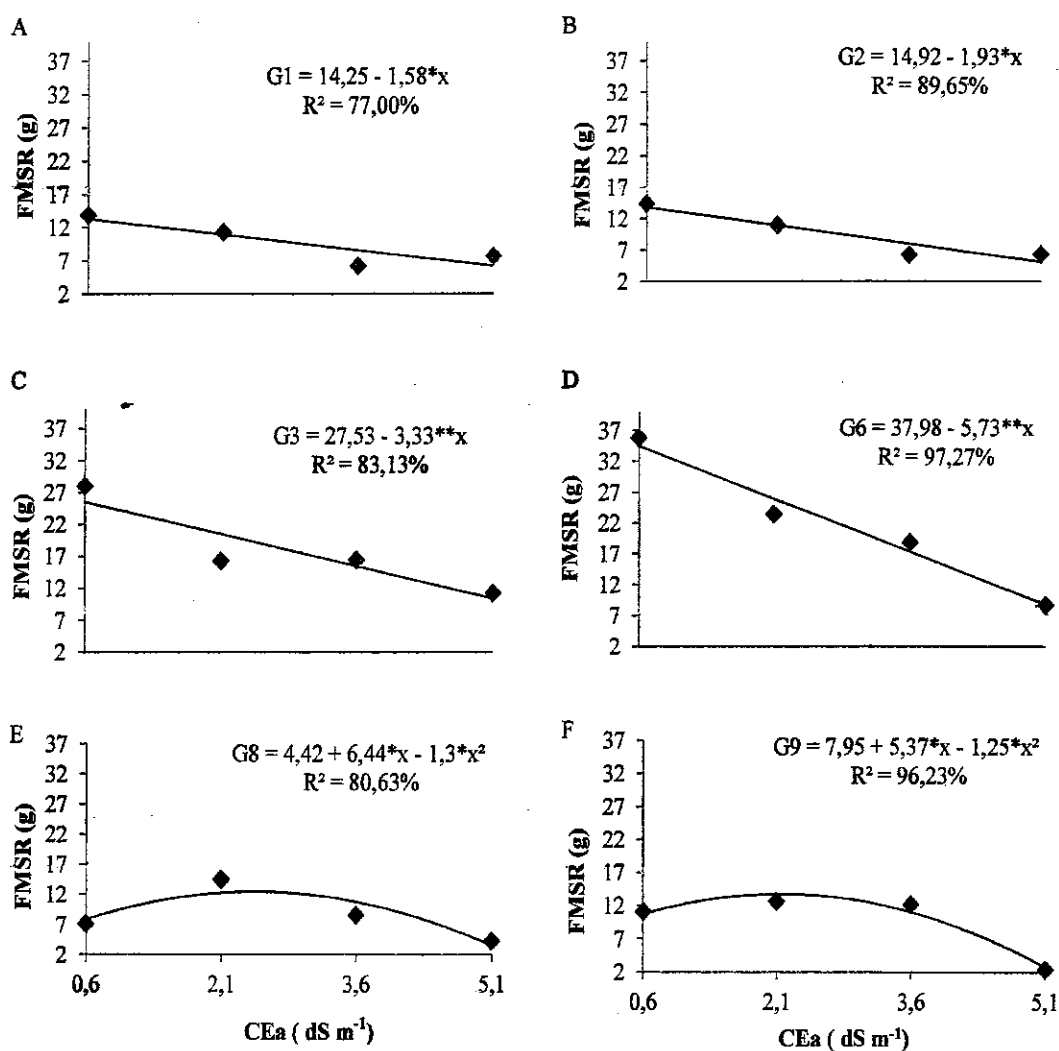
**Tabela 7** – Comparação de médias para fitomassa seca da raiz (FMSR) (g), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Desdobramento dos genótipos dentro de cada nível de salinidade |                        |                        |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Gen  | 0,6 dS m <sup>-1</sup> | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| FMSR   |                        |                        |                        |                        |
| G1   | 13,85 a                | 11,29 a b              | 6,14 a b               | 7,65 a                 |
| G2   | 28,03 b                | 16,22 a b c            | 16,35 b c              | 11,16 a                |
| G3   | 12,47 a                | 25,46 c                | 5,38 a b               | 8,13 a                 |
| G4   | 10,71 a                | 10,45 a                | 9,22 a b c             | 6,22 a                 |
| G5   | 35,78 b                | 23,35 b c              | 18,81 c                | 8,61 a                 |
| G6   | 31,46 b                | 8,49 a                 | 4,02 a                 | 8,85 a                 |
| G7   | 7,08 a                 | 14,42 a b c            | 8,57 a b c             | 4,21 a                 |
| G8   | 11,09 a                | 12,62 a b              | 12,13 a b c            | 2,37 a                 |
| G9   | 5,39 a                 | 5,35 a                 | 3,51 a                 | 3,71 a                 |
| G10  | 14,35 a                | 10,94 a                | 6,20 a b               | 6,25 a                 |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

Para o desdobramento da variável fitomassa seca de raiz nenhum modelo matemático se ajustou; em se tratando dos genótipos 4, 5, 7 e 10, para os genótipos 1, 2, 3 e 6 houve um decréscimo linear à medida em que se incrementou os níveis de salinidade para os demais genótipos o decréscimo foi quadrático. Os genótipos 1, 2, 3, 6, 8 e 9 tiveram um decréscimo de 53,45%; 61,11%; 58,69%; 75,36%; 55,85%; 61,53%, respectivamente (Figura 6).

Moya et al. (1999) sugerem que 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. Prisco (1980) esclarece que os sais na zona radicular da planta provocam redução da permeabilidade do sistema radicular à água, induzindo ao déficit hídrico que, por consequência, leva à redução na taxa de fotossíntese e na taxa de crescimento. Além disso, 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 (FAGERIA et al., 2010).



**Figura 6** -- Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para fitomassa seca de raiz de feijão caupi submetido ao estresse salino

Na Tabela 8 observa-se o teste de Tukey para os genótipos em cada nível de salinidade da água de irrigação para a fitomassa seca da parte aérea, em que o genótipo que obteve maior média (39,01 g) dentro do menor nível de salinidade (0,6 dS m<sup>-1</sup>) foi o G8; no entanto, diferiu estatisticamente apenas do genótipo 9 que obteve o menor valor (19,94 g). No nível 2 de salinidade (2,1 dS m<sup>-1</sup>) a maior média (31,01 g) foi obtida com o genótipo 4 que diferiu estatisticamente apenas do genótipo 9 onde se encontrou o menor valor de fitomassa seca da parte aérea. Para o nível 3 de salinidade (3,6 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo que obteve maior valor foi o 7 com uma média de 23,92 g que diferiu estatisticamente apenas dos genótipos 3 e 9, sendo o último o que obteve menor valor (8,61 g). A maior média (17,02 g) encontrada no nível 4 de salinidade (5,1 dS m<sup>-1</sup>) foi com o genótipo 5, não havendo diferença estatística entre os genótipos e o menor valor (6,65 g) obtido foi com genótipo 9.

Dantas et al. (2002) verificaram que quando houve aumento da salinidade em genótipos de feijão caupi, ocorreu uma redução na produção de matéria seca. A redução na biomassa do feijão caupi tem respaldo científico em diversos trabalhos que referenciam que o teor relativo de água nas folhas de plantas de caupi sob salinidade permanece quase inalterado, indicando um mecanismo protetor eficiente acoplado ao fechamento dos estômatos (DANTAS et al., 2002). Larcher (2006), afirma que a produção de biomassa é um bom critério para se avaliar o estresse salino em plantas.

**Tabela 8** – Comparação de médias para fitomassa seca da parte aérea (FMSPA) (g), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Desdobramento dos genótipos dentro de cada nível de salinidade |                        |                        |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Gen  | 0,6 dS m <sup>-1</sup> | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| FMSPA  |                        |                        |                        |                        |
| G1   | 25,77 a b              | 30,02 b                | 11,03 a b              | 10,46 a                |
| G2   | 33,03 a b              | 22,91 a b              | 23,18 a b              | 12,40 a                |
| G3   | 26,44 a b              | 26,20 a b              | 9,04 a                 | 11,74 a                |
| G4   | 36,73 b                | 31,01 b                | 13,08 a b              | 9,93 a                 |
| G5   | 37,11 b                | 24,40 a b              | 17,98 a b              | 17,02 a                |
| G6   | 25,74 a b              | 16,62 a b              | 11,84 a b              | 19,84 a                |
| G7   | 33,95 a b              | 28,45 b                | 23,92 b                | 12,06 a                |
| G8   | 39,01 b                | 24,20 a b              | 11,86 a b              | 10,79 a                |
| G9   | 19,94 a                | 12,10 a                | 8,61 a                 | 6,65 a                 |
| G10  | 35,06 b                | 30,22 b                | 14,46 a b              | 12,16 a                |

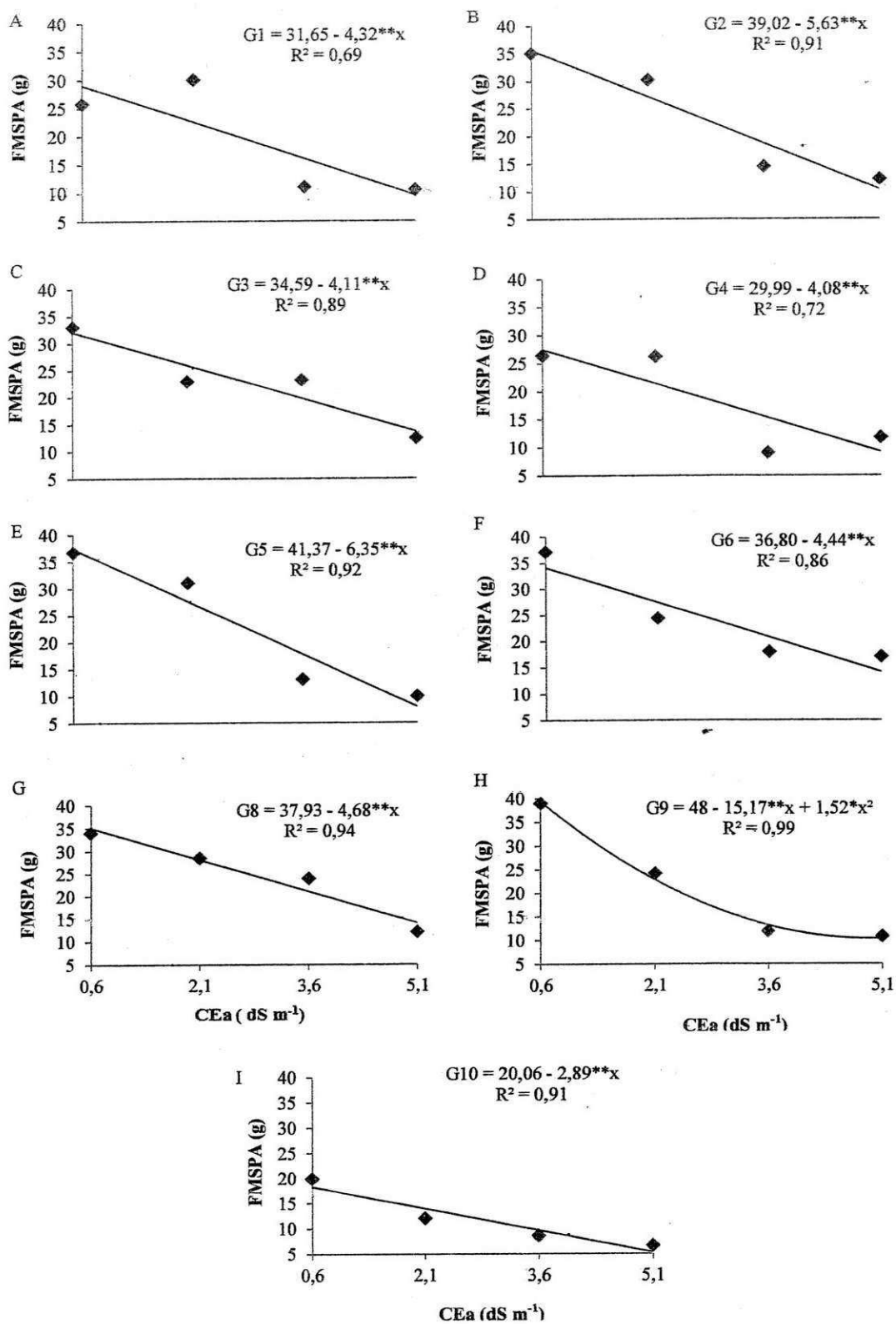
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

A aplicação de água salina (Figura 7) reduziu linearmente a produção de fitomassa seca da parte aérea com o incremento dos níveis de salinidade. Apenas para o genótipo 7 nenhum modelo matemático se ajustou. Para os demais genótipos o comportamento foi similar em que os genótipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 sofreram redução de 66,90%; 71,08%; 57,57%; 66,66%; 76,08%; 58,53%; 59,96%; 70,48% e 70,96%, respectivamente.

Essa redução na fitomassa seca da parte aérea verificada com o aumento da salinidade da água ocorreu, possivelmente, devido ao efeito osmótico dos sais em torno das raízes e do acúmulo de íons potencialmente tóxicos ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) nos tecidos foliares. Como consequência, a planta passou a exercer um controle maior na abertura dos estômatos para evitar a excessiva perda de água por transpiração. Entretanto, o fechamento dos estômatos afeta a difusão do  $\text{CO}_2$  para dentro das células, com consequente redução na taxa de fotossíntese e crescimento da planta (LARCHER, 2006; SOUZA et al. 2011).

Na avaliação do crescimento de três cultivares de feijão vigna submetidos a estresses salinos de 2 e 10  $\text{dS m}^{-1}$ , 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%, para as cultivares Akshay-102, Gomtivu-89 e Pusa Falguni, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas et al (2002) em que quando houve aumento da salinidade em genótipos de feijão caupi, ocorreu redução na produção de fitomassa seca.



**Figura 7** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para fitomassa seca da parte aérea de feijão caupi submetido ao estresse salino

Analisando a fitomassa seca total tem-se, na Tabela 9, o comportamento dos genótipos nos níveis salinos da água de irrigação. Observa-se que no nível correspondente à água de abastecimento ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) o genótipo 5 obteve maior média (72,89 g) enquanto os genótipos 6 e 2 foram os únicos que não diferiram estatisticamente em relação ao genótipo 5, sendo a menor média observada no genótipo 9 (25,34 g). No segundo nível de salinidade ( $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) observa-se que o genótipo 3 obteve maior valor de fitomassa total (51,66 g) diferindo estatisticamente dos genótipos 6 e 9, sendo o G9 o que alcançou o menor valor de 17,45 g. Para o nível correspondente a  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ , a maior média (39,53 g) foi para o genótipo 2 que diferiu estatisticamente dos genótipos 1, 3, 6, 9 e 10; o menor valor observado foi para o genótipo 9 com média de 12,13 g. Para o maior nível de salinidade ( $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) não houve efeito significativo entre os genótipos evidenciando o efeito negativo da salinidade da água de irrigação sobre a FMST.

De acordo com Brito et al. (2008) o acúmulo de fitomassa seca total se destaca como o parâmetro de crescimento vegetal mais afetado pela salinidade, sendo indicado para a avaliação de efeitos da salinidade sobre as culturas, concordando com os resultados obtidos no presente estudo uma vez que todos os genótipos estudados diferiram estatisticamente dentro dos níveis de salinidade adotados no experimento.

**Tabela 9** – Comparação de médias para fitomassa seca total (FMST) (g), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

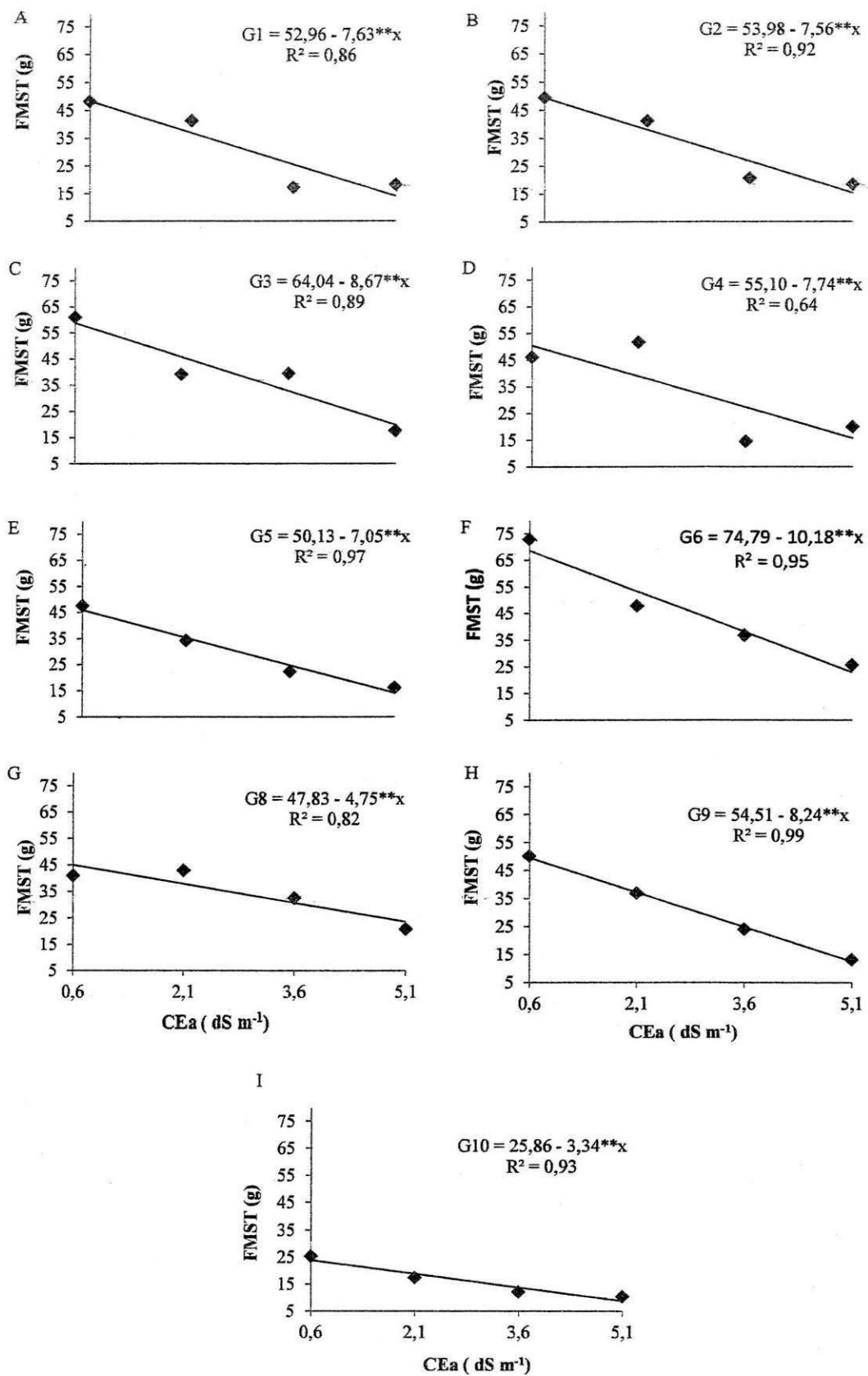
| Gen | Desdobramento dos genótipos dentro de cada nível de salinidade |                         |                         |                         |
|-----|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|     | $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  | $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ | $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ | $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ |
|     | FMST   |                         |                         |                         |
| G1  | 48,23 bc   | 41,31 bc                | 17,18 ab                | 18,12 a                 |
| G2  | 61,07 cd   | 39,14 bc                | 39,53 d                 | 17,57 a                 |
| G3  | 46,17 bc   | 51,66 c                 | 14,43 ab                | 19,87 a                 |
| G4  | 47,44 bc   | 34,23 abc               | 22,30 abcd              | 16,15 a                 |
| G5  | 72,89 d  | 47,76 c                 | 36,79 cd                | 25,64 a                 |
| G6  | 57,20 bcd  | 25,12 ab                | 15,87 ab                | 28,70 a                 |
| G7  | 41,03 ab   | 42,87 bc                | 32,50 bcd               | 20,70 a                 |
| G8  | 50,10 bc   | 36,82 bc                | 23,99 abcd              | 13,16 a                 |
| G9  | 25,34 a  | 17,45 a                 | 12,13 a                 | 10,37 a                 |
| G10 | 49,42 bc   | 41,17 bc                | 20,67 abc               | 18,42 a                 |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

No desdobramento para a fitomassa seca total todos os genótipos decresceram linearmente à medida que se aumentou a salinidade da água. Verificou-se uma redução

expressiva do menor nível para o maior nível de com uma diminuição de 70,97%; 68,81%; 63,31%; 69,03%; 69,12%; 66,70%; 47,52%; 74,81%; e 63,00% para os genótipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 respectivamente (Figura 8).

Estes resultados mostram que os genótipos não suportam o estresse salino do qual foram submetidos. Fato também confirmado por Souza et al. (2007) ao estudarem o efeito da salinidade no caupi, cv. Pitiúba, encontraram diminuição da matéria seca total com o aumento do nível da salinidade na água de irrigação. As alterações na distribuição percentual da matéria seca provocadas pelo estresse salino são condizentes com o fato de que a salinidade, além de reduzir a produção de biomassa pode também alterar a partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas (SILVA, 2003). Tawfik (2008) também verificou redução do crescimento e rendimento do feijão vigna com o aumento das concentrações de NaCl (0, 25, 50 e 75 mM).



**Figura 8** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para fitomassa seca total de feijão caupi submetido ao estresse salino



#### 4.2. Variáveis fisiológicas

Os resultados da análise de variância (ANAVA) referentes aos pigmentos fotossintéticos apresentados na Tabela 10, demonstram que para a clorofila a e para o índice relativo de clorofila (SPAD) apenas o fator genótipo foi significativo ao nível de 5% de probabilidade. Para a clorofila b, carotenoides e relação clorofila total/carotenoides a interação entre os fatores genótipo e salinidade foi significativa a 1% de probabilidade. Já para as variáveis clorofila total e relação clorofila a/clorofila b os fatores genótipo e salinidade quando isolados foram significativos a 1% de probabilidade.

**Tabela 10** – Valores do quadrado médio e significância estatística para as clorofilas a, b, total, carotenoides e as relações clorofila a/ clorofila b e clorofila total/carotenoides, em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), irrigadas com água salina.

| Fonte de Variação | GL | Quadrados Médios       |             |                         |                     |                        |               |                       |
|-------------------|----|------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|------------------------|---------------|-----------------------|
|                   |    | Clor A                 | Clor B      | Clor total              | Carot. <sup>1</sup> | Cl a/Cl b <sup>1</sup> | Cl tot./Carot | SPAD                  |
| Genótipo (G)      | 9  | 293490,56*             | 342541,14** | 1055286,15**            | 45,36**             | 0,184**                | 9,85**        | 259,474*              |
| Salinidade (S)    | 3  | 66723,05 <sup>ns</sup> | 845619,69** | 1471609,29**            | 8,99 <sup>ns</sup>  | 0,378**                | 2,77**        | 7,542 <sup>ns</sup>   |
| Interação G x S   | 27 | 43022,18 <sup>ns</sup> | 114558,64** | 115338,95 <sup>ns</sup> | 23,83**             | 0,05 <sup>ns</sup>     | 3,89**        | 108,101 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 80 | 54560,81               | 37567,6500  | 141855,3600             | 6,34                | 0,037                  | 0,66          | 84,902                |
| CV                |    | 24,62                  | 29,32       | 22,88                   | 19,10               | 15,20                  | 23,74         | 16,42                 |

\*Significativo pelo teste F a 5% e \*\* a 1%; ns = não significativo; <sup>1</sup>Dados transformados em raiz quadrada de X.

Para o índice relativo de clorofila (SPAD) (Tabela 11) observa-se, na comparação de médias que o genótipo que obteve maior média (62,15%) foi o genótipo 8 diferindo estatisticamente apenas dos genótipos 1 e 2, em que o genótipo que obteve a menor média (47,95%) foi o G2. Segundo Jamil et al. (2007) as plantas fecham seus estômatos diminuindo a fixação de carbono fotossintético. Isto ocorre porque, em resposta à condição de elevada salinidade do solo, as plantas desenvolvem várias alterações fisiológicas e bioquímicas (LIMA et al., 1997).

Para a variável clorofila a apenas o fator genótipo foi significativo a 5% sendo o genótipo 2 o que obteve maior média (1344,29  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$ ), diferindo estatisticamente dos demais genótipos, onde o genótipo que obteve a menor média (788,38  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$ ) foi o 3, (Tabela 10); já para a variável clorofila total os fatores genótipo e salinidade quando isolados obtiveram significância a 1% de probabilidade. Analisando a comparação de médias para o fator genótipo, o que obteve maior média para clorofila total foi o genótipo 2, com média de

2151,24  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$  diferindo estatisticamente dos genótipos 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10, sendo o genótipo 3 o que obteve menor média (1210,86  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$ ) como mostra a Tabela 10.

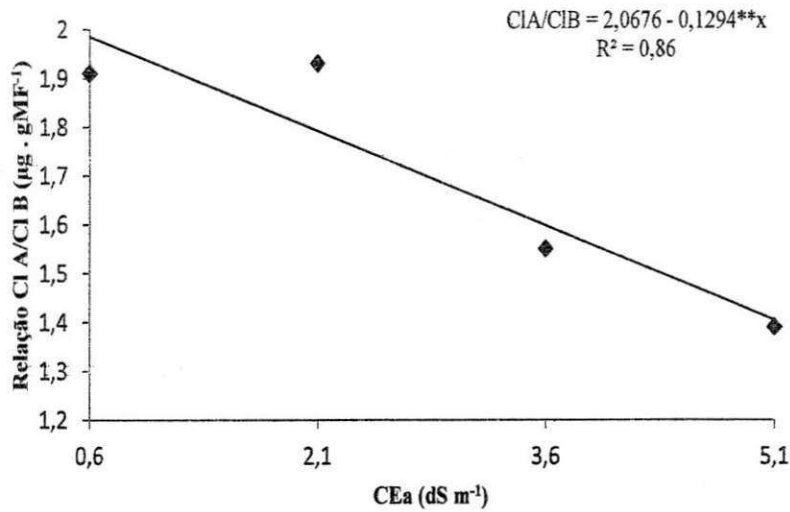
Similar à clorofila total para a relação clorofila *a*/clorofila *b* os fatores genótipo e salinidade isoladamente foram significativos a 1% de probabilidade. Analisando a comparação de médias para a relação clorofila *a*/clorofila *b* observa-se que o genótipo 6 foi o que obteve maior média (2,18  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$ ) diferindo estatisticamente apenas do genótipo 4 que obteve a menor média (1,26  $\mu\text{g.gMF}^{-1}$ ) (Tabela 11).

**Tabela 11** – Comparação de médias para as variáveis clorofila *a*, clorofila total, relação clorofila *a/b* e índice relativo de clorofila (SPAD), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Gen | Clor A    | Clor Total    | CI A/CI B    | SPAD        |
|-----|-----------|---------------|--------------|-------------|
| G1  | 980,16 a  | 1793,00 b c d | 1,42 a b     | 49,18 a b   |
| G2  | 1344,29 b | 2151,24 d     | 1,58 a b c d | 47,95 a     |
| G3  | 788,38 a  | 1210,86 a     | 2,21 d       | 58,30 a b c |
| G4  | 863,16 a  | 2032,64 c d   | 1,26 a       | 55,87 a b c |
| G5  | 1031,76 a | 1561,08 a b c | 2,01 b c d   | 56,69 a b c |
| G6  | 912,76 a  | 1396,09 a b   | 2,18 c d     | 61,07 b c   |
| G7  | 955,85 a  | 1815,61 b c d | 1,59 a b c d | 57,13 a b c |
| G8  | 827,57 a  | 1578,89 a b c | 1,54 a b c   | 62,15 c     |
| G9  | 881,30 a  | 1415,07 a b   | 1,57 a b c d | 58,92 a b c |
| G10 | 902,24 a  | 1506,41 a b   | 1,57 a b c d | 53,90 a b c |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 9 observa-se a regressão da relação clorofila *a*/clorofila *b* para o fator quantitativo, em que houve um decréscimo linear com incremento dos níveis salinos da água de irrigação, decrescendo 29,26% do menor nível (0,6 dS  $\text{m}^{-1}$ ) para o maior nível de salinidade (5,1 dS  $\text{m}^{-1}$ ).

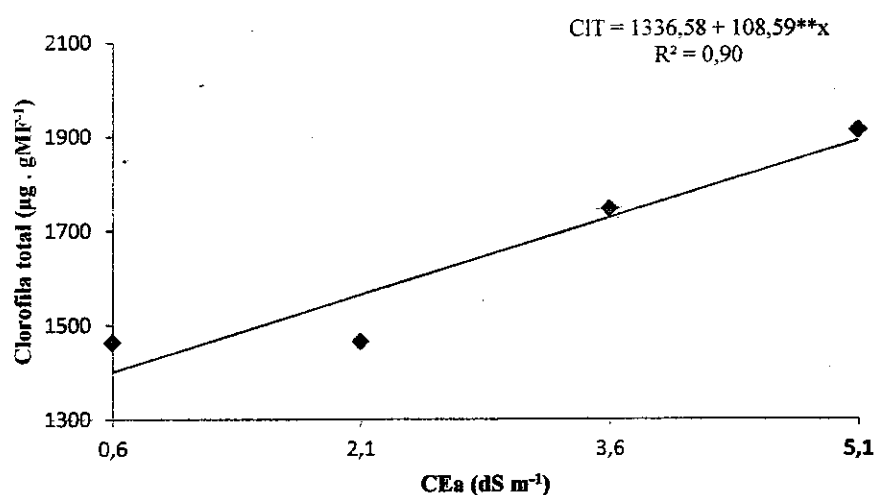


**Figura 9** – Relação clorofila a/clorofila b de feijão caupi submetido ao estresse salino

Esses resultados diferem das constatações de Andrade et al (2012) trabalhando também com diferentes genótipos de feijão caupi irrigados com água salina, em que houve um crescimento linear nos valores da relação clorofila *a/b* com o aumento dos níveis da água de irrigação.

Na Figura 10 pode-se observar a regressão para a salinidade da variável clorofila total, em que a regressão foi linear crescente, com o incremento dos níveis salinos da água de irrigação, com um aumento de 34,86% do menor nível de salinidade (0,6 dS m<sup>-1</sup>) para o maior nível (5,1 dS m<sup>-1</sup>).

Trabalhando com a cultura do amendoim (cultivar BR-1), Graciano et al (2011) observaram aumento de 54% dos teores de pigmentos fotossintéticos quando as plantas foram submetidas a salinidade de 8,5 dS m<sup>-1</sup>, em relação a comparação com a testemunha (1,0 dS m<sup>-1</sup>).



**Figura 10** – Clorofila total de feijão caupi submetido ao estresse salino

Segundo Santos (2004) a enzima clorofilase é estimulada a sintetizar clorofila nos primeiros dias de exposição ao estresse (estresse moderado), entretanto, essa atividade é fortemente inibida por alta concentração salina, fato que possivelmente explica o aumento dos teores de clorofila logo após se iniciar o segundo nível de estresse (2,1 dS m<sup>-1</sup>) ao qual as plantas foram submetidas.

Para as variáveis clorofila *b*, carotenoides e relação clorofila total/carotenoides a interação entre genótipo e níveis salinos da água de irrigação foi significativo a 1% de probabilidade realizando-se seu desdobramento.

Na Tabela 12 temos o teste de Tukey dos genótipos dentro de cada nível salino para a variável clorofila *b*, sendo o genótipo 2 o que obteve maior média (868,55 µg.gMF<sup>-1</sup>) dentro do menor nível salino (0,6 dS m<sup>-1</sup>) diferindo estatisticamente apenas do genótipo 6 que obteve menor média (245,1255 µg.gMF<sup>-1</sup>). No segundo nível salino (2,1 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo que obteve maior média (814,93 g) foi o G2 não diferindo estatisticamente dos demais sendo o genótipo 6 o que obteve a menor média 343,70µg gMF<sup>-1</sup>. Para o nível salino 3 (3,6 dS m<sup>-1</sup>) o genótipo que se destacou obtendo a maior média 1295,65µg gMF<sup>-1</sup> foi o 4, que diferiu estatisticamente dos genótipos 1, 2, 5, 6, 7, 9 e 10. Analisando o comportamento dos genótipos dentro do maior nível (5,1 dS m<sup>-1</sup>) salino observa-se que o genótipo que obteve maior valor de clorofila *b* foi também o G2 com uma média de 1401,47µg gMF<sup>-1</sup> diferindo estatisticamente dos genótipos 3, 5 6, 7, 8, 9 e 10; tendo o genótipo 3 obtido a menor média (436,92µg gMF<sup>-1</sup>).

**Tabela 12** – Comparação de médias para a variável clorofila b ( $\mu\text{g gMF}^{-1}$ ), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Gen         | Desdobramento da Interação G x S |                        |                        |                        |
|-------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|             | 0,6 dS m <sup>-1</sup>           | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| Clorofila b |                                  |                        |                        |                        |
| G1          | 527,63 a b                       | 508,41 a               | 971,91 b c             | 1243,39 c d            |
| G2          | 868,55 b                         | 814,93 a               | 594,79 a b             | 1401,47 d              |
| G3          | 414,31 a b                       | 397,23 a               | 441,47 a               | 436,92 a               |
| G4          | 679,38 a b                       | 433,93 a               | 1295,65 c              | 1213,03 b c d          |
| G5          | 503,40 a b                       | 590,86 a               | 560,58 a b             | 636,52 a               |
| G6          | 245,12 a                         | 343,70 a               | 662,40 a b             | 682,10 a               |
| G7          | 561,99 a b                       | 606,04 a               | 983,66 b c             | 528,74 a               |
| G8          | 446,61 a b                       | 456,22 a               | 753,57 a b             | 865,64 a b c           |
| G9          | 439,36 a b                       | 504,17 a               | 613,59 a b             | 719,45 a b             |
| G10         | 641,11 a b                       | 363,96 a               | 904,01 a b c           | 588,25 a               |

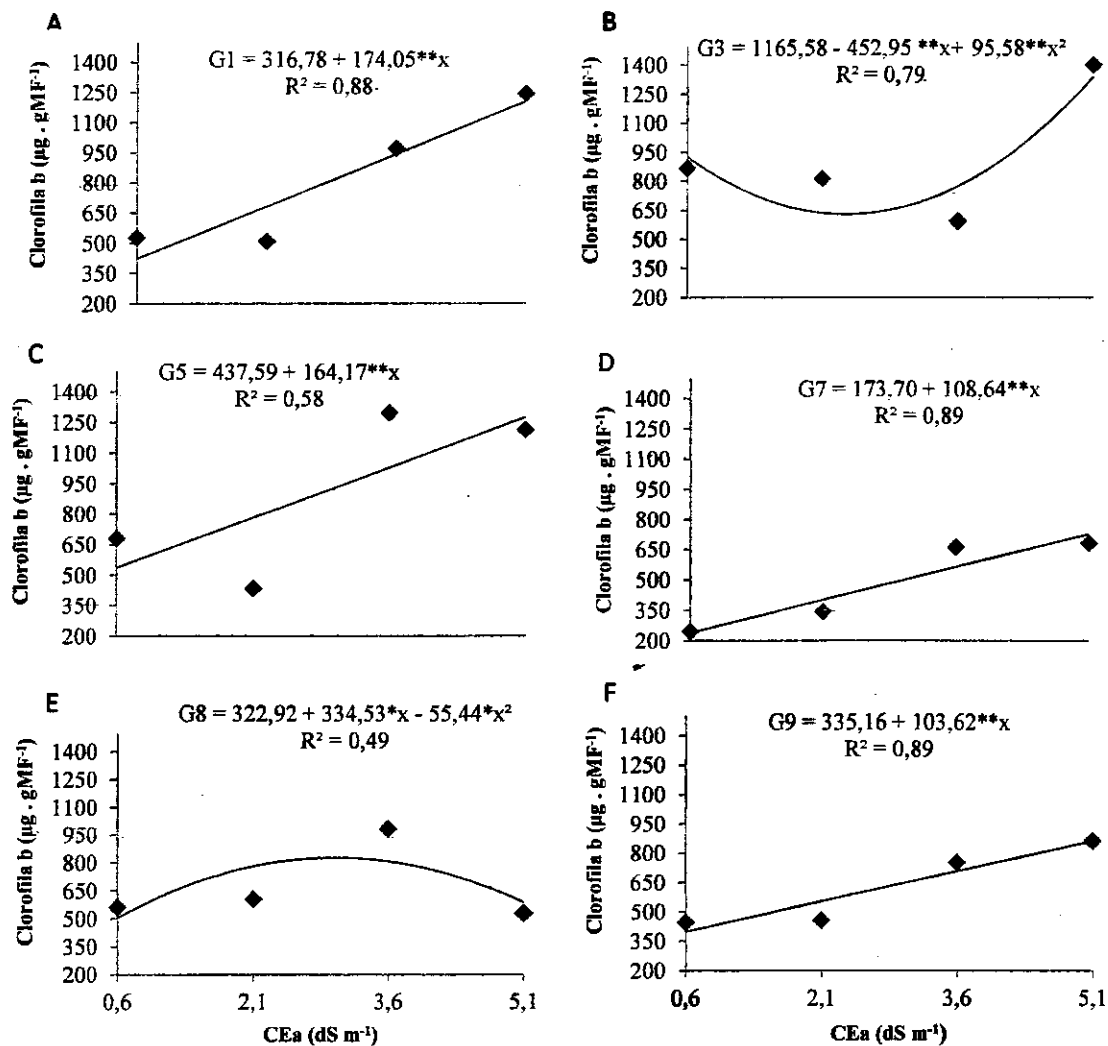
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 11 constata-se o desdobramento do fator quantitativo para a variável clorofila b, em que o comportamento dos níveis salinos dentro dos genótipos 1, 5, 7 e 9 foi linear crescente com o incremento dos níveis salinos da água de irrigação, havendo um aumento de respectivamente 65,03%; 57,95%; 67,17% e 54,00%, do menor (0,6 dS m<sup>-1</sup>) para o maior nível (5,1 dS m<sup>-1</sup>). Para o genótipo 3 a curva que melhor se ajustou foi a quadrática, ocorrendo um decréscimo a partir do primeiro nível de salinidade até o nível 3 (3,6 dS m<sup>-1</sup>), com posterior acréscimo nos valores de clorofila b até o nível mais alto (5,1 dS m<sup>-1</sup>), sendo o incremento de 42,33%. Fato este ocorrido em função da atividade enzimática envolvida no processo de síntese de clorofila, uma vez que na presença de concentração salina elevada a atividade da enzima clorofilase é inibida favorecendo, com isto, o aumento nos teores de clorofila b.

De acordo com os estudos de regressão, a curva que melhor se ajustou foi a quadrática para o genótipo 8 (Figura 11), com reduções nos valores médios desse genótipo à medida que se o nível de salinidade na água de irrigação aumentou acima de 3,6 dS m<sup>-1</sup>, sendo a diferença entre o nível 3,6 e 5,1 dS m<sup>-1</sup> de 27,41%, entretanto, para os demais genótipos nenhum modelo matemático se ajustou.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lacerda et al. (2006), nos quais o teor de clorofila no feijão vigna (cultivar Pitiúba) aumentou quando as plantas foram submetidas à salinidade de 75 mM de NaCl (8,5 dS m<sup>-1</sup>). Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética

de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes, é o conteúdo de clorofila e carotenoides, além da concentração total desses pigmentos (RÊGO; POSSAMAI, 2004).



**Figura 11** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para clorofila b de feijão caupi submetido ao estresse salino

Para os carotenoides, pode-se observar, na comparação de médias, que no menor nível salino ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) o genótipo que obteve maior valor foi o G9 com uma média de  $249,78 \mu\text{g gMF}^{-1}$  diferindo estatisticamente apenas do genótipo 2 que obteve a menor ( $68,36 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ). No nível de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  pode-se observar que o genótipo que teve maior valor para os carotenoides foi o G9 diferindo estatisticamente dos genótipos 8 e 4, sendo o G4 o que obteve a menor média ( $101,98 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ), enquanto para o nível 3 de salinidade ( $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ )

destaca-se o genótipo 10, com a maior média ( $420,59 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ) que diferiu estatisticamente dos genótipos 1, 3, 4, 6 e 9, sendo que o genótipo 1 obteve o menor valor ( $38,18 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ). Observa-se no maior nível salino que os genótipos 7 e 10 obtiveram o menor ( $75,27 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ) e maior valor ( $273,32 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ) respectivamente (Tabela 13).

Em resposta às condições de alta salinidade do solo, as plantas desenvolvem diversas alterações fisiológicas e bioquímicas (MUNNS; COMPARAÇÃO, 2008). Em plantas submetidas à salinidade, uma diminuição na concentração de clorofila pode ser atribuída ao aumento da atividade da enzima que degrada a clorofila clorofilase (SHARMA; HALL, 1991).

**Tabela 13** – Comparação de médias para os carotenoides ( $\mu\text{g gMF}^{-1}$ ), em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

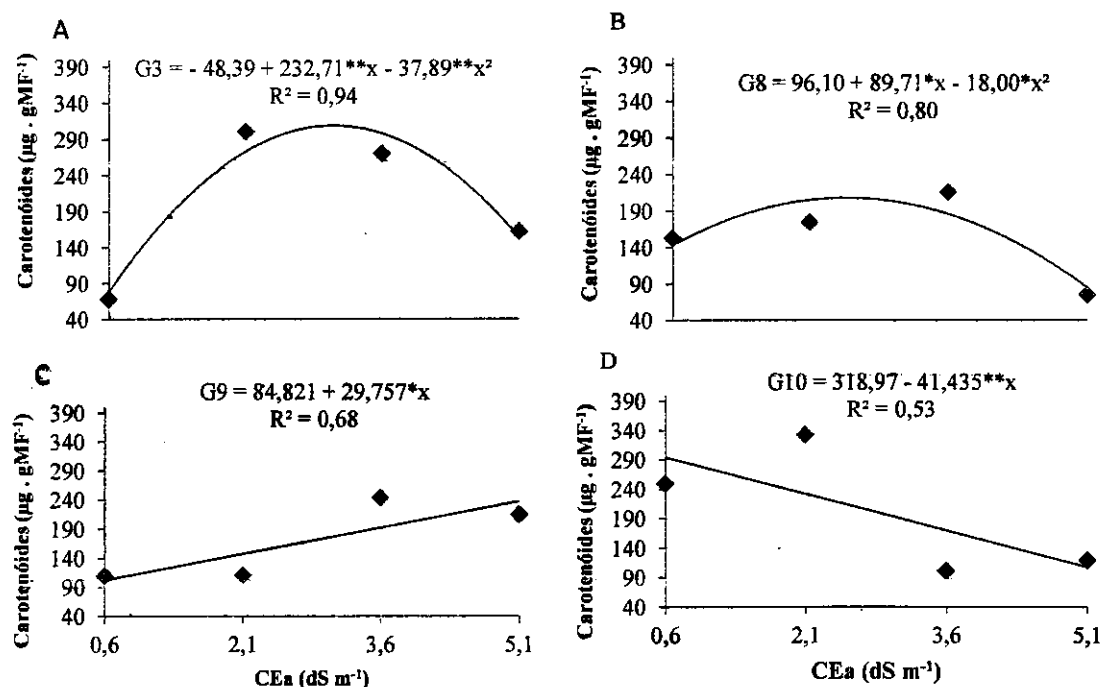
| Gen          | Desdobramento da Interação G x S |                        |                        |                        |
|--------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|              | 0,6 dS m <sup>-1</sup>           | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| Carotenoides |                                  |                        |                        |                        |
| G1           | 137,03 a b                       | 214,84 a b             | 38,18 a                | 115,72 a b             |
| G2           | 68,36 a                          | 300,85 b               | 270,53 b c             | 161,94 a b             |
| G3           | 228,13 a b                       | 186,85 a b             | 201,32 a b             | 180,70 a b             |
| G4           | 163,95 a b                       | 101,98 a               | 47,30 a                | 145,44 a b             |
| G5           | 186,79 a b                       | 255,48 a b             | 241,63 b c             | 250,76 b               |
| G6           | 147,47 a b                       | 170,88 a b             | 187,71 b               | 226,90 a b             |
| G7           | 153,52 a b                       | 174,89 a b             | 215,95 b c             | 75,27 a                |
| G8           | 109,50 a b                       | 111,22 a               | 243,65 b c             | 214,14 a b             |
| G9           | 249,78 b                         | 332,62 b               | 101,49 a b             | 119,65 a b             |
| G10          | 242,56 b                         | 221,07 a b             | 420,59 c               | 273,32 b               |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

Segundo os resultados obtidos para a variável carotenoides desdobramento do fator salinidade dentro dos genótipos 3 e 8 (Figura 12), verifica-se na análise de regressão que o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, com reduções da ordem de 44,03 e 40,44%, respectivamente para o incremento entre 3,6 e 5,1 dS m<sup>-1</sup> da condutividade elétrica da água de irrigação, acima da salinidade limiar que foi de 3,6 dS m<sup>-1</sup> para os genótipos estudados. Para o genótipo 9 houve um crescimento linear de 56,60% do nível 0,6 dS m<sup>-1</sup> para o nível 5,1 dS m<sup>-1</sup> de salinidade; já para o genótipo 10 houve um decréscimo linear de 63,40%

do menor para o maior nível de salinidade. Para os demais genótipos nenhum modelo matemático foi ajustado.

Andrade et al (2012) trabalhando com feijão caupi irrigado com água salina encontraram resultados que corroboram com os encontrados neste trabalho em que o teor de carotenoides decresceu com o aumento da salinidade, não confirmando apenas o resultado encontrado com o genótipo 9.



**Figura 12** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para carotenoides em feijão caupi submetido ao estresse salino

Para a relação clorofila total/carotenoides, realizou-se o desdobramento sendo feita comparação de Tukey para os fatores qualitativos e regressão para os quantitativos. Observa-se, na Tabela 14 que no nível correspondente à água de abastecimento ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) o genótipo que obteve maior média foi o 2 com um valor de  $32,34 \mu\text{g gMF}^{-1}$  diferindo estatisticamente do genótipo 9, que obteve menor valor ( $5,26 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ). Para o nível 2 de salinidade ( $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) a maior ( $43,89 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ) foi obtida com o genótipo 4, não diferindo estatisticamente apenas do genótipo 8, sendo o 9 o que obteve a menor média ( $3,57 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ). O genótipo 1 foi o que obteve a maior média ( $52,44 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ), dentro do nível  $5,1 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica, não diferindo estatisticamente apenas dos genótipos 4 e 9, obtendo a menor média ( $4,40 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ) o genótipo 10; já no nível mais alto de salinidade ( $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) o genótipo que se



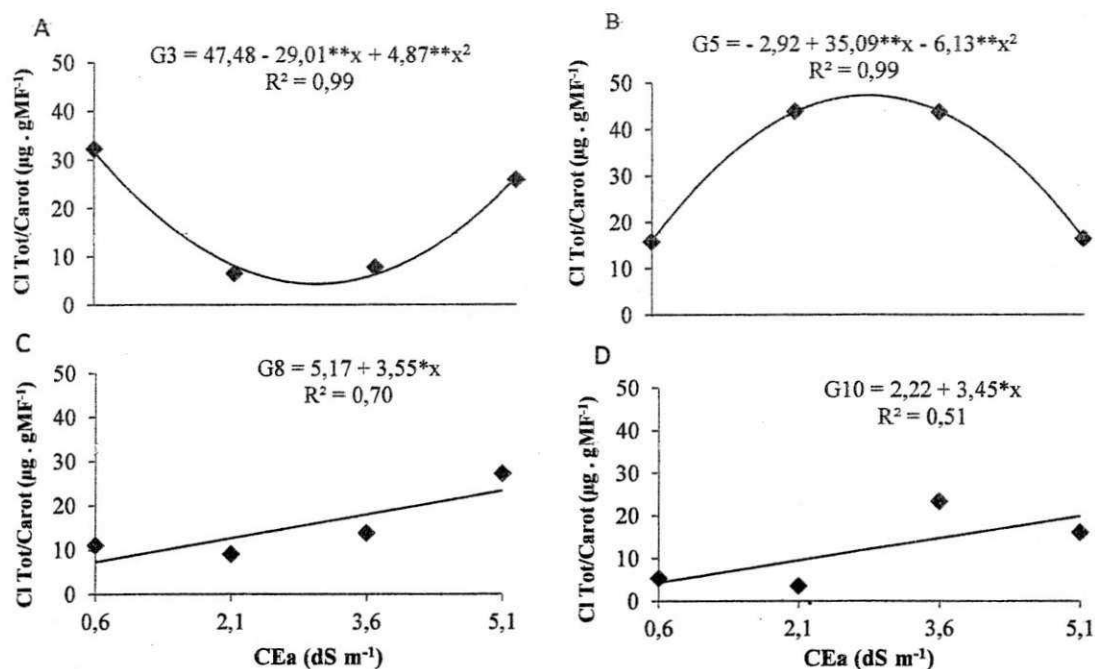
destacou obtendo a maior média foi o 7 que estatisticamente diferiu do genótipo 5 que obteve a menor média ( $6,36 \mu\text{g gMF}^{-1}$ ).

**Tabela 14** – Comparação de médias para a relação clorofila total/carotenoides ( $\mu\text{g gMF}^{-1}$ ) em plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando irrigadas com água de diferentes condutividades elétricas.

| Desdobramento da Interação G x S     |                        |                        |                        |                        |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Gen                                  | 0,6 dS m <sup>-1</sup> | 2,1 dS m <sup>-1</sup> | 3,6 dS m <sup>-1</sup> | 5,1 dS m <sup>-1</sup> |
| Relação clorofila total/carotenoides |                        |                        |                        |                        |
| G1                                   | 11,12 a                | 7,97 a b               | 52,55 c d              | 20,31 a b              |
| G2                                   | 32,34 b                | 6,54 a                 | 7,76 a b               | 25,86 b                |
| G3                                   | 6,05 a                 | 6,33 a                 | 5,81 a                 | 8,89 a                 |
| G4                                   | 15,85 a b              | 43,89 c                | 43,66 c d              | 16,45 a b              |
| G5                                   | 8,75 a                 | 7,75 a                 | 5,38 a                 | 6,36 a                 |
| G6                                   | 6,05 a                 | 7,56 a                 | 9,32 a b               | 7,82 a                 |
| G7                                   | 11,05 a                | 9,09 a b               | 13,78 a b              | 27,25 b                |
| G8                                   | 13,39 a b              | 24,22 b c              | 6,24 a                 | 9,35 a b               |
| G9                                   | 5,36 a                 | 3,57 a                 | 23,30 b c              | 16,08 a b              |
| G10                                  | 6,20 a                 | 4,65 a                 | 4,40 a                 | 6,82 a                 |

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela comparação de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 13 observa-se a regressão dos sais dentro dos genótipos para a relação clorofila total/carotenoides em que a curva para o genótipo 3 foi polinomial havendo um decréscimo de 74,79% do nível de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  para o nível de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , verificando-se, a partir deste ponto, um crescimento de 69,33% até o nível de  $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ . A curva que melhor se ajustou para o genótipo 5 foi a quadrática sendo o limiar de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , ou seja, o limite máximo de salinidade para o genótipo em que este não reduziu sua relação clorofila total carotenoides, sendo o decréscimo a partir deste nível de 54,74% até o último nível de salinidade usado neste estudo. Para os genótipos 8 e 10, os comportamentos das curva de regressão foram similares, ocorrendo um crescimento linear de 68,63% e 78,35% respectivamente do menor ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) para o maior nível ( $5,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) de salinidade da água de irrigação, não havendo mais nenhum modelo matemático ajustável aos demais genótipos.



**Figura 13** – Desdobramento da salinidade dentro de cada genótipo para relação clorofila total/carotenoides de feijão caupi submetido ao estresse salino

Andrade et al ( 2012) encontraram, estudando diferentes genótipos de feijão caupi irrigados com água salina aos 40 dias após a emergência, resultados divergentes dos resultados encontrados neste estudo, em que houve um decréscimo da relação clorofila total/carotenoides com o aumento da salinidade. Os pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenoides) são essenciais para o desenvolvimento das plantas, por serem responsáveis pela captura da energia solar incidente necessária à fotossíntese (NASCIMENTO, 2009).

Com base na produção de fitomassa e na quantificação de pigmentos fotossintéticos, identifica-se que os genótipos mais tolerantes à salinidade da água de irrigação, foram os genótipos 1 (MNCO1-649F-2-1), 2 (MNCO3-736F-2), 5 (BRS-MARATAOÃ) e 6 (MNCO2-676F-3).

## 5. CONCLUSÕES

- A produção de fitomassa seca de sementes, raiz, parte aérea e total do feijão caupi, decrescem com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.
- A salinidade da água de irrigação reduz a área foliar do caupi.
- O aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação proporciona elevação nos teores de clorofila, em feijão caupi.
- Com base nas variáveis de crescimento, produção e pigmentos fotossintéticos dentre os 10 genótipos estudados 4 foram identificados como mais tolerantes à salinidade da água de irrigação 1 (MNCO1-649F-2-1), 2 (MNCO3-736F-2), 5 (BRS-MARATAOÃ) e 6 (MNCO2-676F-3) para as condições de cultivo estudadas.
- Com base nas variáveis de crescimento, produção e pigmentos fotossintéticos dentre os 10 genótipos estudados 6 foram considerados sensíveis a salinidade da água de irrigação 3 (PINGO DE OURO-1-2), 4(BRS-GURGUÉIA) , 7(MNCO2-683F-1), 8(MNCO3-737F-5-4), 9(MNCO3-737F-5-9) e 10(BRS-TUMUCUMAQUE).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJEIGBE, H. A.; MOHAMMED, S. G.; SINGH, B. B. Comparative assessment of yield potentials of improved cowpea breeding lines using performance index and ranking methods. *Journal of Food Agriculture and Environment*, v.4, p. 95- 98, 2006.
- 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.
- ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. *Braz. Journal Plant Physiology*, v.17, n.2, p.207-212, 2005.
- ARAGÜES, R. Agricultura de regadío y salinización de suelos y aguas. *Fronteras de la Ciencia y de la Tecnología*, n.8:,p.36-39, 1995.
- ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. O caupi no Brasil. EMBRAPA/CNPAF. Brasília, DF, 1988. 722 p
- ARAÚJO, P.P.; RIOS, G.P.; WATT, E.E.; NEVES, B.P.; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P.; GUIMARÃES, C.M.; SILVEIRA FILHO, A. A cultura do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 82p. Circular técnica, 18.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia agrícola*, v. 27, n.3, p. 702-713, 2007.
- AYERS, R. S.; WESCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.
- 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).
- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. *Soil Chemistry*. New York. p.329.1979.
- BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S.; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.4, p.343-353, 2008.

COELHO, J. B. M. Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados. 2012. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2012.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENEAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 26, n.3, p.289-297, 2003.

CUBERO, J.I. Al outro lado del Atlantico: España. Variedades tradicionales de leguminosas de grano para alimentación humana (ETSIAM, Córdoba, España). Disponível em: <<http://www.ric.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap5-3.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2007.

DADSON, R. B.; HASHEM, F. M.; JAVAID, I.; JOSHI, J.; ALLEN, A. L.; DEVINE, T. E. Effect of water stress on the yield of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] genotypes in the Delmarva region of the United States. *Journal Agronomy & Crop Science*, v.191, p. 210-217, 2005.

DAMASCENO-SILVA, KJ. Estatística da produção de feijão-caupi. Grupo Cultivar. 2009. Disponível em: <HTTP://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatística.pdf>. Acesso em: abril 2010.

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*, v.6, p.425-430. 2002.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito 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: INCT sal, 2010. 472 p.

EMBRAPA. Cultivo de feijão caupi. 2003. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/fejjaocaupi/referencias.htm>. Acesso em: fev/2011.

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.

FAGERIA, N.K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA – CNPAF. Documentos, 18).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Crop. Records. Dry beans. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/es/>.

FERNANDES, A.R. Nutrição mineral e crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.), em solução nutritiva, em função do balanço de nutrientes e níveis de salinidade. Lavras, 2000. 145p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

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

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. Agrianual 2004: anuário da agricultura brasileira. São Paulo. 2004. 546 p.

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.

FREIRE FILHO, F.R. Genética do caupi. In: ARAÚJO, J.P.P. WATT, E.E. O caupi no Brasil. 1ed. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, p.159-229, 1988.

FREIRE FILHO, F.R.; CARDOSO, M.J.; ARAÚJO, A.G.; SANTOS, A.A.; SILVA, P.M.S. Características botânicas e agronômicas de feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp). Teresina. EMBRAPA – UEPAE, 45p. 1981.

FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; SILVA, K. J. D.; RIBEIRO, V. Q.; NOGUEIRA, M.S.R. Feijão-caupi: melhoramento genético, resultados e perspectivas. In: Simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas. Fortaleza: EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, p.25-59, 2009.

GEPTS, P.A. Comparison between crop domestication, classical plant breeding and genetic engineering. Crop Science, California, v.42, n.6, p. 1780-1790, 2002.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE: Imprensa Universitária, 2005, p. 95-105.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; BATISTA, M.A.F. Prevenção, manejo e recuperação dos solos salinos e sódicos. Curso de Especialização em Irrigação e Drenagem. Mossoró: ESAM, 1991. 56p. Apostila

GRACIANO, E. S. A. et al. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR I sob condições de salinidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, v.15, p.794-800, 2011.

HOLANDA, J. P.; AMORIM, J.R.A. Qualidade de água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds) Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. Cap.5, p.137-169.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA, 2007. Acesso em: 10/10/2012, disponível em: [HTTP://www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br).

JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. *Scientia Agrícola*, v.64, p.111-118, 2007.

LACERDA, C. F. Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca<sup>2+</sup> como meio para minorar tais efeitos. 1995. 87 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; GUIMARÃES, F. V. A.; OLIVEIRA, T. S.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morphophysiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v.18, p. 455-465, 2006.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. Eds. *Methods in Enzymology*. Academic Press, London, UK, v. 148, 1987, pp. 350-381.

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

LIMA, G.P.P.; ROSSI, C.; HAKVOORT, D.M.R. 1997. Atividade de peroxidases (EC 1.11.1.7) e teor de prolina no embrião e cotilédones de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cultivado em condições de salinidade. *Scientia Agrícola*, v. 54, p.123-127.

LOVATO, M.B. Variabilidade genética da tolerância salina em populações de *Stylosanthes humilis* H. B. K. de diferentes regiões ecogeográficas do Estado de Pernambuco. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1991. 134 p. (Tese de doutorado).

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.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J.M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera*, Geneva, Switzerland, v.28, p.1-273, 1978.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. A qualidade da água de irrigação. Campina Grande: UFPB, 1994. 60p.

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 Agronômica*. 42(2): 327-336.

MOYA, J.L.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride

ions and their accumulation in leaves. *Plant, Cell and Environment*, Logan, v.22, n.11, p.1425-1433, 1999.

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

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

NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Crescimento e teores de clorofila e carotenoides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. *CERES*. V. 56, p. 364-369, 2009.

NEVES, A. L. R. Irrigação do feijão-de-corda com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento e seus efeitos na planta e no solo. 2008. Dissertação (Mestrado em agronomia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

NG, N.Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germplasm. In: SINCH, S.R.; RACHIE, K.O., eds. *Cowpea research, production and utilization*. Chichester, John Wiley, 1985. P.11-21.

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.

PADULOSI, S.; NG, N.Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B.B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K.E.; JACKAI, L.E.N. (Eds.) *Advances in Cowpea Research*, Tsukuba. IITA JIRCAS, p.1-12, 1997.

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.

PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. *Revista Brasileira de Botânica*, v.3, n.1/2, p.85-94, 1980.

QUIN, F. M. (1997). Introduction. In: Sing, B. B.; Mohan Raj, D. R.; Dashiel, K. E.; Jackai, L. E. N. (Eds.). *Advances in cowpea research*. Ibadan: IITA-JIRCAS, p.9-15.

RACHIE, K.; RAWAL, K.M. Integrated approaches to improving cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Ibadan: IITA, 1976. 36p. (Technical Bulletin, 5).

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E.; Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudas do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*). Comunicado Técnico. ISSN 1517-5030. Colombo, PR. Dezembro, 2004.

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.



RICHARDS, L. A. (ed). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory. 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação Biológica de Nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; SILVA, P. H. S.; VIANA, F. M. P. (Eds.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Embrapa, Brasília, Distrito Federal. P. 281-335. 2006.

SANTOS, C. V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 103:93-99.

SENA, A.E.S.; BISERRA, J.V. Eficiências e economicidade da irrigação por aspersão na cultura do feijão-de-corda *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Produção Científica do PDCT/NE no Ceará*, v.2, p.588-605, 1991.

SHARMA, P.K.; HALL, D.O. 1991. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. *Journal of Plant Physiology*, v.138, n.5, p.614-619.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.147-157, 2008

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

SILVA, J.V. Efeitos do CaCl<sub>2</sub> no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com NaCl. Fortaleza, UFC, 103p. 1998. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia).

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.

SOUZA, C. H. C. Análise da tolerância à salinidade em plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão. 2007. 73 p. Dissertação (Agronomia- Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, R. P. et al. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.46, p.587-592, 2011.

STEELE, W.M.; MEHRA, K.L. Structure, evolution and adaptation to farming system and environment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D.R.; BUNTING, A.H., Eds. *Advances in legume science*. England, Royal Botanic Gardens, 1980. P.459-468.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p

TAWFIK, K. M. Evaluating the use of Rhizobacterin on cowpea plants grown under salt stress. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Faisalabad, v.4, p.26-33, 2008.

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.

TYERMAN, S.D. & SKERRETT, LM. Root ion channels and salinity. *Scientia Horticulturae*, v. 78, p. 175-235, 1999.

VAILLANCOURT, R.E.; WEEDEN, N.F. Chloroplast DNA polymorphism suggests nigerian center of domestication for the cowpea, *Vigna unguiculata* (Leguminosae). *American Journal of Botany*. Canadá, v.79, n. 19, p. 1194-1199, 1992.

VERDCOURT, B. Studies in the leguminosae – Papillionoidea for the flora of tropical East Africa. IV *Kew Bulletin*, New York, v.24, p.507-569, 1970.

WATT, E.E. First annual reporto in the EMBRAPA/IITA – Cowpea Program in Brasil, Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1987.

WILSON, C., LIU, S., LESCH, S. M., SUAREZ, D. L. Growth response of major USA cowpea cultivars. *Plant Science*, v.170, p.1095-1101, 2006.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, v.21, n.7, p. 1439-1451, 1998.

YEO, A. R. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Science Horticulturae*, v.78, p. 159-174, 1999.

ZANANDREA, L.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.12, p.157-161, 2006.