

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

AMANDA SORAYA FREITAS CALVET

**PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO FELJÃO DE CORDA SUBMETIDO À
SALINIDADE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO**

**FORTALEZA
2009**

AMANDA SORAYA FREITAS CALVET

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO FEIJÃO DE CORDA SUBMETIDO À SALINIDADE
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. José Tarquínio Prisco
Co-Orientador: Marlos Alves Bezerra

FORTALEZA
2009

C168p Calvet, Amanda Soraya Freitas
Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido à salinidade em diferentes estádios /Amanda Soraya Freitas calvet.
100f: il. color. enc.

Orientador: Prof. PhD. José Tarquínio Prisco

Co-Orientador: Dr. Marlos Alves Bezerra

Área de concentração: Fitotecnia

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Fitotecnia, Fortaleza, 2009.

1. Feijão-de-corda 2.Salinidade I. Prisco, José Tarquínio (orient.) II. Bezerra, Marlos Alves (co-orient.) III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação e Agronomia/Fitotecnia IV. Título

CDD 632

AMANDA SORAYA FREITAS CALVET

PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DO FEIJÃO DE CORDA SUBMETIDO À SALINIDADE
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Agronomia/Fitotecnia.

Aprovada em 14/08/2009

Prof. Dr. José Tarquínio Prisco (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Dr. Marlos Alves Bezerra (Co-orientador)
Embrapa Agroindústria tropical

Prof. Dr. Enéas Gomes Filho
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Márcio Cléber de Medeiros Corrêa
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes
Universidade Federal de Campina Grande

FORTALEZA
2009

Ao meu filho Breno Freitas Calvet, luz da minha
vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

A Deus por ter me dado a vida e por que sem ele eu nada faria;

Aos meus pais, meu filho e meu irmão pelo companheirismo, dedicação e confiança que demonstraram durante todos os momentos dessa jornada;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro que me possibilitou vencer todas as etapas exigidas pelo Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia;

A Embrapa Agroindústria Tropical, que disponibilizou a casa de vegetação e o Laboratório de Fisiologia Vegetal, onde foram realizados os experimentos e as análises desta Tese;

A Universidade Federal do Ceará, através dos Departamentos de Fitotecnia e de Bioquímica e Biologia Molecular, pela oportunidade e as facilidades oferecida à realização deste Curso de Pós-Graduação;

Ao orientador acadêmico, Prof. Dr. José Tarquínio Prisco, pela ajuda na escolha adequada das disciplinas ofertadas pelo Curso e pelas sugestões dadas durante a redação deste trabalho;

Ao co-orientador, Dr. Marlos Alves Bezerra, pela orientação e o apoio dado durante todas as fases deste trabalho e, principalmente, pela confiança, sem o que não teria vencido as dificuldades enfrentadas no decorrer do período experimental e de redação desta Tese;

Ao Prof. Dr. Enéas Gomes Filho, pelo apoio e conselhos valiosos, além da sua participação na banca examinadora e nas sugestões feitas durante a redação;

Ao Prof. Dr. Márcio Cléber de Medeiros Corrêa, pela boa vontade em participar da banca examinadora e pelas sugestões apresentadas durante a redação;

Ao Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes pela participação na banca examinadora e pelas sugestões apresentadas para o enriquecimento deste trabalho;

Aos professores do departamento de Fitotecnia, especialmente ao Prof. Dr. Francisco José A. Fernandes Távora pelos ensinamentos transmitidos;

Ao Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda e a sua orientanda Leila Neves pelas valiosas sugestões e contribuições dadas durante o desenvolvimento deste trabalho;

Aos pesquisadores Dr. Marto, Dr. Emilson, Dr. Fred e Dr. Lindenberg ao apoio durante o desenvolvimento desta tese;

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa: Valdonio, Reivany, Tiago, Daniel, Fernando, Moacyr, Fabiana, Everton, Helon, Alan Bernard pela ajuda e amizade demonstradas durante todas as fases deste trabalho;

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFC, em especial Aiala, Juan, Elton, Eduardo e Viviane pela amizade e apoio dados durante a fase experimental;

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia e da Embrapa, em especial ao Sr. Francisco Nunes Mota (Seu Chico), pela ajuda nos experimentos realizados na casa de vegetação;

Ao colega de doutorado Jefte Ferreira, que me ajudou na formatação dessa Tese;

Aos amigos Júlio Revi, Ciro Pinto, Lígia, Rebeca e Rafaela, pela ajuda e por estarem sempre a meu lado nessa jornada;

Ao meu amigo Fábio Costa pela ajuda e apoio na fase final dessa Tese.

"Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível."

São Francisco de Assis

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de água ($CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$) e ou solução salina ($CEa = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$), alternadamente, em diferentes fases de desenvolvimento do feijão de corda cv. Epace 10. Foram realizados dois experimentos, em condições de ambiente protegido (telado), na Embrapa Agroindústria Tropical. Em ambos, as sementes foram colocadas em vasos dispostos em um delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. No primeiro experimento as plantas irrigadas com água ou solução salina foram coletadas em diferentes épocas do desenvolvimento da planta: 12, 42 e 55 dias após a semeadura. Foram avaliados a CEes, teores de Cl^- , Na^+ e K^+ do solo, parâmetros de crescimento da planta (peso da matéria seca das diferentes partes da planta, área foliar, altura e número de folhas), potenciais hídrico e osmótico e solutos inorgânicos. No segundo experimento, a água e a solução salina foram aplicadas durante as seguintes fases de desenvolvimento da planta: FASE I – da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; FASE II – do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; FASE III – da floração até a formação completa das primeiras vagens, produzindo os seguintes tratamentos: 1. irrigação com água até o final da fase III; 2. irrigação com solução salina até o final da fase III, 3. água até o final da fase I e solução salina até o final da fase III, 4. solução salina até o final da fase I e água até o final da fase III, 5. irrigação com água até o final da fase II e solução salina até o final da fase III, 6. irrigação com solução salina até o final da fase II e água até o final da fase III. Foram avaliados além dos parâmetros anteriores as trocas gasosas e os solutos inorgânicos. Os estádios de desenvolvimento mais afetados pela salinidade foram os de floração e frutificação. A parte aérea das plantas, em especial as folhas, só foi afetada pela salinidade quando a mesma foi aplicada em mais de uma fase de crescimento, independente do estágio em que se iniciou o estresse. A taxa fotossintética das plantas não foi alterada pela salinidade em nenhum dos experimentos. Nas folhas, os carboidratos solúveis não sofreram influência do estresse salino, enquanto os aminoácidos aumentaram quando o sal foi aplicado durante todo o período experimental. Nas raízes, órgãos que estavam em contato direto com o sal houve redução tanto dos teores de proteínas quanto dos aminoácidos. O transporte de Na^+ para a folha foi restringido, com o mesmo acumulando-se no caule, enquanto para o Cl^- as plantas tiveram uma resposta típica das glicófitas, com o maior teor deste íon nas folhas. A irrigação de feijão de corda com solução salina é possível, desde que a mesma seja aplicada somente em parte do ciclo de crescimento da cultura, alternando com a aplicação de água de qualidade superior.

Palavras-chave: Feijão de corda. Salinidade. Fases de desenvolvimento

ABSTRACT

The objective of this study the effects of water ($CE_w = 0.5 \text{ dS m}^{-1}$) and saline solution ($CE_w = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$) applications, alternately, at different stages of development of cowpea cv. Epace 10. Two experiments were conducted under conditions of greenhouse in Embrapa Agroindústria Tropical. In both, seeds were placed into pots arranged in a randomized block design with six treatments and four replications. In the first experiment the plants irrigated with water or saline solution were collected at different times of development: 12, 42 and 55 days after sowing. CEEs, as Cl^- , Na^+ and K^+ in the soil, parameters of plant growth (dry weight of plant parts, leaf area, height and number of leaves), water potential and osmotic and inorganic solutes were evaluated. In the second experiment, water and saline solution were applied during the following stages of plant development: PHASE I - from germination to the appearance of the first trifoliolate leaf .PHASE II - the appearance of the first trifoliolate leaf until the beginning of flowering; PHASE III - flowering until the complete formation of the first pods, producing the following treatments: 1. irrigation with water until the end of phase III, 2. irrigation with saline solution until the end of Phase III, 3. water until the end of phase I and saline solution until the end of Phase III, 4. Saline solution until the end of phase I and water until the end of Phase III, 5.irrigation with water until the end of phase II and saline solution until the end of Phase III, 6.irrigation with saline solution until the end of phase II and water until the end of phase III. The parameters gas exchange and inorganic solutes were evaluated too. Flowering and fruiting stages were the most affected by salinity. The photosynthetic rate was not affected by salinity in plants shoots, especially leaves, when applied in more than one phase of growth, regardless of the stage where the stress began in both experiments. In leaves, the soluble carbohydrates were not affected by salt stress, while the amino acids increased when salt was applied throughout the experimental period. In roots, organs that were in direct contact with the salt decreased the levels of both proteins and amino acids. The transport of Na^+ was restricted to the leaf with the same accumulated on the stem, while for the Cl^- plants had a typical response of glycophyte with the highest level of this ion in the leaves. The cowpea irrigation with saline solution is possible, provided it is applied to only part of the cycle of crop growth, alternating with the application of water of superior quality.

Key words: Cowpea. Salinity. Plant growth stage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Condutibilidade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e teores de cloreto, sódio e potássio no mesmo extrato em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).....	37
Figura 2 - Matéria seca das folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).	40
Figura 3 - Área foliar, altura e número de folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).	42
Figura 4 - Potencial Osmótico e hídrico das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).....	44
Figura 5 – Teores de cloreto nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).....	47
Figura 6 - Teores de sódio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).....	49
Figura 7 - Teores de potássio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).....	51
Figura 8 - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e teores de cloreto, sódio e potássio no mesmo extrato em função da exposição ao das fases de desenvolvimento da planta expostas a água de diferentes salinidades (CEa).	53
Figura 9 - Matéria seca das folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	55
Figura 10 - Área foliar, altura e número de folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	58
Figura 11 - Potencial osmótico e hídrico das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	61
Figura 12 – Fotossíntese, condutância estomática e transpiração das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	63
Figura 13 – Teores de aminoácidos nas folhas, caules e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento.....	65
Figura 14 – Teores de carboidratos de folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	67

Figura 15 – Teores de proteínas de folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	69
Figura 16 – Teores de cloretos nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função em função das fases de desenvolvimento da planta.....	71
Figura 17 – Teores de sódio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função em função das fases de desenvolvimento da planta.....	73
Figura 18 – Teores de potássio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Status</i> hídrico de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 cultivadas submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.	46
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	Botânica, distribuição geográfica e importância econômica do feijão de corda	17
2.2	Salinidade do solo e estresse salino	18
2.2.1	Conceito, origem e distribuição dos solos salinos	18
2.2.2	Agricultura irrigada e salinidade	19
2.2.3	Efeitos da salinidade na fisiologia da planta	20
2.2.3.1	Crescimento e desenvolvimento	21
2.2.3.2	Relações hídricas	22
2.2.3.3	Efeitos iônicos	25
2.2.3.4	Trocas gasosas: fotossíntese e transpiração	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Local de execução e condução dos experimentos	28
3.2	Experimentos	29
3.2.1	Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido a tempos crescentes de irrigação com água salina ao longo do desenvolvimento da cultura	29
3.2.2	Parâmetros fisiológicos do feijão de corda irrigado com água salina em diferentes fases de desenvolvimento da cultura	30
3.3	Medições e determinações	31
3.3.1	Condutividade elétrica e teores de minerais do solo	31
3.3.2	Medidas de crescimento	32
3.3.3	Relações hídricas e trocas gasosas	32
3.3.4	Determinação de minerais nas plantas	33
3.3.5	Determinação de solutos orgânicos nas plantas	33
3.3.5.1	Preparação do extrato	33
3.3.5.2	Carboidrato solúvel	34
3.3.5.3	Proteína solúvel	34
3.3.5.4	N-aminossolúvel	35
3.4	Análise Estatística	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Experimento 1 - Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido a tempos crescentes de irrigação com água salina ao longo do desenvolvimento da cultura	36
4.1.1	Condutibilidade Elétrica e Teores de Minerais do solo	36
4.1.2	Medidas de Crescimento das plantas	38
4.1.3	Relações Hídricas	43
4.1.4	Minerais nas plantas	46
4.2	Experimento 2 - Parâmetros fisiológicos do feijão de corda irrigado com água salina em diferentes fases de desenvolvimento da cultura	52
4.2.1	Condutibilidade Elétrica e Teores de Minerais do solo	52
4.2.2	Medidas de Crescimento das plantas	54
4.2.3	Relações hídricas e trocas gasosas	60
4.2.3.1	Relações hídricas	60
4.2.3.2	Trocas gasosas	62
4.2.4	Solutos orgânicos e inorgânicos	64
4.2.4.1	Solutos orgânicos	64
4.2.4.2	Solutos inorgânicos	69
5	CONCLUSÕES	76

REFERÊNCIAS	77
ANEXO A – Tabelas de resumo das Anovas do experimento 1.....	92
ANEXO B – Tabelas de resumo das Anovas do experimento 2.....	96

1 INTRODUÇÃO

A salinidade inibe o crescimento e a produtividade das plantas, sendo este efeito atribuído ao desbalanceamento nas relações hídricas e nutricionais das plantas e ao acúmulo de íons considerados tóxicos (MAAS; HOFFMAN, 1977; PRISCO, 1980; SHANNON; GRIEVE; FRANCOIS, 1994). Levantamento feito pelo DNOCS nas áreas irrigadas sob sua jurisdição, mostrou que cerca de 20% dessas áreas apresentavam problemas de salinidade, sendo que 12% já haviam sido desativadas devido ao excesso de sais presentes na solução do solo. (GHEYI, 2000). A compreensão do comportamento fisiológico das plantas cultivadas sob a influencia de estresses abióticos, como déficit hídrico e salinidade, não se apresentam mais como simples questões fisiológica ou ecológica, mas podem se constituir em importantes ferramentas para auxiliar no melhoramento vegetal e no manejo de espécies cultivadas sob condições de estresse.

O feijão de corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa anual herbácea, que possui a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes sistemas de produção. Essa cultura apresenta grande importância na alimentação das populações do nordeste brasileiro, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento de alto valor nutritivo, sendo um dos principais componentes da dieta alimentar, gerando também emprego e renda, tanto na zona rural quanto na zona urbana (IBGE, 2003; LIMA *et al.*, 2007).

De acordo com Maas e Hoffman (1977), o feijão de corda é uma espécie considerada moderadamente sensível ao estresse salino. Porém outros autores consideram-na moderadamente tolerante à salinidade (AYRES; WESTCOT, 1999; ASSIS JÚNIOR *et al.*, 2007). Como a sua tolerância ao estresse salino varia com o estágio de desenvolvimento da planta, uma das estratégias de cultivo que poderia ser usada em áreas que possuíssem águas de qualidade diferencial, seria a de variar a qualidade da água de irrigação ao longo do ciclo da planta, de modo que usassem as águas de qualidade inferior nos estádios que fossem mais tolerantes à salinidade (SHANNON *et al.*, 1994; RHOADES *et al.*, 2000). Em feijão de corda, diversos estudos têm sido conduzidos nesse sentido, como por exemplo, a utilização de soluções salinas na fase vegetativa (PRISCO, 1987; AMADOR *et al.*, 2006), na fase de floração (ENÉAS-FILHO *et al.*, 2002; FERREIRA, 2005) e em todo o seu ciclo (ASSIS JÚNIOR, 2007; GUIMARÃES, 2005).

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de soluções de diferentes salinidades, em diferentes fases de desenvolvimento do feijão de corda cv Epace 10 nos seguintes parâmetros: crescimento, relações hídricas, trocas gasosas e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Botânica, distribuição geográfica e importância econômica do feijão de corda

O feijão de corda, também conhecido como feijão macassar e “*caupi*”, é uma Dicotiledônea, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *phaseolinae*, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, secção *Catiang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subesp. *unguiculata* (FREIRE FILHO *et al.*, 2005; PADULOSI; NG, 1997).

O gênero *Vigna* tem em torno de 160 espécies. A grande maioria dessas espécies está na África, onde 66 delas são consideradas endêmicas, sugerindo que a evolução deste gênero deve ter acontecido nesse continente. Apesar de *V. unguiculata* (L.) Walp ser encontrada na África, sua origem africana tem sido questionada (STEELE; MEHRA, 1980; ARAUJO; WATT, 1988;). Entretanto, como as formas selvagens desta espécie não foram encontradas fora desse continente, há um consenso de que o feijão de corda teve sua origem na África.

Essa espécie é encontrada na África, Ásia e nas Américas do Norte e do Sul, numa ampla faixa ambiental, desde a latitude 40°N até 30°S, adaptando-se tanto às terras altas como às baixas (CARDOSO *et al.*, 2005). Foi introduzido no Brasil no século XVI e em 1568 evidenciava-se a presença de inúmeras variedades de feijões e favas na Bahia, de onde se expandiu para as outras regiões do país (GANDAVO, 2009).

O feijão de corda é considerado como uma das culturas mais importantes do país, que figura como o maior produtor mundial, com aproximadamente 3,3 milhões de toneladas por ano e uma área cultivada da ordem de quatro milhões de hectares (IBGE, 2006). Encontrado, principalmente no semi-árido, o feijão de corda pode ser cultivado em três épocas distintas, dependendo da temperatura e da disponibilidade hídrica. Essa espécie possui alto valor protéico e é usada nas refeições do brasileiro, principalmente dos habitantes das regiões norte e nordeste (PAIVA; TEÓFILO, 1977; MAFRA, 1979; FREIRE-FILHO, 2005). Nessas regiões ele ocupa de 95 a 100 % das áreas cultivadas com feijões.

2.2 Salinidade do solo e estresse salino

2.2.1 Conceito, origem e distribuição dos solos salinos

Um solo é considerado salino quando os níveis de sais solúveis existentes na solução do solo interferem negativamente na produção das culturas, podendo causar prejuízo econômico (BATISTA *et al.*, 2001). Como este conceito é qualitativo e não especifica os diferentes tipos de sais existentes em excesso, são considerados salinos os solos que possuem condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) $\geq 4,0$ dS m⁻¹; percentagem de sódio trocável (PST) $< 15\%$ e pH $< 8,5$; são considerados sódicos, os que possuem $CE_{es} < 4,0$ dS m⁻¹; PST $> 15\%$ e pH $> 8,5$ e, finalmente, os salino-sódicos são os possuidores de $CE_{es} \geq 4,0$ dS m⁻¹; PST $> 15\%$ e pH $< 8,5$ (RICHARDS, 1954).

A salinidade atinge cerca de 930 milhões de hectares em nosso planeta, e infelizmente esse número vem aumentando. Estima-se que nos próximos 45 anos, 6% das áreas atualmente usadas para agricultura deverão estar salinizadas. Apesar de relativamente pequena, a área irrigada é responsável por cerca de um terço da alimentação mundial e que cerca de 25% dessa área já está afetada por sais (FAO, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009). Portanto, a salinização nas áreas irrigadas merece atenção redobrada (MUNNS, 2002).

No Brasil, os solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, na região do pantanal do Mato-Grosso e, principalmente, nos perímetros irrigados da região Nordeste, onde o acúmulo de sais resulta do uso de águas salobras, da utilização incorreta dos sistemas de irrigação e drenagem e da aplicação indiscriminada de insumos (FAGÉRIA; GHEYI, 1997; AYERS; WESTCOT, 1999).

Segundo Eilers *et al.* (1995), os fatores que provocam o surgimento dos solos salinos podem ser classificados como de longo e de curto prazo. Os fatores de longo prazo envolvem o material de origem do solo, as condições topográficas, a drenagem, os parâmetros hidrológicos dos lençóis subterrâneos e a variação climática ao longo do tempo. Já os fatores de curto prazo são a precipitação, a evaporação, a intensidade de uso das terras e as práticas agrícolas adotadas, representadas pelo manejo inadequado da água e do solo. Uma outra classificação para esses fatores foi feita por Slevinsky (1989), afirmando que a salinidade é decorrente apenas do fator “histórico”, representado pelo material de origem, e do fator “vazão”, representado pelo teor de sais na água com para fins agrícolas.

As plantas superiores são expostas a altas concentrações de sal na costa marítima e em estuários, onde a água do mar e a água doce se encontram ou se sucedem com as marés. Mais para o interior, a infiltração salina natural de depósitos geológicos marinhos pode avançar em áreas adjacentes, tornando-as inutilizáveis para a agricultura (TAIZ; ZEIGER, 2009). Entretanto, o maior problema para a agricultura é a acumulação de sais provenientes da água ou do manejo inadequado da irrigação. Quando a água de irrigação contém uma alta concentração de sais solúveis e o sistema de drenagem é inadequado, os sais tendem a se acumular no solo, podendo afetar o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Isto se agrava nas regiões áridas e semi-áridas onde a evaporação e a transpiração excedem a precipitação pluvial (GHEY; CORREIA; FERNANDES, 2005).

2.2.2 Agricultura irrigada e salinidade

O semi-árido nordestino, além de ter um balanço hídrico negativo (evaporação anual maior do que a precipitação) possui uma má distribuição espacial e temporal de chuvas (MENEZES; SAMPAIO, 2000). O sistema de produção agrícola praticado no semi-árido apresenta baixa sustentabilidade, pois é dependente exclusivamente da precipitação pluviométrica (agricultura de sequeiro), que devido à imprevisibilidade das chuvas o torna altamente vulnerável. Além disso, as tecnologias usadas nesse tipo de exploração agrícola, têm contribuído para a degradação do ecossistema, com progressiva desertificação da região (ARAÚJO FILHO; BARBOSA, 2000).

Em decorrência disso, a agricultura irrigada tem sido apontada como pré-requisito básico para o desenvolvimento dessa região, proporcionando o equilíbrio da produção e evitando as possíveis interferências ocasionais provocadas pela falta de água (COSTA, 2003). Atualmente, a agricultura irrigada não só aumenta a produtividade das culturas, como também permite a substituição de culturas de sequeiro por outras de maior valor comercial. Além disso, participa no fortalecimento de outros aspectos da economia através de práticas de cultivos diversificadas, da estimulação da agroindústria e da exportação de produtos (SOUZA, 2000).

Segundo Suassuna (1994), no semi-árido nordestino não existem grandes depósitos naturais de água. As águas subterrâneas apresentam-se armazenadas de duas formas: de modo limitado, em fendas ou fraturas do substrato rochoso (escudo cristalino); e em depósitos mais extensos, localizados em aluviões do sistema hidrográfico. No primeiro

caso, as águas exploradas são, na maioria das vezes, de qualidade inferior, servindo apenas ao consumo animal, às vezes ao consumo humano e raramente à irrigação. No segundo caso, apesar das enormes limitações existentes em termos de qualidade e quantidade, são usadas para irrigação (DEMETRIO, 1993).

O uso inadequado de águas salinas na irrigação em regiões áridas e semi-áridas pode resultar no acúmulo gradativo de sais no solo, culminando com a esterilização do mesmo como ocorreu em algumas regiões do Paquistão, onde dois milhões de hectares já foram abandonados, em razão da salinização do solo e no Egito, cuja evolução da salinização tem sido similar (DE VILLIERS, 2002). No semi-árido nordestino, cerca de 12% da área dos perímetros irrigados de responsabilidade do DNOCS já se encontram salinizadas (GUEYI, 2000).

Estudos realizados com o intuito de caracterizar as águas de diversas fontes (poços amazonas e açudes, principalmente) usadas para irrigação na microrregião de Catolé do Rocha, Paraíba, coletadas no período seco e chuvoso, mostraram que, de modo geral, o Na^+ predomina sobre o Ca^{2+} e Mg^{2+} . Entretanto, no período chuvoso chegou-se a observar a predominância do Ca^{2+} e Mg^{2+} sobre o Na^+ , principalmente quando as concentrações de HCO_3^- eram maiores que as de Cl^- , fato ocorrido apenas em águas de salinidade baixa, ou seja, com condutividade elétrica $< 0,75 \text{ dS m}^{-1}$ (COSTA; GHEYI 1984).

2.2.3 Efeitos da salinidade na fisiologia da planta

A salinidade afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas em decorrência de seu componente osmótico (diminuição dos potenciais osmótico e hídrico da solução do solo) e do seu componente iônico, que provoca desbalanceamento nutricional e efeitos tóxicos de íons específicos (MAAS, 1990).

A resposta da planta à salinidade depende de vários fatores, tais como: espécie e cultivar, tipo de ambiente da rizosfera, granulometria do solo em que as plantas são cultivadas, concentração e composição iônica, local de imposição e duração do estresse, maneira como o estresse é aplicado e interação com outros estresses (BRAY *et al.*, 2000; BEZERRA *et al.* 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.2.3.1 Crescimento e desenvolvimento

As espécies e até mesmo cultivares de uma mesma espécie reagem diferentemente à salinidade. Quando se analisa o efeito da salinidade no rendimento potencial de matéria seca, de frutos ou de sementes, verifica-se que existe uma faixa de salinidade em que o rendimento não é afetado significativamente. A partir deste valor, o rendimento decresce à medida que a salinidade do ambiente radicular aumenta, sendo este valor considerado como a salinidade limiar (MAAS, 1984).

Entretanto, a resposta das plantas à salinidade depende da fase do desenvolvimento em que o estresse é aplicado. De modo geral, verifica-se que na maioria das espécies o estágio de germinação é mais tolerante à salinidade do que as etapas de estabelecimento da plântula e de crescimento vegetativo (PRISCO, 1987; LACERDA, 1995). Nos estádios iniciais de formação de brotos e folhas, quando predomina a divisão celular, verifica-se uma relativa insensibilidade ao déficit hídrico e à salinidade. Já a expansão foliar, por sua vez, é bem mais sensível, tanto ao déficit hídrico como à salinidade (KRIEDEMANN, 1986).

Alguns autores verificaram que os efeitos inibitórios da salinidade na cultura do melão diminuem à medida que a planta atinge estádios de desenvolvimento mais avançados e concluíram que águas salobras podem ser usadas com o mínimo de perdas se a concentração de sais e a época de exposição forem cuidadosamente monitoradas (MENDLINGER; PASTERNAK, 1992; CARVAJAL *et al.*, 1998; AMOR *et al.*, 1999). Esses resultados foram confirmados quando melão foi irrigado com água de diferentes salinidades e em diferentes épocas ao longo do ciclo da cultura (PORTO FILHO *et al.*, 2006). Estes autores observaram que a salinidade afetava a produção de melão, mas esse efeito era mais acentuado quando a irrigação com água salina era feita no início do desenvolvimento da cultura.

Entretanto, plantas de *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* submetidas a estresse salino em diferentes fases do desenvolvimento reagiram de maneira diferente, pois os estádios mais sensíveis ao estresse foram à floração e o enchimento de grãos (SHOUSE *et al.*, 1981; FERREIRA; COSTA; ALBUQUERQUE, 1991; FIEGENBAUM *et al.* 1991; GUIMARÃES; STONE; BRUNINI, 1996; ANDRADE; PEREIRA; CRUZ, 1999). Maas e Poss (1989) avaliaram o estresse salino em plantas de feijão de corda cultivadas em casa de vegetação. O estresse teve a duração de 20 dias e foi iniciando aos 7, 27 ou 52 dias após a semeadura, correspondendo às fases de crescimento vegetativo, florescimento e frutificação,

respectivamente. A cultura mostrou-se mais sensível à salinidade durante o estágio de crescimento vegetativo (de 7 a 27 dias após a semeadura) e tornou-se menos sensível nos estádios posteriores. Moreira *et al.*, (2007), trabalhando com o feijão de corda EPACE 10 em condições de campo observou que a aplicação de água salina com condutividade de 5 dS m^{-1} durante todo o período experimental (0-60 dias após a semeadura) inibiu o crescimento da cultura. A aplicação de água salina somente nos estádios iniciais (0-20 DAS) retardou o crescimento, mas quando a mesma solução foi aplicada nas fases posteriores (20-40; 40-60 DAS) o crescimento da cultura não foi afetado. Observou-se, também, que quando essa espécie foi irrigada com água salina durante a germinação e permanecendo até o final do ciclo (71 dias após o plantio) foi inibido o crescimento vegetativo da planta (talvez como consequência da redução da taxa fotossintética e transpiração). Ao irrigar com solução salina da semeadura até 22 DAS ocorreu uma redução na taxa fotossintética apenas na primeira medição aos (22 DAS) e um retardo no desenvolvimento da planta. As aplicações salinas durante 23 a 42 DAS e somente a partir de 43 DAS, não provocaram reduções significativas na taxa fotossintética e de transpiração, não influenciando também no crescimento vegetativo das plantas (NEVES, 2008).

Esses resultados enfatizam a importância de se estabelecer com precisão os diferentes estádios fenológicos da espécie (CRAMER; ALBERICO; SCHIMIDT, 1994), a fim de que se possa melhor correlacionar à tolerância à salinidade com o estágio de desenvolvimento da planta.

2.2.3.2 Relações hídricas

Sabe-se que quando um solo é salino, há uma diminuição do seu potencial osmótico ou de solutos (Ψ_s) e por via de consequência ocorre um decréscimo do seu potencial hídrico (Ψ_w). Como a taxa de absorção de água pela planta depende do gradiente de potencial hídrico entre o solo e a planta ($\Delta\Psi_w$), se o Ψ_w da solução do solo diminui, haverá uma diminuição do $\Delta\Psi_w$, com consequente decréscimo na taxa de absorção de água. A este fenômeno deu-se o nome de “seca fisiológica”, que durante muito tempo foi considerado como causa primeira da inibição do crescimento e da produção das plantas cultivadas sob condições salinas (PRISCO, 1980). Como o potencial hídrico reflete as condições da dinâmica do processo de transporte de água do solo para a planta e desta para a atmosfera,

constituindo-se no principal componente responsável pelo fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Portanto, sob condições de salinidade, as plantas, para manterem a absorção de água, precisam reduzir o potencial hídrico foliar, tornando-o mais negativo à medida que a salinidade aumenta (TAIZ; ZEIGER, 2009). A este fenômeno deu-se o nome de ajustamento osmótico (BERNSTEIN, 1961).

Algumas halófitas absorverem íons a partir do seu ambiente, a fim de usá-los como um meio de regulação osmótica, evitando assim, a “seca fisiológica” (SHANNON *et al.*, 1994). A habilidade de absorver íons para reduzir o potencial osmótico da parte aérea facilita a absorção e o transporte de água, reduzindo o custo metabólico decorrente da síntese de osmólitos (WILLADINO; CAMARA, 2005).

Nas glicófitas, o “ajustamento osmótico” ocorre de maneira diferente. Elas, em geral, absorvem íons, mas o ajustamento osmótico depende também da síntese de solutos orgânicos compatíveis (MARCHI; OLIVEIRA, 2002). Esse ajustamento é uma importante adaptação fisiológica encontrada nas plantas e que minimiza os efeitos do estresse salino. Tal ajuste leva ao acúmulo de solutos orgânicos (açúcares, compostos aminossolúveis e proteínas solúveis de pequeno peso molecular) e inorgânicos (Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- e outros) nos tecidos, provocando diminuição nos potenciais osmótico e hídrico das células, evitando, assim, a perda de turgescência dos tecidos (MUNNS *et al.*, 1983; HOPKINS, 1999; TAIZ; ZAIGER, 2009; WILLADINO; CAMARA, 2004).

As glicófitas, moderadamente tolerantes à salinidade, retêm grandes quantidades de sais nos caules, nas raízes e nas folhas, sendo o ajuste osmótico dependente do acúmulo de solutos orgânicos (GREENWAY; MUNNS, 1980). O aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis no citoplasma, lúmen, matriz ou estroma das organelas (NIU; HASEGAE; PARDO, 1995; YEO, 1998) de plantas submetidas a estresse salino tem sido considerado como um mecanismo eficiente para balancear os potenciais osmóticos entre o citoplasma e o vacúolo, evitando, assim, danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS, 2002), protegendo as estruturas e funções celulares (BARRETO, 1997) e, até mesmo, funcionar como fonte de energia metabólica (SERRANO; GAXIOLA, 1994).

Os carboidratos podem contribuir com mais de 50% do potencial osmótico de glicófitas crescendo em ambientes naturais e são considerados os principais componentes orgânicos do potencial osmótico do citoplasma em muitas plantas submetidas a estresse salino, sendo também descritos como agentes protetores, durante a desidratação celular (GREENWAY; MUNNS, 1980; PARIDA; DAS, 2005). Esses teores de carboidratos solúveis podem aumentar com a salinidade, contribuindo para a redução do potencial osmótico foliar,

como foi encontrado em *Eruca sativa* (ASHRAF, 1994), trigo (KEREPESI; GALIBA, 2000) e sorgo (SILVA *et al.*, 2003) ou até mesmo diminuir, como foi observado em um genótipo de sorgo (VIEIRA *et al.*, 2005). Além disso, a composição química desses açúcares pode variar de acordo com a espécie, o órgão da planta e a época de coleta dos solutos (PRAXEDES, 2008).

Os compostos contendo nitrogênio aminossolúvel possuem baixo peso molecular e são determinados quantitativamente pelo reagente da ninidrina em extratos desproteinizados (PRISCO; VIEIRA, 1976). Além de contribuir para o ajustamento osmótico esses compostos podem desempenhar função protetora das membranas e das proteínas enzimáticas em relação aos efeitos deletérios da alta concentração iônica (LARCHER, 2000). Entre os N-aminossolúveis que se acumulam em resposta ao estresse osmótico, a prolina é indiscutivelmente a mais relatada. No entanto, há autores que sugerem que o acúmulo de prolina é uma consequência do estresse e não uma resposta adaptativa (LIU; ZHU, 1997; LACERDA *et al.*, 2006).

Acúmulo de N-aminossolúveis em resposta à salinidade foi observado em folhas de plantas de milho (AZEVEDO NETO *et al.*, 2004), trigo (MATTIONI *et al.*, 1997), girassol (ASHRAF; TUFAIL, 1995). Em sorgo, o estresse salino induziu a um aumento no teor de N-aminossolúveis no genótipo tolerante, mas não alterou seu conteúdo no sensível (SILVA, 2003) e em feijão de corda ocorreu fenômeno semelhante (SOUSA, 2006). Além disso, foram observados aumento ou estabilização deste soluto, dependendo da espécie, parte da planta (COSTA *et al.*, 2003; SILVA, 2003; GUIMARÃES, 2005), da fase de desenvolvimento e do cultivar estudado (PRAXEDES, 2008).

As proteínas estão entre as mais abundantes moléculas orgânicas e sua síntese é um dos processos celulares mais sensíveis ao estresse osmótico, especialmente ao estresse salino (LEVITT, 1980). A síntese de proteínas, em geral, diminui sob condições de estresse salino, ao mesmo tempo em que há aumento na proteólise (SILVEIRA *et al.*, 2003). Entretanto, pode ocorrer um aumento no teor de proteínas devido à síntese das “proteínas induzidas pelo estresse”, observado em várias espécies vegetais em decorrência de estresses abióticos e bióticos (SINGH *et al.*, 1985; SINGH *et al.*, 1987; HURKMAN; FORNARI; TANAKA, 1989; RAMAGOPAL; CARR, 1991; ALI *et al.*, 1999; MANSOUR, 2000).

Praxedes (2008), ao estudar o padrão de expressão gênica de proteína em feijão de corda, cv Pitiúba, submetido à salinidade, observou que 39 proteínas foram expressas de forma semelhante nos dois tratamentos (controle e salino), enquanto 19 proteínas tiveram suas expressões reduzidas e 11 aumentadas. Sousa (2006), não encontrou mudanças no teor de

proteínas de plantas de feijão de corda submetidas à salinidade, enquanto Guimarães (2005), observou nas folhas um decréscimo no teor de proteína e nas raízes um aumento em função do estresse salino. Alterações no padrão de expressão gênica de proteínas em plantas submetidas a estresses (hídrico e salino) já foram observadas em várias espécies (PARIDA; DAS, 2005; ZHANG; KOMATSU, 2007).

Sabe-se que a salinidade pode provocar modificações na fisiologia e no metabolismo, afetando o seu crescimento pela absorção de macro e micronutrientes. Dentre os nutrientes, os íons K, Cl, Ca e Mg contribuem fundamentalmente para o potencial osmótico celular, sendo o K o elemento mais diretamente envolvido com essa função. Além disso, em ambientes salinos o Na passa a ter particular importância, substituindo, parcialmente, o K no abaixamento do potencial osmótico das células vegetais (GUIMARÃES, 2005). Recentemente, autores observaram que os íons Na^+ e Cl^- são os solutos mais importantes no ajustamento osmótico de folhas e raízes de *Atriplex nummularia*, e que K^+ tem sua contribuição diminuída intensamente pela salinidade (SILVEIRA *et al.*, 2009).

2.2.3.3 Efeitos iônicos

Uma característica universal da salinidade é a presença de alta concentração ou atividade de certas espécies de íons, estando o sódio e o cloreto presentes na maioria dos solos salinizados. A concentração desses íons em relação aos demais, que se encontram na solução do solo pode ser bastante alta, provocando deficiências nutricionais dos que estão em baixas concentrações (PIZARRO, 1978). As elevadas concentrações de íons específicos, sobretudo, Na e Cl, podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, sendo freqüente a deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (LÄUCHLI; EPSTEIN, 1990).

Altas concentrações de sais e alta relação Na^+/K^+ no citossol inibem a síntese de proteínas e paralisam várias enzimas; excesso de Na^+ desloca o cálcio da plasmalema de células dos pelos absorventes da raiz, afetando a permeabilidade da membrana, acarretando vazamento de K^+ (FERNANDES, 2007).

As interações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes são altamente complexas mesmo na ausência de salinidade ou de outros estresses. A salinidade adiciona um novo nível de complexidade para a nutrição mineral das culturas, afetando a atividade dos íons em solução e os processos de absorção, transporte, assimilação e

distribuição. Essa complexidade é explicada pelas diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos aos quais as plantas são submetidas, pelo número de nutrientes essenciais envolvidos e pelas diferentes respostas das plantas tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo. Isso gera uma gama de interações que não podem ser facilmente explicadas (LACERDA, 2005). As dificuldades na interpretação dos resultados são aumentadas em face das diferentes condições de cultivo utilizadas, do tempo de estresse e do tipo de tecido amostrado (CRAMER *et al.*, 1994).

A redução do teor de K nas folhas tem sido apontada como uma resposta comum em plantas submetidas ao estresse salino (NaCl), podendo estar relacionada ao antagonismo entre Na e K durante o processo de absorção (MARSCHNER, 1995). No entanto, resultados conflitantes têm sido encontrados em plantas de feijão de corda, sendo observado acúmulo em alguns genótipos e redução em outros, (COSTA *et al.*, 2003; SOUSA *et al.*, 2007) e em alguns casos não foram encontradas diferenças significativas no teor deste íon (ASSIS JÚNIOR, 2007).

A tolerância à salinidade pode ser relacionada à manutenção de uma adequada nutrição potássica (TALEISNIK; GRUNBERG, 1994), podendo a relação Na/K ser utilizada como critério de seleção de materiais sensíveis e tolerantes ao estresse salino. Na realidade, alguns autores têm observado a existência de múltiplos sistemas de absorção com diferentes seletividades para K e Na, o que pode refletir a necessidade da planta de coordenar o influxo desses cátions (SCHACHTMAN; LIU, 1999).

2.2.3.4 Trocas gasosas: fotossíntese e transpiração

A salinidade inibe os processos de fotossíntese e transpiração (ROBINSON *et al.*, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2009; PIZZARRO, 2006), sendo essa inibição atribuída a reduções na condutância estomática (BRUGNOLI; LAUTERI, 1991), no conteúdo total de clorofila e de carotenóides (GRREENWAY; MUNNS, 1980; PARIDA; DAS, 2005) e também devido ao acúmulo nos cloroplastos dos íons Na^+ e Cl^- que afetam desfavoravelmente os processos bioquímicos e fotoquímicos da fotossíntese (PLAUT, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2009). Apesar desses efeitos observados na maioria das plantas submetidas a estresse salino, algumas espécies como bananeira e cajueiro anão precoce não apresentaram diferenças significativas nas trocas gasosas em resposta ao estresse salino (NEVES *et al.*, 2002; GUILHERME *et al.*,

2005). Além disso, a salinidade estimulou a fotossíntese e o crescimento da halófito *Bruguiera parviflora* (PARIDA; DAS; MITTRA, 2004).

Na maioria das glicófitas, a inabilidade das células-guarda em excluir íons provoca o fechamento estomático causando distúrbios nas relações hídricas da planta (PLAUT, 1995; ROBINSON *et al.*, 1997). A fotossíntese pode, ainda, ser inibida quando concentrações altas de Na^+ e ou Cl^- se acumulam nos cloroplastos, uma vez que o metabolismo do carbono ou a fotofosforilação podem ser afetados (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Em feijão de corda também se encontra discrepâncias na literatura em relação ao efeito da salinidade nas trocas gasosas. Enquanto alguns autores (GUILHERME *et al.*, 2003) observaram que a fotossíntese em folhas de feijão de corda não foi afetada pela salinidade ($\text{CEa} = 7,5 \text{ dS m}^{-1}$), mesmo tendo havido inibição do crescimento foliar, outros (ASSIS JÚNIOR, 2007; NEVES, 2008) demonstraram que, na mesma espécie, a salinidade afetou, não somente a condutância estomática, como a fotossíntese e a transpiração nas diversas fases de desenvolvimento da planta.

Em outras culturas como couve-flor, as reduções nas taxas fotossintéticas parecem estar associadas a reduções no teor de clorofilas totais e, portanto, nos parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, além dos danos diretos à integridade dos plastídios (SANTOS; AZEVEDO; CALDEIRA, 2001). Plantas de *Helianthus annuus L.* submetidas a 50 e 100 mM de NaCl apresentaram inibição da síntese de ácido 5-aminolevulinato, que é uma substância precursora da síntese de clorofila. Além disso, a enzima clorofilase, que no início do estresse é estimulada a sintetizar clorofila, é fortemente inibida por alta concentração salina (SANTOS, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de execução e condução dos experimentos

Os experimentos foram realizados em ambiente protegido, com telas nas laterais e coberto de plástico transparente (telado), localizado na Embrapa Agroindústria Tropical, cidade de Fortaleza, estado do Ceará (3° 45' 5'' S; 38° 34' 33'' W), no período de julho a setembro de 2008. Durante o período experimental a temperatura e a umidade relativa do ar no *telado*, medidas por um termohigrógrafo, variaram entre 24-45°C e 24-79%, respectivamente. As médias das temperaturas máximas e mínimas foram 40,7°C e 25,2°C, respectivamente, enquanto que as médias das umidades relativas do ar máximas e mínimas foram 76,7 e 24,0%, respectivamente.

Sementes de feijão de corda Epace 10 (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), obtidas no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), foram esterilizadas superficialmente com uma solução de hipoclorito de sódio a 2%, durante 5 minutos. Em seguida, foram semeadas em vasos (Quatro sementes por vaso) com capacidade para 15 L, contendo solo do tipo arenoso, saturado com água (CEa = 0,5 dS m⁻¹) ou com solução salina (CEa = 5,0 dS m⁻¹), composta de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, conforme Medeiros (1992). A condutividade elétrica dessa solução (CEa) foi calculada usando-se a equação proposta por Rhoades *et al.* (1976), que relaciona a concentração da solução com sua condutividade elétrica (mmolC L⁻¹ = CEa x 10). O volume diário de água ou solução salina aplicado manualmente no colo da planta, variou de 400 a 600 mL, dependendo da quantidade de água percolada dos vasos, que foi medida em dois vasos testes. O aparecimento dos cotilédones na superfície do solo (germinação), em metade mais um das sementes plantadas, ocorreu três dias após a semeadura e o desbaste foi realizado depois de quatro dias, deixando-se duas plantas por vaso. Durante o período experimental as plantas receberam adubação na forma de solução nutritiva (HOAGLAND; ARNON, 1950) em três ocasiões (15, 30 e 40 dias após a semeadura, DAS).

O desenvolvimento da planta foi dividido em três fases: FASE I – da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; FASE II – do aparecimento da primeira

folha trifoliolada até o início da floração; FASE III – da floração até a formação completa das primeiras vagens.

3.2 Experimentos

3.2.1 Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido a tempos crescentes de irrigação com água salina ao longo do desenvolvimento da cultura.

O experimento foi desenvolvido em um fatorial 2 (níveis de salinidade) x 3 (tempos de exposição a salinidade ao longo do desenvolvimento da cultura), com delineamento inteiramente casualizado, dando origem a seis tratamentos com quatro repetições de duas plantas em cada vaso. Foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- 1 – plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até 12 DAS, quando as plantas foram colhidas;
- 2 - plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até 12 DAS, quando as plantas foram colhidas;
- 3- plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até 42 DAS, quando as plantas foram colhidas;
- 4- plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até 42 DAS, quando as plantas foram colhidas;
- 5- plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo da cultura (até 55 DAS), quando as plantas foram colhidas (tratamento Controle);
- 6- plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo da cultura (até 55 DAS), quando as plantas foram colhidas (tratamento Salino).

As medidas de crescimento (altura e número de folhas por planta) foram feitas em uma das plantas de cada vaso e em datas diferenciadas. Essas plantas foram usadas para determinações da área foliar, da massa da matéria seca e do teor de elementos minerais das diferentes partes da planta. As coletas foram efetuadas aos 12 DAS, quando metade mais um das plantas apresentavam o primeiro trifolíolo totalmente expandido, aos 42 DAS, quando

metade mais um das plantas iniciaram a frutificação, para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 e, para os tratamentos 5 e 6, essas medições foram realizadas aos 55 DAS, quando metade mais um das plantas haviam atingido o final da frutificação. Um ou dois dias após as medidas de crescimento, ou seja, aos 13, 43 e 57 DAS, a planta restante em cada vaso foi utilizada para as determinações de potencial hídrico (Ψ_w) e de potencial osmótico (Ψ_s).

3.2.2 Parâmetros fisiológicos do feijão de corda irrigado com água salina em diferentes fases de desenvolvimento da cultura

Esse experimento foi desenvolvido em um fatorial 2 (níveis de salinidade) x 3 (fases de exposição ao sal), com delineamento inteiramente casualizado, dando origem a seis tratamentos com quatro repetições de duas plantas em cada vaso. Foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- 1 - plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento Controle);
- 2 - plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento Salino);
- 3 - plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE I, seguindo-se de irrigação com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento água na FASE I → sal nas FASES II e III);
- 4 - plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE I, seguindo-se de irrigação com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento sal na FASE I → água nas FASES II e III);
- 5 - plantas irrigadas com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE II, seguindo-se de irrigação com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento água nas FASE I e II → sal na FASE III);
- 6 - plantas irrigadas com solução salina (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE II, seguindo-se de irrigação com água (CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) até o final da FASE III, quando as plantas foram colhidas (tratamento sal nas FASES I e II → água na FASE III).

Usando-se uma das plantas de cada vaso e em datas diferenciadas, as medidas de crescimento (altura e o número de folhas por planta) foram feitas aos 27 (início da FASE II:

início da floração) 40 (início da FASE III: início da frutificação) e 55 DAS (final da FASE III: final da frutificação), e as de trocas gasosas no 45^o DAS. A colheita final dessas plantas foi feita aos 55 DAS, sendo elas separadas em folhas, caule+pecíolos e raízes. Após esta colheita, o material foi usado para determinações: da área foliar, da massa da matéria seca e dos teores de elementos minerais e de solutos orgânicos. No dia seguinte, ou seja, aos 56 DAS, a planta restante em cada um dos vasos foi utilizada para as determinações de potencial hídrico (Ψ_w) e de potencial osmótico (Ψ_s).

3.3 Medições e determinações

3.3.1 Condutividade elétrica e teores de minerais do solo

Para uma melhor eficiência na extração dos minerais do solo se utilizou uma hidratação do mesmo com água na proporção de 1:1 (m:v), de acordo com Richards (1954). Uma amostra do solo de cada vaso foi coletada, homogeneizada e dela se retirou 100g. A esta amostra adicionou-se, paulatinamente, 100 mL de água desionizada. Essa mistura (pasta) foi amassada com espátula de aço inoxidável e deixada em repouso por 4 horas. A pasta saturada de água foi transferida para um funil de *büchner* contendo papel de filtro e adaptado a um quitasato, acoplado a uma bomba de vácuo. O extrato aquoso obtido por filtração a vácuo foi utilizado para medição da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e para as análises dos teores de Na^+ , K^+ e Cl^- .

O extrato aquoso foi diluído em água desionizada, procedendo-se a leitura de sódio e potássio em fotômetro de chama (*DM 61, Digimet, São Paulo, Brasil*). Os cálculos foram expressos em mmol Carga kg^{-1} de solo seco.

Para a determinação de cloreto seguiu-se o método de *Volhard* (GAINES; PARKER; GASCHO, 1984). Uma alíquota de 1 mL do extrato aquoso foi transferido para um erlenmeyer de 100 mL e a ele acrescentou-se 50 mL de água e 3 gotas do tio-cianeto de potássio, sob agitação. A solução foi titulada com nitrato de prata até o aparecimento da coloração vermelho consistente, tendo como prova em branco (água + tio-cianeto de potássio + nitrato de prata). Os valores obtidos foram expressos em mmol Carga kg^{-1} matéria seca. A

condutividade elétrica foi medida no extrato aquoso (CEes), utilizando-se um condutivímetro digital (*DM 3, DIGIMED, São Paulo, Brasil*). Os valores obtidos foram expressos em dS m^{-1} .

3.3.2 Medidas de crescimento

Foram feitas medições não destrutivas (altura e contagem do número de folhas por planta) ao longo do desenvolvimento da cultura e no final de cada experimento as plantas foram colhidas, separadas em folhas, caule+pecíolos e raízes e, determinou-se a área foliar, utilizando-se um medidor de área (*LI-3100, Área Meter, Li-Cor., Inc., Lincoln, Nebraska, USA*). Em seguida, as partes das plantas foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, quando se determinou a massa da matéria seca.

3.3.3 Relações hídricas e trocas gasosas

As determinações do potencial hídrico (Ψ_w) da planta foram feitas na 4^a folha totalmente expandida a partir do ápice, utilizando-se uma bomba de pressão (*Soilmoisture Equipament Corp., Santa Bárbara, CA, USA*). Em seguida, esta folha foi congelada para posterior determinação do potencial osmótico (Ψ_s).

Na determinação do potencial osmótico descongelou-se o material, macerou-se em almofariz e em seguida, a amostra foi envolvida por um tecido de malha fina e prensado em uma seringa descartável para obtenção do suco celular. O líquido obtido foi centrifugado a $10.000 \times g$ por 2 min e o precipitado foi descartado. O sobrenadante foi coletado para a determinação do potencial osmótico foliar, usando-se um microsmômetro (*Vapro 5520, Wescor, Logan, Utah, EUA*). Os valores de Ψ_w e de Ψ_s foram expressos em MPa.

As medições das trocas gasosas foram feitas na parte mediana da primeira folha mais jovem, completamente expandida de cada planta, usando-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (*LCi, ADC, Hoddesdon, UK*). As medições ocorreram sempre entre 09:00 e 12:00 h, em condições de umidade relativa do ar, temperatura e radiação ambientais normais.

3.3.4 Determinação de minerais nas plantas

Os minerais Na, Cl, e K foram determinados a partir da maceração em almofariz do material vegetal utilizado na análise da matéria seca. Homogeneizou-se 1 g do material em 50 mL de água desionizada, passada através de filtros miliporos (mili-Q). Em seguida, essa mistura foi submetida à agitação por 2 horas e filtrada em papel de filtro do tipo lento. O extrato obtido foi mantido sob refrigeração (mantendo o material no gelo) até a realização das análises (MIYAZAWA *et al.*, 1984).

Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chama, após diluição do extrato em água desionizada e filtrada (mili-Q). Para a determinação do cloreto, ao extrato diluído adicionou-se, sob agitação, uma mistura de 0,5 mL do reagente $\text{Hg}(\text{SCN})_2 - \text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Em seguida, essa mistura foi mantida em repouso por 15 minutos. O teor de cloreto foi determinado em espectrofotômetro a 460nm (GAINES *et al.*, 1984). O cloreto foi expresso em mg g MS^{-1} .

3.3.5 Determinação de solutos orgânicos nas plantas

3.3.5.1 Preparação do extrato

As partes da planta, previamente separadas (folhas, caule+pecíolos e raízes), foram cortadas em pequenos pedaços, protegidas por envelopes de papel alumínio perfurado, liofilizadas e mantidas em um *freezer* até serem usadas para análise.

O extrato base para determinação dos solutos orgânicos foi obtido a partir da maceração, em almofariz, de 200 mg do tecido liofilizado e 4,0 mL de tampão fosfato de potássio a 100 mM, pH 7,6. O macerado foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 15.000 x g durante 15 minutos, sendo o sobrenadante (extrato) armazenado a -25°C até o momento das análises. Todos os procedimentos foram conduzidos à temperatura ambiente (GUIMARÃES, 2005; AZEVEDO NETO, 2005).

3.3.5.2 Carboidrato solúvel

Os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois *et al.* (1956). Adicionou-se a cada tubo de ensaio o extrato diluído em água (concentrações variadas em função da parte da planta analisada), fenol a 5% e ácido sulfúrico concentrado, seguido de agitação vigorosa da mistura e repouso em bandeja contendo água à temperatura ambiente (25°C) por 10 a 20 minutos. Os carboidratos solúveis foram quantificados em espectrofotômetro a 490nm, sendo usado como branco a mistura constituída de 500 µL de água, 500µL de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os teores de carboidratos solúveis foram determinados por meio de uma curva padrão, utilizando-se D(+) glicose anidra, os cálculos da concentração de carboidratos, tiveram como referência a equação obtida por esta curva, sendo expressos em µmol de carboidratos gMS⁻¹.

3.3.5.3 Proteína solúvel

Para a determinação de proteínas solúveis, utilizou-se o método desenvolvido por Bradford (1976). O reagente de *Bradford* foi preparado dissolvendo 0,1g de *Coomassie Brilliant Blue* em etanol a 95% com agitação constante durante 1h, sem aquecimento. Em seguida, adicionou-se a essa solução 100 mL de ácido fosfórico a 85%, completando-se o volume para 1 L com água desionizada. Para determinação do teor de proteínas misturou-se 100 µL do extrato diluído em água com 1 mL do reagente de *Bradford*, acima mencionado. Após 10 e 20 min da adição do reagente, foram feitas as leituras de absorvância em espectrofotômetro a 595 nm. O branco da reação foi preparado pela mistura de 100 µL do tampão de extração com 1,0 ml do *Coomassie Brilliant Blue*. A albumina sérica bovina (BSA) foi a proteína utilizada na curva padrão. Os resultados foram expressos em mg de proteína solúvel.g MS⁻¹.

3.3.5.4 N-aminossolúvel

A concentração de compostos N-aminossolúveis foi determinada pelo método de Yemm e Cocking (1955). Em tubos de ensaio, foram adicionados: 500 μL do extrato devidamente diluído em água, 250 μL do tampão citrato 0,2M, 500 μL de KCN 0,2 mM e 100 μL de ninhidrina a 5%. Os tubos de ensaio foram tampados, agitados e depois colocados em banho-maria por 20 minutos, a 100 °C. Após 20 minutos, a reação foi interrompida por resfriamento dos tubos em banho de gelo. Em seguida, foi adicionado etanol para a fixação da cor desenvolvida (violeta). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 570 nm, usando-se como branco 600 μL da mistura reveladora (500 μL de KCN a 0,1M + 100 μL do tampão citrato a 0,2 M, pH 5,0). O aminoácido utilizado na curva padrão foi a L-glicina. Os cálculos da concentração de aminoácidos tiveram como referência a equação obtida para a curva padrão, sendo expressos em μmol aminoácidos. g MS^{-1} .

3.4 Análise Estatística

Os resultados de cada experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando necessário, foram feitas comparações das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando-se o programa SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram analisados, separadamente, para cada um dos experimentos: no primeiro estudaram-se os efeitos do tempo de exposição aos sais no crescimento, desenvolvimento e em alguns parâmetros fisiológicos, enquanto que no segundo foram estudados os efeitos da exposição aos sais em cada fase do desenvolvimento da cultura no crescimento, desenvolvimento e em alguns parâmetros fisiológicos. Além disso, em cada experimento, foram analisadas as mudanças na condutividade elétrica e na composição mineral da solução do solo, devidas à irrigação com água salina.

4.1 Experimento 1 - Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido a tempos crescentes de irrigação com água salina ao longo do desenvolvimento da cultura.

4.1.1 Condutibilidade Elétrica e Teores de Minerais do solo

A Análise de Variância da condutibilidade elétrica extrato de saturação do solo (CEes) em que foram cultivadas plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e a três tempos de exposição (Tabela 1 em Anexo). Houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação entre dois fatores (S x Te).

Quando as diferentes médias foram comparadas entre si observou-se que a salinidade provocou um aumento significativo na CEes a medida que o tempo de exposição das plantas ao estresse foi incrementado (Figura 1). Analisando-se os efeitos da salinidade da água de irrigação em cada um dos tempos de exposição das plantas ao estresse observou-se que a salinidade também provocou aumentos na CEes, em relação ao controle ($CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$). Esse efeito aumentou à medida que o tempo de exposição aos sais foi incrementado, sendo que no final do experimento (55 DAS) a diferença entre tratamento salino e controle foi de três vezes maior do que a 12 DAS. No tratamento controle (irrigação com água de CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$) o aumento da CEes só foi estatisticamente significativo no final do período experimental. Diferentes autores, trabalhando com diferentes culturas observaram resultados semelhantes (BORELLA, 1986; SOUZA, 1995; BLANCO, 1999; GERVÁSIO *et al.*, 2000; AQUINO, 2005).

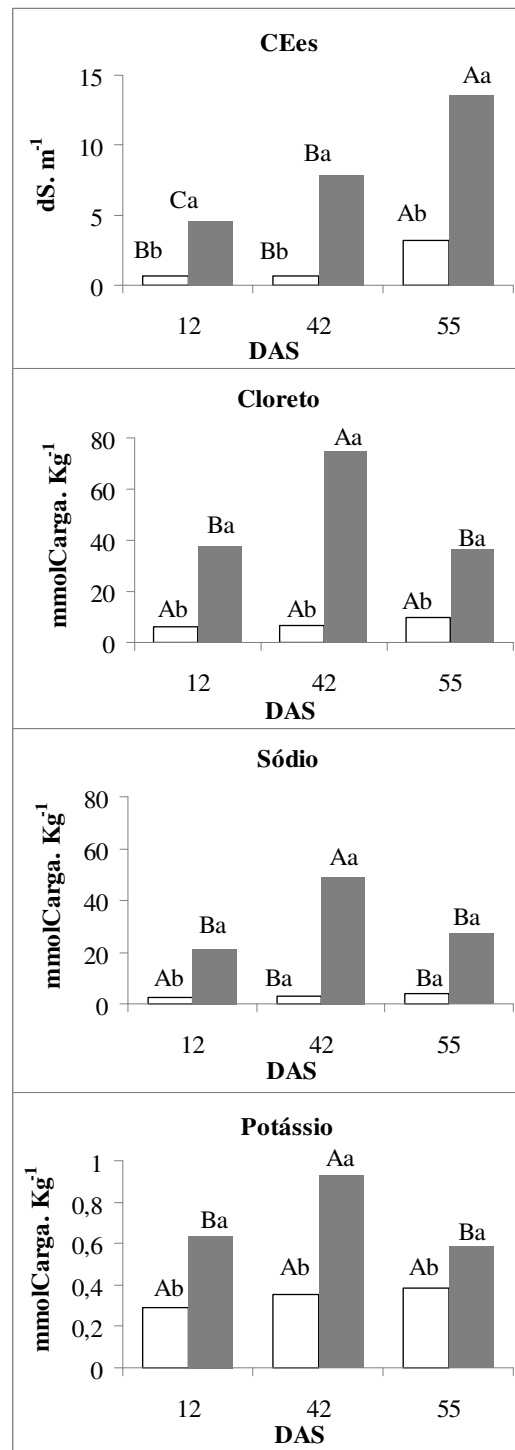


Figura 1 - Condutibilidade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e teores de cloreto, sódio e potássio no mesmo extrato em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

A Análise de Variância dos minerais (Na^+ , K^+ e Cl^-) do extrato de saturação do solo em que foram cultivadas plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e a três tempos de exposição (Tabela 1 em Anexo). Houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação entre dois fatores (S x Te).

Quando as diferentes médias foram comparadas entre si observou-se o efeito acumulativo da aplicação no solo dos vasos das plantas submetidas ao estresse salino (Figura 1). Os teores de cloreto e de sódio no solo aumentaram significativamente no tratamento salino, sendo esse aumento mais acentuado para o cloreto. Queiroz e Bull (2006), mostraram que o sódio foi o elemento que mais aumentou no tratamento salino, induzido por NaCl. No nosso experimento os sais utilizados na água do tratamento salino foram uma mistura de NaCl, CaCl_2 e MgCl_2 , portanto, a aparente discrepância nesses resultados deveu-se à composição dos sais usados na água de irrigação. Os maiores acúmulos de Cl^- , Na^+ e K^+ nos solos salinizados ocorreram aos 42 DAS, ou seja: houve aumento no teor desses elementos no solo de 12 para 42 DAS, seguida de uma diminuição de 42 para 55 DAS. Uma possível explicação para a diminuição na quantidade de íons acumulados no solo durante o final do experimento (55 DAS) seria uma maior demanda da planta por estes íons devido à frutificação. Os dados aqui obtidos no final do período experimental mostraram que não houve concordância entre o máximo observado para a CEes (55 DAS) e os máximos obtidos para os teores dos Cl^- , Na^+ e K^+ , como foi verificado anteriormente por Assis Júnior (2007), estudando as variações na composição do solo em que foi cultivado o mesmo feijão de corda EPACE 10, submetido à mesma salinidade (CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) e sem nenhuma fração de lixiviação durante todo o seu ciclo. Essa aparente discrepância de resultados deve-se ao fato de que a salinização da água usada por Assis Júnior (2007) foi obtida graças ao incremento na concentração de NaCl, enquanto que aqui usou-se uma mistura de NaCl, CaCl_2 e MgCl_2 . Além disso, esses resultados sugerem que no nosso caso outros íons foram fundamentais para a elevação da CEes.

4.1.2 Medidas de Crescimento das plantas

A Análise de Variância dos parâmetros de crescimento (MSF, MSC e MSR) de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de

exposição ao estresse (Tabela 2 em Anexo). Houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr) e tempo de exposição aos sais (Te), entretanto, os níveis de salinidade (S) e a interação (S x Te) foram significativos apenas no que se refere à MSC.

Apesar das médias não diferirem estatisticamente com relação à matéria seca das folhas a mesma foi reduzida pela aplicação do tratamento salino na água de irrigação, com essa redução ocorrendo aos 42 e 55 DAS (Figura 2). Analisando-se os efeitos dos tratamentos na água de irrigação em cada um dos tempos de exposição das plantas ao estresse observou-se que o maior valor na (MSF) ocorreu aos 42 DAS, independente da água (salina ou controle) utilizada na irrigação. Quando as médias da (MSC) foram comparadas entre si observou-se diferenças estatísticas entre o tratamento salino e controle apenas ao final do período experimental (55 DAS) em que ocorreu um decréscimo acentuado na massa seca do caule. Quanto ao efeito dos tempos crescentes de exposição aos tratamentos foi observado um crescimento linear da massa seca do caule quando submetida à irrigação com a solução controle e uma diminuição aos 42 e 55 DAS devido à solução salina (Figura 2). Em relação à matéria seca das raízes, observou-se que o estresse salino não provocou alterações significativas. Porém os maiores valores foram apresentados pelas plantas coletadas durante os 42 DAS (Figura 2). O menor efeito da salinidade observado nas raízes pode ser uma resposta típica das glicófitas, onde a parte mais afetada pelo sal é a parte aérea.

Neves (2008), trabalhando em condições de campo com a mesma cultivar avaliada no presente estudo, verificou que a irrigação com água salina (CEa de $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$) de forma contínua durante todo o ciclo reduziu a produção de matéria seca da parte aérea, em relação às plantas irrigadas com água do poço. Estes resultados distintos podem estar relacionados com o método de cultivo (campo) e o período em que o experimento foi analisado.

Outras culturas como o melão irrigado com águas salinas em diferentes períodos do desenvolvimento da planta também foi afetado negativamente. Porto Filho (2006) estudando os efeitos de aplicação de águas de irrigação com diferentes níveis de salinidade, usadas durante todo o ciclo ou de forma incremental ao 0, 30 e 50 DAS nas diferentes etapas de desenvolvimento do melão, concluiu que os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram negativamente a massa seca da parte aérea e a área foliar.

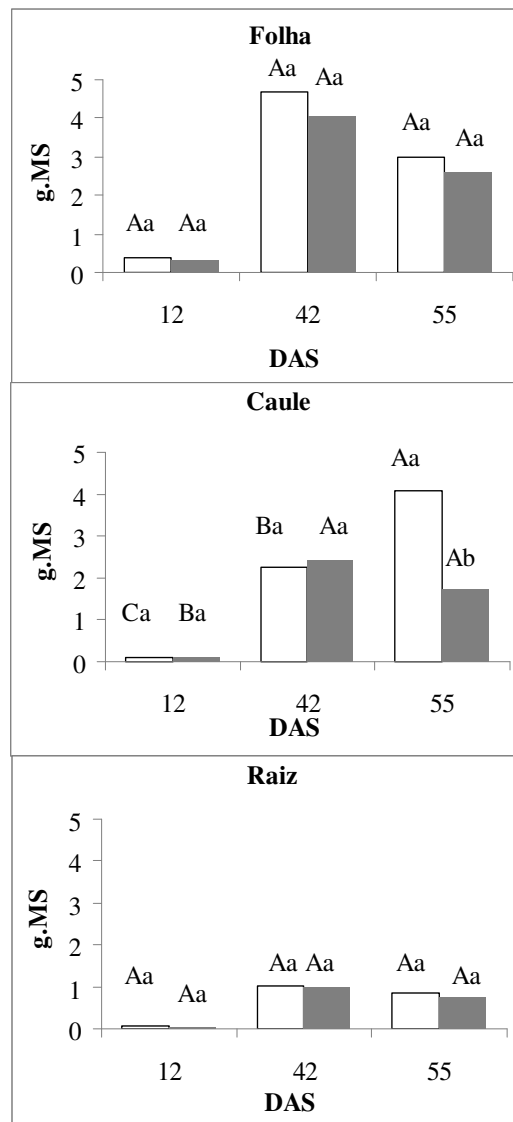


Figura 2 - Matéria seca das folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□- controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

A Análise de Variância (Tabela 2 em Anexo) dos demais parâmetros de crescimento (Alt, AF e NF) mostrou que houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr) e tempo de exposição aos sais (Te) para todos os parâmetros analisados. Houve diferença estatisticamente significativa para os níveis de salinidade (S) quando foram analisados os parâmetros ALT e AF, entretanto, os níveis de salinidade (S) não afetaram o NF. A análise da interação (S x Te) mostrou que apenas (AF) foi afetada significativamente.

As médias diferiram estatisticamente com relação à interação dos dois fatores em relação à área foliar ao compararem-se plantas submetidas à solução controle e salina, observou-se uma redução aos 42 e 55 DAS devido à salinidade. Quanto aos tempos crescentes de exposição à salinidade ocorreu um aumento deste parâmetro dos 12 para os 42 DAS seguido de decréscimo dos 42 para os 55 DAS (Figura 3). A altura das plantas e o número de folhas não foram afetados significativamente pela salinidade nos tempos crescentes de irrigação (Figura 3).

Praxedes (2008), também observou inibição na área foliar, ao utilizar duas cultivares de feijão de corda, estudadas após 10 dias de imposição ao estresse salino. O declínio no crescimento foliar é visto como uma resposta adaptativa inicial das glicófitas à salinidade, evitando a perda excessiva de água através da transpiração (GREENWAY; MUNNS, 1980). Entretanto, este artifício provoca uma diminuição na área foliar disponível para a fotossíntese, reduzindo o acúmulo de biomassa nos órgãos da planta (KHAN *et al.*, 2000; PARIDA *et al.*, 2004).

O padrão observado para o número de folhas apesar de não significativo estatisticamente foi semelhante ao da área foliar, mostrando que a redução da área foliar dos 42 para os 55 DAS se deveu à redução do número de folhas (abscisão) uma das respostas da planta ao estresse salino.

Em relação à altura, o presente trabalho discordou de vários autores, Sousa (2007), estudando o efeito da salinidade em plantas de feijão de corda observou que a partir de 4 dS m⁻¹ as plantas apresentaram uma acentuada redução no seu crescimento. Lucena *et al.* (1983) após cultivarem feijão de corda e sorgo em solos salinizados, com condutividade elétrica do extrato de saturação acima de 8 dS m⁻¹ uma condutividade elétrica superior a utilizada neste trabalho, observaram que as plantas tiveram o crescimento em altura sensivelmente afetado, sendo o feijão de corda o mais sensível.

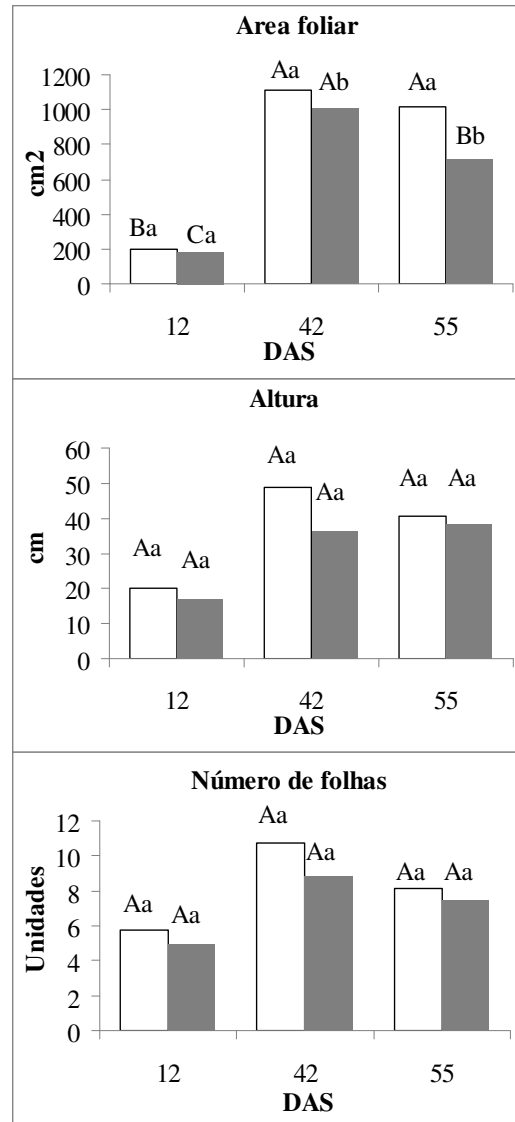


Figura 3 - Área foliar, altura e número de folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

Uma possível explicação para uma diminuição do crescimento vegetativo mais acentuado no último período analisado pode ser explicada porque durante a fase reprodutiva e quando sob estresse, os assimilados seriam direcionados para os frutos, influenciando no desenvolvimento da planta (MAAS, 1990).

Os primeiros 12 DAS, que coincidiu com a fase vegetativa da planta, de maneira geral foram pouco afetados pela salinidade nos parâmetros analisados. Discordando dos resultados obtidos por Moreira *et al.* (2007) com a mesma cultivar e nível de salinidade. Porém a tolerância das culturas aos sais é afetada por vários fatores, incluindo-se aí o estágio de desenvolvimento, a duração da exposição ao estresse, as condições ambientais, as propriedades do solo, o tipo e a intensidade do manejo (MAAS, 1990). Além disso, nem todas as partes da planta são igualmente afetadas pela salinidade (MORALES *et al.*, 2001).

4.1.3 Relações Hídricas

A análise de Variância do *status* hídrico (Ψ_wF e Ψ_sF) de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição (Tabela 3 em Anexo) mostrou que houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação (S x Te) com exceção do nível de salinidade do (Ψ_wF).

O potencial osmótico das plantas irrigadas com a solução controle manteve-se constante durante todo o período experimental, enquanto nas plantas submetidas à salinidade ele decresceu de 12 para 42 DAS, quando se manteve constante até o final do período experimental (Figura 4; Tabela 1). Quando se comparou os valores de (Ψ_sF) das plantas irrigadas com solução controle e salina, observou-se que a partir de 42 DAS ele foi sempre mais negativo nas plantas submetidas ao estresse salino, como era de se esperar. Pereira *et al.* (2005), avaliando o potencial osmótico da parte aérea de plantas de tomateiro, cultivar Santa Clara, submetidas a concentrações crescentes de NaCl e cultivadas em solução nutritiva observaram que o potencial osmótico, na parte aérea diminuiu com o aumento nas concentrações salinas e concluíram que a redução do potencial osmótico observado nas plantas estressadas parece ser resultado do acúmulo de íons nas folhas.

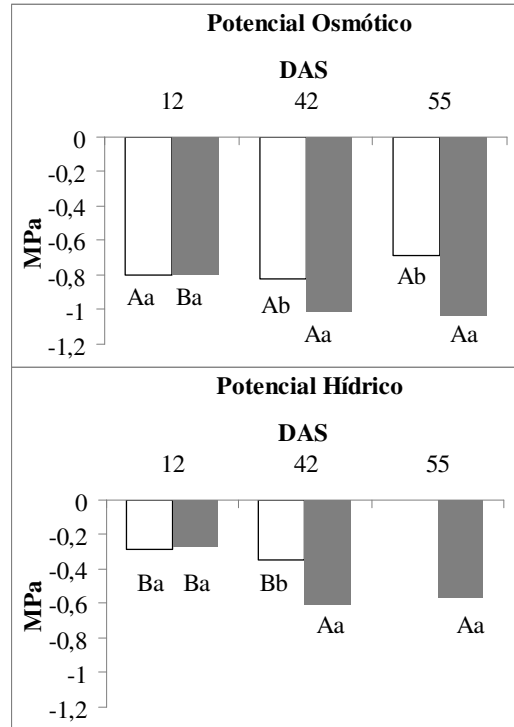


Figura 4 - Potencial Osmótico e hídrico das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□- controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação (p < 0,05); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação (p < 0,05).

O potencial hídrico das plantas irrigadas com a solução controle manteve-se constante até os 42 DAS, enquanto nas plantas submetidas à salinidade ele decresceu de 12 para 42 DAS, quando se manteve constante até o final do período experimental (Figura 4; Tabela 1). Quanto ao potencial hídrico foliar este foi reduzido pela salinidade aos 42 DAS (Figura 4; Tabela 1). Quando se comparou os valores de (Ψ_wF) das plantas irrigadas com solução controle e salina, nos diferentes tempos de exposição ao sal, observou-se que só houve diferença estatisticamente significativa aos 42 DAS, quando ele foi mais negativo nas plantas submetidas ao estresse salino (Figura 4; Tabela 1). Não foi possível fazer comparações aos 55 DAS porque houve problema com a medição do Ψ_wF das plantas controle. Como o potencial hídrico é responsável pelo fluxo de água na planta, sob condições de salinidade as plantas reduzem seu potencial hídrico, tornando possível a manutenção da sua capacidade de absorver água (HERNANDEZ *et al.*, 1999; ROMERO-ARANDA *et al.*, 2001). Essa redução deve-se, em parte, ao acúmulo de íons na planta, o que reduz seu potencial osmótico. Quando se analisa dentre os componentes do potencial hídrico os que são relevantes para o crescimento celular, verifica-se que, além do potencial osmótico o potencial de pressão desempenha papel relevante (JONES, 1992). A medida que a água penetra em uma célula, o seu potencial de pressão aumenta (Ψ_p), acarretando um incremento na pressão exercida sobre a parede celular, que resulta na distensão da parede, com conseqüente aumento no volume da célula. Se a parede cede, a célula aumenta de volume e o potencial de pressão diminui, provocando também, decréscimo no seu potencial hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os resultados aqui obtidos mostraram que sob condições de salinidade o Ψ_pF das plantas teve uma tendência crescente, especialmente após 42 DAS (Tabela 1). Apesar disso, nesse mesmo período houve diminuição do crescimento foliar no tratamento salino, quando comparado com o controle (Figura 3). A explicação para este fato pode ser devida ao fato de que a parede celular “perdeu” a sua capacidade de se distender (perdeu a extensibilidade), devido à salinidade e isto resultou numa diminuição do volume celular e, como conseqüência, decréscimo da área foliar (PRISCO, 1980).

Tabela 1 – *Status* hídrico de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 cultivadas submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.

DAS	CONTROLE (MPa)			SALINO (MPa)		
	Ψ_{wF}	Ψ_{sF}	Ψ_{pF}	Ψ_{wF}	Ψ_{sF}	Ψ_{pF}
12	- 0,29Ba	- 0,80Aa	0,51	- 0,27Ba	- 0,80Ba	0,53
42	- 0,35Bb	- 0,82Ab	0,47	- 0,60Aa	- 1,01Aa	0,41
55	-	- 0,68Ab	-	- 0,56Aa	- 1,04Aa	0,48

DAS = dias após a semeadura; CONTROLE = plantas irrigadas com solução controle ($CEa = 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$); SALINO = plantas irrigadas com solução salina ($CEa = 5,0 \text{ dS.m}^{-1}$); Ψ_{wF} = potencial hídrico foliar; Ψ_{sF} = potencial osmótico foliar; Ψ_{pF} = potencial de pressão foliar ou pressão de turgescência ($\Psi_{wF} - \Psi_{sF}$). Valores seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação e com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto ao tempo de irrigação ($p > 0,05$).

4.1.4 Minerais nas plantas

A análise de Variância do teor de minerais (Na^+ , K^+ e Cl^-) nas folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse (Tabela 4 em Anexo). A ANOVA do Na^+ , mostrou que houve diferença, estatisticamente significativa para níveis de salinidade (S), tempo de exposição ao estresse (Te) e para a interação (S x Te), em todos os órgãos da planta. No caso do K^+ , houve diferença significativa para tratamentos (Tr) e tempo de exposição ao estresse (Te) em todos os órgãos da planta; nas folhas e no caule não houve diferença significativa com relação aos níveis de salinidade da água de irrigação (S). Quanto à interação (S x Te), houve diferença significativa em todos os órgãos, exceto nas raízes. Quando se analisou os níveis de cloreto observou-se que houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), níveis de salinidade (S) e tempo de exposição ao estresse (Te), mas com relação à interação (S x Te) ela somente não foi significativa nas raízes.

Quando as diferentes médias foram comparadas entre si observou-se que o estresse salino provocou aumento nos teores de cloreto nas diversas partes da planta, independente do tempo de exposição aos tratamentos. Entretanto, a percentagem de aumento foi diferenciada em função do órgão analisado, com o maior valor sendo alcançado nas folhas e caules das plantas coletadas aos 55 DAS (Figura 5). Nas plantas do tratamento salino, quando se confronta o acúmulo de cloreto entre os períodos amostrados, observa-se um comportamento bastante diferenciado, com um aumento do cloreto foliar ao longo do desenvolvimento da cultura e uma redução do teor desse elemento nas raízes do primeiro para o último tempo de exposição aos tratamentos (Figura 5).

Aos 12 DAS, o cloreto estava distribuído em toda a planta, aos 42 DAS havia um leve aumento relativo do cloreto nas folhas enquanto aos 55 DAS o percentual maior de cloreto foi encontrado nas folhas, seguido do caule nas plantas submetidas à salinidade (Figura 5).

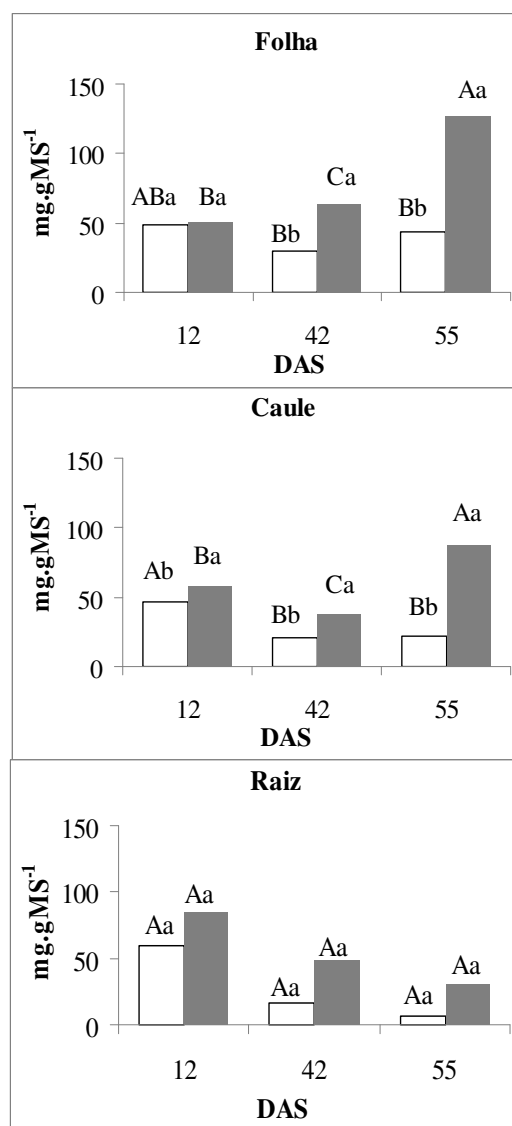


Figura 5 – Teores de cloreto nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□- controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

Com exceção do último período de coleta (55 DAS), a salinidade não afetou o teor de sódio nas folhas. Por outro lado, tanto no caule quanto nas raízes houve aumento do sódio devido aos sais em todos os tempos analisados (Figura 6). Aos 55 DAS, os teores de sódio das plantas irrigadas com solução salina foi maior no caule (Figura 6), resultado também encontrado por Lacerda (1995) e Silva (1998), o que pode ser explicado pelo fato deste íon, durante o seu transporte pela planta, ou seja, das raízes até as folhas, ser eliminado do fluxo transpiratório para ser armazenado nos tecidos do caule e pecíolo (SILVA, 1998); Além disso, o íon sódio pode ser prontamente translocado por meio do floema e, desta forma, redistribuído por toda a planta (LARCHER, 2000).

Nas folhas o Cl^- aumentou aos 42 e 55 DAS enquanto o Na^+ aumentou apenas no último tempo de exposição. No caule, os teores de Cl^- e Na^+ aumentaram em todos os períodos. O cloreto aumentou muito mais nas folhas enquanto o sódio aumentou mais nos caules, resultado semelhante ao observado por Sousa *et al.* (2007), que estudando o efeito da salinidade nos teores minerais de plantas de feijão de corda constaram um efeito significativo nos teores de Na^+ e Cl^- do caule, enquanto nas folhas a salinidade influenciou apenas os teores de cloreto. Neves (2008), estudando o efeito da salinidade em diferentes períodos de desenvolvimento de plantas de feijão de corda cultivadas em campo, observou que os tratamentos de irrigação influenciaram os teores de íons nas folhas e nos caules. Os teores de Na^+ foram maiores no caule, refletindo o mecanismo de retenção desse íon nas plantas de feijão de corda, evitando seu acúmulo excessivo nos tecidos foliares, fato também observado no presente trabalho.

A localização do Na^+ na planta parece ser importante, já que nas espécies mais resistentes ao sal, este íon fica concentrado nas raízes (SUHAYDA *et al.*, 1992; OKUSANYA; OYESIKU, 1994). Ferreira (2005) observou que o teor de Na^+ nas raízes das duas espécies de *Vigna* aumentou com o concentração de NaCl no meio externo. No entanto, a espécie *V.luteola* (tolerante) destacou-se pelo acúmulo muito elevado de Na^+ em suas raízes e menor teor de K^+ em comparação à *V. unguiculata* (sensível). Em folhas de *Vigna unguiculata* ocorreu um acréscimo progressivo na concentração de Na^+ com o aumento da salinidade. Embora *V. luteola* tenha apresentado mais Na^+ que *V. unguiculata* nas raízes, ela tem menor concentração deste íon nas folhas sob alta salinidade, sugerindo que esta espécie é mais eficiente na regulação do transporte iônico para a parte aérea. No presente trabalho a planta também se utilizou de mecanismos de defesa evitando o acúmulo deste íon nas folhas.

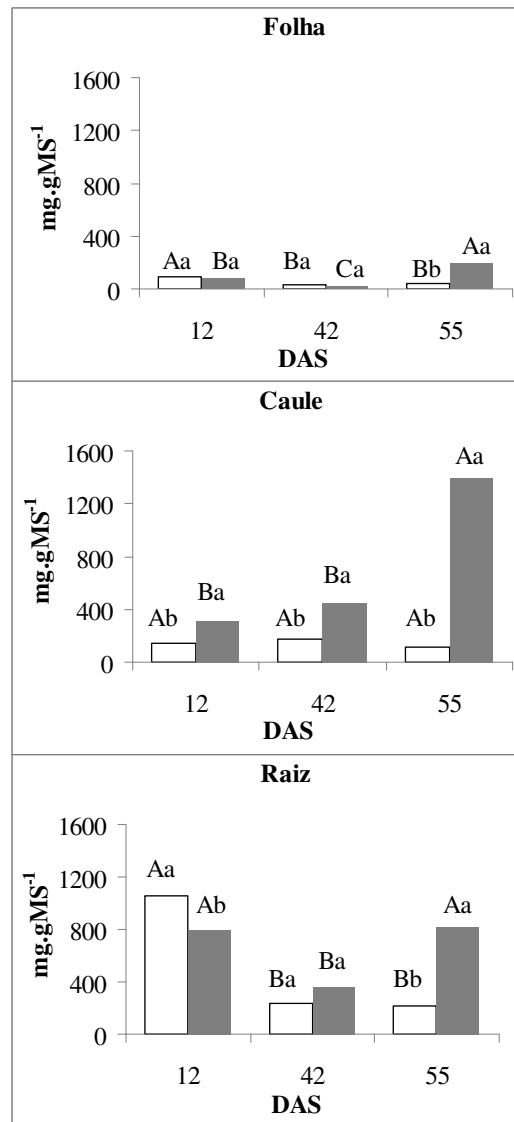


Figura 6 - Teores de sódio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

Os teores de potássio foram influenciados significativamente na folha apenas em relação aos três tempos crescentes submetidos à solução salina com um decréscimo deste íon dos 42 DAS para os 55 DAS. No caule quando as plantas submetidas ao estresse foram comparadas ao controle apresentaram uma redução desse íon aos 12 DAS seguida de um aumento aos 42 DAS e na raiz não apresentaram diferenças significativas (Figura 5). A pequena influencia da salinidade na absorção de K^+ pelas plantas no presente experimento contradiz a teoria de que existe um antagonismo entre o íon sódio e o potássio (MARSCHNER, 1995). Entretanto, esta relação antagônica verificada em muitas espécies (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; LACERDA *et al.*, 2003; TÁVORA *et al.*, 2004) não tem sido observada na maioria das cultivares de feijão de corda (COSTA *et al.*, 2003). De acordo com Lacerda (2005), as diferentes respostas obtidas em relação ao teor deste íon podem estar relacionadas com a duração do estresse salino e com a idade das folhas amostradas.

A manutenção de níveis adequados de K^+ é essencial para a sobrevivência de plantas em ambientes salinos. O K^+ é o mais proeminente soluto inorgânico da planta e como tal tem uma contribuição fundamental para o baixo potencial osmótico das células das raízes, o que é um pré-requisito para a pressão de turgor que determina o transporte de soluto via xilema e o balanço de água na planta (MARSCHNER, 1995).

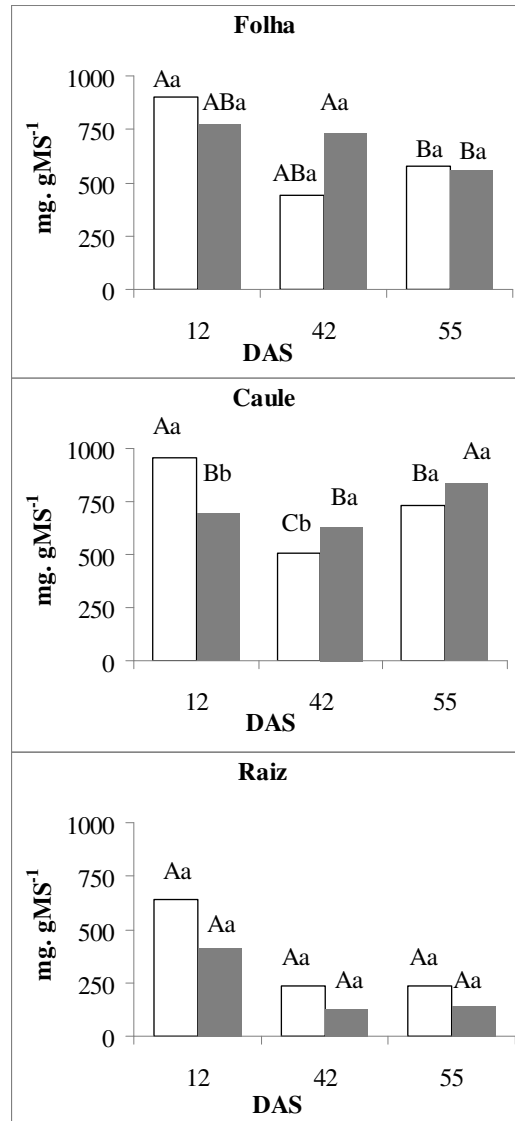


Figura 7 - Teores de potássio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 em função dos tempos de irrigação (DAS) com água de diferentes salinidades (CEa).

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); DAS = dias após a semeadura; em uma mesma data as colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto a salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto aos tempos de irrigação ($p < 0,05$).

4.2 Experimento 2 - Parâmetros fisiológicos do feijão de corda irrigado com água salina em diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

4.2.1 Condutibilidade Elétrica e Teores de Minerais do solo

A Análise de Variância da condutibilidade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) em que foram cultivadas plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento (Tabela 5 em Anexo). Evidenciou que houve diferença, estatisticamente significativa, para tempo de exposição aos sais (Te) e interação entre dois fatores (S x Te), tendo como exceção a salinidade (S) que não apresentou diferenças significativas.

Quando as diferentes médias foram comparadas entre si, observou-se que a salinidade provocou um aumento significativo na CEes quando as plantas foram expostas a salinidade em todas as suas fases de desenvolvimento (I+II+III) (Figura 8). Analisando-se os efeitos da salinidade da água de irrigação apenas na fase I quando comparado com o inverso, observou-se um aumento na CEes no tratamento que recebeu água salina nas suas duas últimas fases, quando comparado ao tratamento que recebeu o controle (CEa= 0,5 dS. m⁻¹) na fase inicial e ao final água salina. A (CEes) foi maior quando o solo foi exposto a salinidade apenas na ultima fase (III). Do exposto, observa-se que o solo que recebeu solução salina durante todo ou maior parte do período experimental foi o que apresentou maior condutividade elétrica, o que era esperado. A (CEes) do solo que recebeu solução salina em duas fases de desenvolvimento e na fase III não foi exposto a salinidade mostrou que a utilização de água de boa qualidade (0,5 dS.m⁻¹) durante a fase final do experimento provocou uma lavagem do mesmo.

A Análise de Variância dos minerais (Na⁺, K⁺ e Cl⁻) presentes no extrato de saturação do solo em que foram cultivadas plantas de feijão de corda cv EPACE 10 encontrada na Tabela 1 em Anexo, mostrou que em relação ao K⁺ houve diferença, estatisticamente significativa para tratamentos (Tr), níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação entre dois fatores (S x Te). Quando se analisou os níveis de cloreto e sódio observou-se que houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), tempo de exposição ao estresse (Te), e interação (S x Te), não sendo significativa quanto aos níveis de salinidade (S).

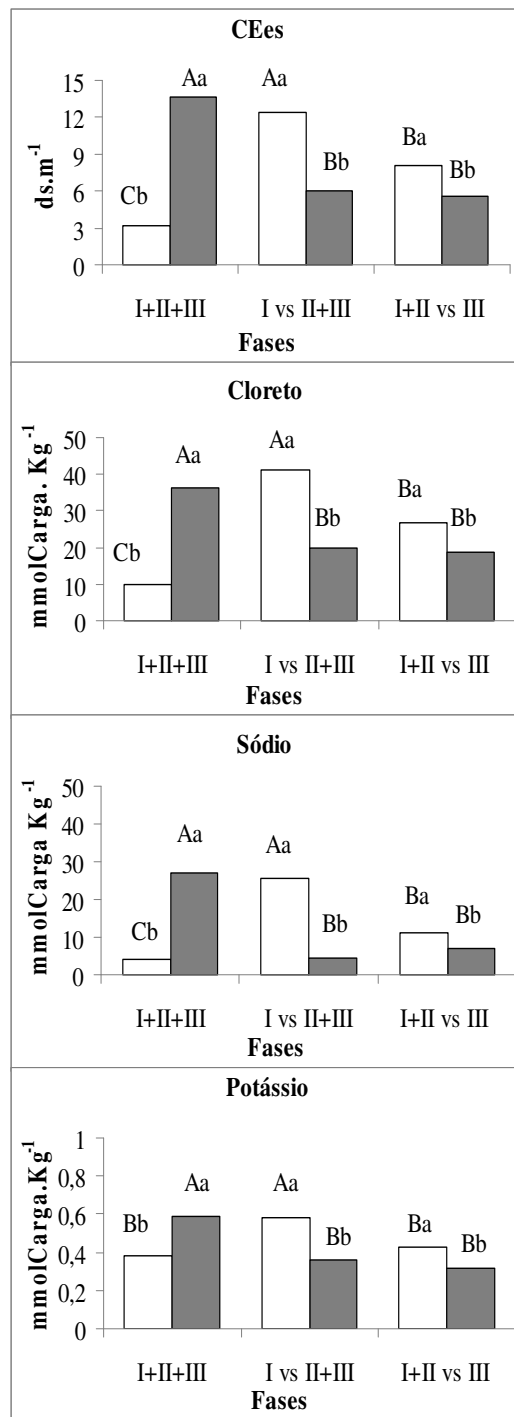


Figura 8 - Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEEs) e teores de cloreto, sódio e potássio no mesmo extrato em função da exposição ao das fases de desenvolvimento da planta expostas a água de diferentes salinidades (CEa).

□-controle (CEa = $0,5 \text{ dS.m}^{-1}$); ■-solução salina (CEa = $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

A salinidade provocou um aumento significativo nos níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- . Analisando-se os efeitos da salinidade da água de irrigação apenas na fase I e controle nas demais fases (II e III) quando comparadas com o inverso, observa-se um aumento em todos os sais no tratamento que recebeu água salina nas suas duas últimas fases (Figura 8). Ao se comparar os níveis dos minerais no solo que nas duas fases iniciais (I e II) receberam o controle ($\text{CEa} = 0,5 \text{ dS.m}^{-1}$) e ao final água salina com o inverso, observa-se que os níveis de (Na^+ , K^+ e Cl^-) foram maiores quando o solo foi exposto a salinidade apenas na última fase (III) (Figura 8).

Quando se compara os tratamentos que estavam recebendo sal na fase de coleta, observa-se não haver diferença entre a condutividade e os níveis de minerais do solo que recebeu sal durante todo o período experimental com aquele que recebeu sal nas duas últimas fases (Figura 8).

Diferentemente do observado por Queiroz e Bull (2006), que utilizando NaCl na solução salina notou que o sódio foi o sal dominante em seu experimento, no presente experimento a aplicação da solução salina fez com que o cloreto se tornasse o elemento dominante na solução do solo, resultado provavelmente do tipo de sal aplicado neste experimento (mistura de NaCl , CaCl_2 e MgCl_2).

4.2.2 Medidas de Crescimento das plantas

A Análise de Variância dos parâmetros de crescimento (MSF, MSC e MSR) de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento apresentou diferença, estatisticamente significativa, para a interação (S x Te) e em relação aos níveis de salinidade (S) esta não apresentou significância em nenhum dos parâmetros analisados. A ANOVA do tempo de exposição aos sais (Te) não foi significativa apenas no que se refere à MSF (Tabela 6 em Anexo).

Ocorreu decréscimo na matéria seca das plantas expostas à salinidade em todas as suas fases de desenvolvimento em relação às submetidas à solução controle (Figura 9), sendo esta diminuição mais acentuada no caule. Analisando-se os efeitos da salinidade da água de irrigação apenas na fase I e controle nas demais fases (II e III) quando comparadas com o inverso, verificou-se que a salinidade provocou decréscimo no tratamento que recebeu água salina nas suas duas últimas fases para toda a matéria seca (folhas, caule e raízes) (Figura 9).

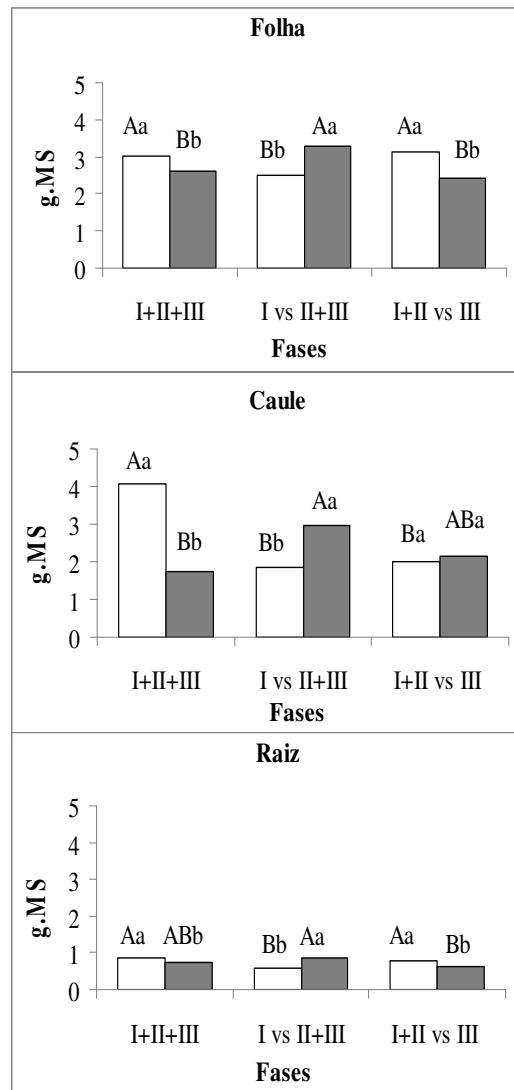


Figura 9 - Matéria seca das folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto as fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Por fim, a adição de sais afetou o crescimento de maneira negativa nas folhas e nas raízes quando estes foram aplicados nas duas fases iniciais (I e II). Para a MSC não houve diferença estatística. Estes resultados mostram uma melhor resposta das plantas em relação à massa seca quando as mesmas receberam água de boa qualidade em pelo menos duas fases de seu desenvolvimento. O caule apresentou comportamento diferenciado, sem diminuição na sua matéria seca quando à solução salina foi aplicada nas suas duas fases iniciais, mostrando

que diferentemente das demais partes da planta, este não foi sensível ao sal nesta fase. Quanto às raízes, estas foram às menos afetadas pela exposição aos sais (Figura 9).

Em relação às plantas que receberam sal durante todo o seu desenvolvimento observou-se resultados compatíveis com Moreira *et al.*, (2007), que trabalhando com a mesma cultivar de feijão de corda observou que a aplicação de água salina com CEa de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ durante todo o ciclo retardou o crescimento vegetativo da cultura.

Lima *et al.*, (2007), observaram resultados conflitantes, com a salinidade influenciando no crescimento vegetativo das plantas de feijão de corda. No trabalho citado as características mais afetadas pelo maior nível salino foram: matéria seca da parte aérea concordando com o presente trabalho e matéria seca das raízes discordando com os nossos resultados. Da mesma forma, Praxedes (2008) estudando cultivares de feijão de corda submetidas à salinidade, observou que as mesmas tiveram inibição significativa no crescimento de suas raízes aos 17 e 24 dias após a aplicação de sal (Fase I e II). Costa *et al.*, (2003), estudando o efeito da salinidade em cultivares de feijão de corda observou que a mesma reduziu a matéria seca de todas as partes analisadas da EPACE 10, mesma utilizada no presente estudo, enquanto a cultivar Pitiúba não sofreu redução.

A salinidade decresceu com maior intensidade o peso da matéria seca da parte aérea das plantas, especialmente o caule, evidenciando um maior efeito da salinidade sobre a parte aérea do que sobre sistema radicular, o que normalmente observa-se em estudos com glicófitas, onde a salinidade aumenta a relação raiz/parte aérea (COSTA *et al.*, 2003). O fato do crescimento da raiz ser menos afetado pela salinidade pode ser explicado pela modificação da partição de fotoassimilados entre as diferentes partes da planta (GREEWAY ; MUNNS, 1980). Resultados discrepantes da literatura para a mesma cultura podem ser explicados pelo fato do efeito inibitório da salinidade sobre o crescimento vegetativo, e, principalmente, sobre o sistema radicular, estar relacionado com diversos fatores, tais como a espécie ou cultivar utilizada, o estágio de desenvolvimento da planta em que o estresse foi aplicado, os níveis e a forma de aplicação de sais no ambiente radicular, o tempo e a intensidade do estresse (LACERDA,1995; MUNNS, 2002), bem como, as condições ambientais nas quais as plantas são cultivadas (YEO, 1999). A interação desses fatores afeta diretamente o crescimento radicular, podendo o mesmo ser estimulado (SILVEIRA *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2003), inibido (SOUSA *et al.*, 2007) ou mesmo não ser afetado, como ocorre em algumas halófitas (MASS ; HOFFMAN,1977).

A Análise de Variância dos demais parâmetros de crescimento mostrou que em relação à Alt houve diferença, estatisticamente significativa, apenas para os níveis de

salinidade (S). Quando foi analisado o parâmetro AF houve diferença, estatisticamente significativa para níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e interação entre dois fatores (S x Te). A ANOVA do NF mostrou que não houve diferença, estatisticamente significativa, para os níveis de salinidade (S) e interação (S x Te) (Tabela 6 em Anexo).

A salinidade provocou uma diminuição significativa da área foliar das plantas irrigadas com água salina durante todo o seu desenvolvimento quando comparadas com o controle (Figura 10). A altura e número de folhas não foram afetadas pelo sal. As plantas que receberam água na fase I e solução salina nas demais fases (II e III) diminuíram a sua área foliar e sua altura quando comparadas com as que receberam sal inicialmente e água nas duas últimas fases. Já para o número de folhas, não se encontrou diferenças significativas (Figura 10). No tratamento em que as plantas receberam solução salina durante as suas fases iniciais (I e II) e água na fase final ocorreu uma diminuição da área foliar e altura quando comparadas com as que receberam solução salina apenas na fase final, sem diferenças significativas quanto ao número de folhas (Figura 10).

Quando se compara os efeitos do sal ao longo do desenvolvimento da planta nota-se que em relação à área foliar o menor valor foi encontrado nas plantas irrigadas inicialmente com água (Fase I) e com solução salina nas suas duas últimas fases (II e III). As plantas que foram submetidas à solução controle durante todo o seu ciclo apresentaram área foliar e número de folhas inferior as que receberam sal na sua última fase (frutificação). Na altura, o decréscimo maior foi observado quando as plantas foram expostas à salinidade nas suas três fases de desenvolvimento. Quanto ao número de folhas as plantas que foram submetidas à solução controle durante todo o seu desenvolvimento apresentaram o menor valor em relação as demais, embora os resultados não tenham diferido estatisticamente (Figura 10).

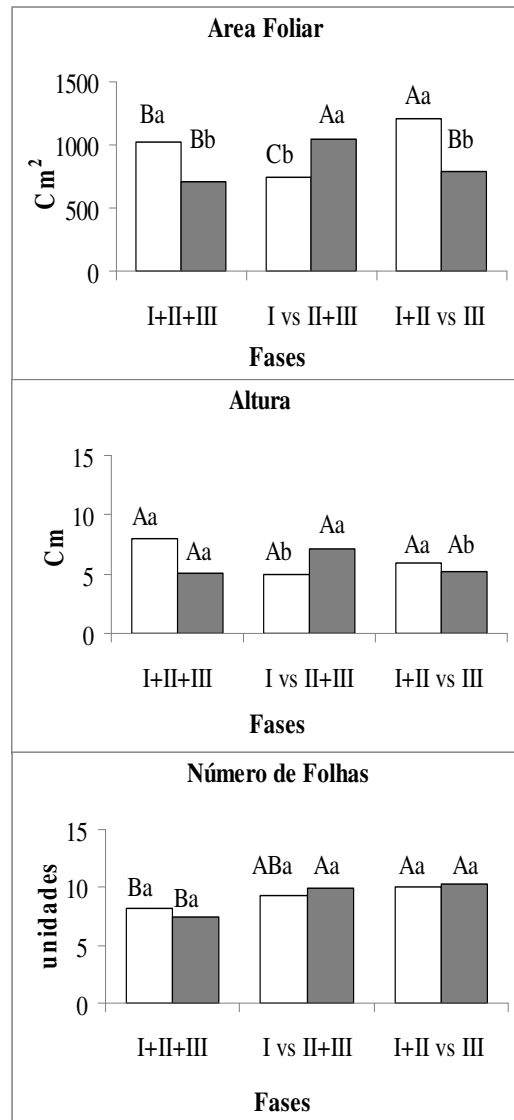


Figura 10 - Área foliar, altura e número de folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto as fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Dentre os efeitos mais comuns da salinidade, tem-se a limitação do crescimento, devido ao aumento da pressão osmótica do meio e conseqüente redução da disponibilidade de água, afetando a divisão e alongamento das células, sendo o crescimento foliar o mais afetado (JACOME, 1999), fato observado no presente experimento, principalmente em relação à área foliar. Por sua vez, é importante ressaltar que o efeito inibitório da salinidade sobre o

crescimento vegetativo e, principalmente, sobre o sistema radicular, pode estar relacionado com diversos fatores, dentre eles a espécie ou a cultivar utilizada e o estágio de desenvolvimento da planta em que o estresse foi aplicado (SHANNON, 1992; LACERDA, 1995; NEUMANN, 1997; MUNNS, 2002).

Lucena *et al.* (1983) após cultivarem feijão *Vigna unguiculata* e *Sorghum bicolor* em solos salinizados, de condutividade elétrica do extrato de saturação acima de 8 dS m⁻¹, observaram que as plantas tiveram o crescimento em altura sensivelmente afetado, com o feijão de corda sendo mais sensível.

Ferreira (2005), visando avaliar os efeitos do sal no crescimento e metabolismo sob estresse salino, comparou as respostas de *Vigna luteola* (tolerante) e *Vigna unguiculata* (sensível). As plantas foram cultivadas na presença de NaCl e coletadas aos 44 DAS (equivalente a fase II). O número de folhas não foi alterado nas plantas de *V. luteola* na presença de sal, porém comportamento distinto foi apresentado nas plantas de *V. unguiculata*, cujo número médio de folhas declinou da solução controle para a solução salina (5 dS m⁻¹), discordando dos resultados representados no presente estudo (Figura 10). Dantas *et al.* (2001) ao avaliar a tolerância à salinidade de 50 cultivares e ou linhagens de Feijão-de-corda, dentre elas a cultivar Epace 10, na fase de floração observaram que todas apresentaram reduções significativas na sua área foliar.

A redução na área foliar de plantas submetidas ao estresse salino foi também observada por (O'LEARY., 1971; SOUSA ., 1995) em plantas de *Phaseolus vulgaris*, e por (SILVA ., 1998; COSTA *et al.*, 2003; ARAGÃO *et al.*, 2005 ; JUNIOR., 2007; SOUSA *et al.*, 2007) em plantas de feijão de corda.

Em condições de estresse salino, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como a redução do número de folhas, o que não foi observado no presente trabalho quando comparamos as plantas estressadas com as plantas controle. Porém quando comparamos as plantas que receberam sais durante todo o seu desenvolvimento com os tratamentos de salinidade alternada em alguma de suas fases estes se mostraram menos afetados pela salinidade. Lima *et al.* (2007) também observaram um decréscimo no número de folhas quando as plantas de feijão de corda foram submetidas às soluções salinas. Trabalhos realizados com outras culturas também demonstram o efeito da salinidade sobre o número de folhas. Oliveira (2006) constataram redução no número de folhas em mamoneira e Oliveira *et al.* (2007) na cultura do milho pipoca, híbrido 'Jade'.

4.2.3 Relações hídricas e trocas gasosas

4.2.3.1 Relações hídricas

A análise de Variância do *status* hídrico (Ψ_wF e Ψ_sF) de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 mostrou que houve diferença, estatisticamente significativa em relação ao Ψ_wF , para tratamentos (Tr) e tempo de exposição ao estresse. Em relação ao Ψ_sF houve diferença, estatisticamente significativa, para níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação entre dois fatores (**S x Te**) (Tabela 7 em Anexo).

Com relação ao potencial osmótico, houve uma redução nas plantas permanentemente estressadas durante as três fases (Figura 11). O abaixamento no potencial osmótico pode ocorrer em função do acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos nas células vegetais de plantas sob condições de estresse salino e hídrico (ABREU, 2004; KOYRO, 2006).

O Ψ_wF das plantas não foi afetado pela salinidade (Figura 11). Mostrando que a fase em que o sal foi aplicado teve pouca influência no potencial hídrico foliar. O Potencial hídrico foliar reflete as condições da dinâmica do processo de transporte do sistema solo-planta-atmosfera, constituindo-se no principal componente responsável pelo fluxo de água na planta. Diferentemente do encontrado no presente experimento, normalmente em condições salinas, as plantas para manterem a absorção de água, reduzem o potencial hídrico tornando-os mais negativos com o aumento da salinidade (HERNNANDEZ *et al.*, 1999; ROMERO-ARANDA *et al.*, 2001), fato observado por Távora *et al.* (2001), trabalhando com goiaba sob condições de estresse salino. Guimarães (2005), em plantas de feijão de corda submetidas à salinidade, observou também um decréscimo de 42% no potencial hídrico das plantas estressadas em relação às plantas controle após 24 dias de aplicação de NaCl. Este fato pode ter ocorrido devido ao potencial de pressão, que contribuiu para o aumento do potencial hídrico.

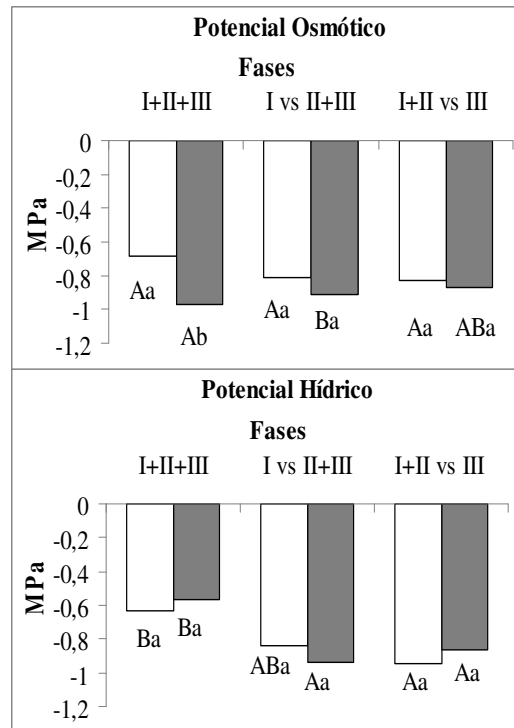


Figura 11 - Potencial osmótico e hídrico das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta. □ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I versus (II+III) e (I+II) versus III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação (p < 0,05); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta (p < 0,05); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Resultados semelhantes foram observados Bayuelo-Jiménez *et al.* (2002) estudando o efeito da salinidade em espécies de *Phaseolus* nas suas fases iniciais de desenvolvimento (10 e 20 DAS), em que o potencial hídrico e osmótico decresceram significativamente com a intensificação do estresse. A manutenção do potencial hídrico, concomitante com a redução do potencial osmótico das plantas parece indicar que no presente trabalho houve uma resposta adaptativa do feijão de corda, visando aumentar sua turgescência, mesmo sob condições de estresse, reduzindo dessa forma, os efeitos deletérios sobre o crescimento.

4.2.3.2 Trocas gasosas

A Análise de Variância das trocas gasosas em relação à transpiração (TR) e a fotossíntese (FOT) não foi significativa para níveis de salinidade (S), tempo de exposição aos sais (Te) e para a interação entre dois fatores (S x Te). A condutância estomática (COND) mostrou-se significativa para os níveis de salinidade (S), não apresentando significância para tempo de exposição aos sais (Te) e entre os dois fatores (S x Te) (Tabela 7 em Anexo).

Ao compararem-se as médias da (FOT, TR e COND), observou-se que não ocorreram diferenças significativas em relação ao fator Tempo de exposição aos sais. (Figura 12).

Em relação à fotossíntese e a condutância estomática as plantas que receberam solução salina nas suas duas fases iniciais e água na fase final tiveram um decréscimo quando comparadas ao inverso, com os demais tratamentos não sendo afetados pela salinidade. (Figura 12).

Este resultado vai de encontro ao apresentado por Neves *et al.* (2009), quando os mesmos verificaram que a irrigação com água salina, aplicada nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijão de corda, em condições de campo, reduziu as taxas de fotossíntese e transpiração durante a germinação e estágio inicial de crescimento. Resultados semelhantes foram observados por Guilherme (2003), que submeteu plantas de feijão de corda ao estresse salino ($7,5 \text{ dS m}^{-1}$) e não observou mudanças na fotossíntese e transpiração das plantas.

Em sorgo, Aquino (2005) observou que as taxas de fotossíntese e condutância estomática apresentaram reduções significativas em função do aumento da salinidade da água de irrigação. Por outro lado, plantas de bananeira e cajueiro anão precoce não apresentaram diferenças significativas quanto às trocas gasosas das plantas submetidas a soluções salinas (NEVES *et al.*, 2002; GUILHERME *et al.*, 2005).

Uma possível explicação para a não alteração das trocas gasosas é que ocorreu um fechamento estomático, afetando o processo fotossintético, antes de haver diminuição do transporte de água para as folhas.

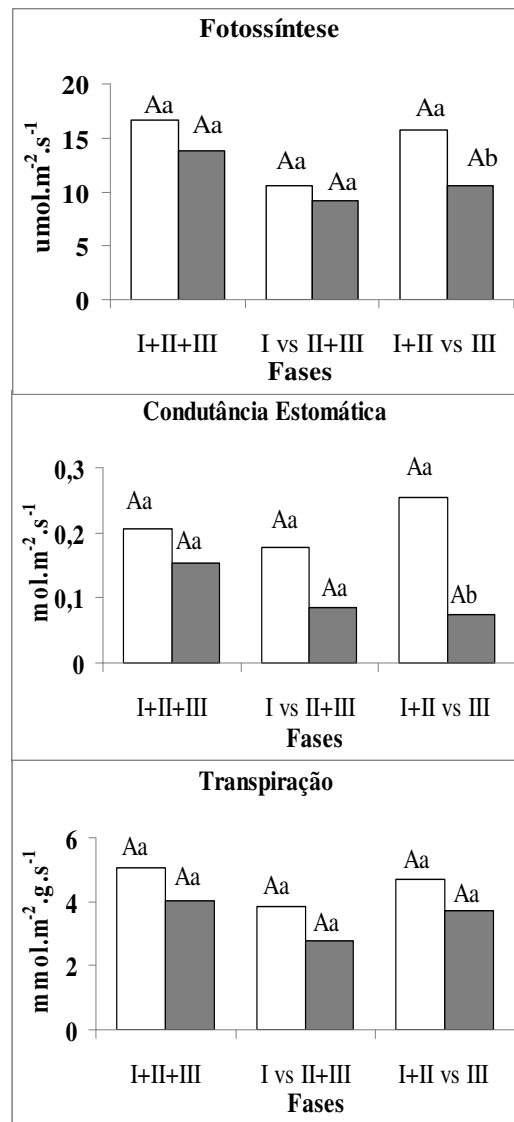


Figura 12 – Fotossíntese, condutância estomática e transpiração das folhas de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta. □ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

4.2.4 Solutos orgânicos e inorgânicos

4.2.4.1 Solutos orgânicos

A análise de variância dos solutos orgânicos (Am, Carb e Prot) nas folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e em diferentes fases de desenvolvimento (Tabela 8 em Anexo), revela que para Aminoácido (Am) houve diferença, estatisticamente significativa, para os níveis de salinidade (S), tempo de exposição ao estresse (Te) e para a interação (S x Te), em todos os órgãos da planta. No caso do (Carb), houve diferença significativa para tratamentos (Tr) e tempo de exposição ao estresse (Te) e para a interação (S x Te) em todos os órgãos da planta; nas folhas e no caule não houve diferença significativa com relação aos níveis de salinidade da água de irrigação (S). Quanto à proteína (Prot) observou-se que houve diferença, estatisticamente significativa, para tratamentos (Tr), tempo de exposição ao estresse (Te) e interação (S x Te) e no caso dos níveis de salinidade (S), não sendo significativa somente no caule.

Para o teor de aminoácido nas folhas e caule observou-se uma maior quantidade deste soluto nas plantas que receberam soluções salinas durante todo o seu ciclo e uma diminuição quando as mesmas foram submetidas a soluções salinas apenas na fase (I), não ocorrendo diferenças significativas quando as plantas foram submetidas a controle ou sal nas suas duas fases iniciais (I+II). Na raiz, se o sal aplicado durante todo o ciclo provocar redução no teor de aminoácidos, porém quando as plantas foram submetidas à salinidade nas duas fases iniciais ocorreu um aumento no teor de aminoácido neste órgão e não houve mudança quando o sal foi aplicado apenas na fase I (Figura 13).

Os teores de aminoácidos aumentaram nas folhas e caules das plantas que foram estressados durante todo o seu desenvolvimento, sugerindo um importante papel deste soluto orgânico no processo de ajustamento osmótico ou em outros mecanismos de proteção contra o estresse. Resultados semelhantes foram obtidos em diversos estudos com folhas de plantas submetidas a estresse salino, como milho (ABD-EL BAKI *et al.*, 2000; AZEVEDO NETO *et al.*, 2004), trigo (MATTIONI *et al.*, 1997) e girassol (ASHRAF; TUFAIL, 1995). De acordo com Silva (2003), que trabalhou com folhas maduras de dois genótipos de sorgo com tolerância diferenciada a salinidade, o estresse salino induziu um aumento no teor de aminoácido no genótipo tolerante, mas não alterou seu conteúdo no cultivar sensível. Nas

raízes, o comportamento adverso, onde o tratamento controle apresentou os maiores valores em relação a todos os outros tratamentos estressados (Figura 13), parece estar associado às mudanças na síntese ou degradação de proteínas devido à salinidade (DI MARTINO *et al.*,2003; RAGGI, 1994).

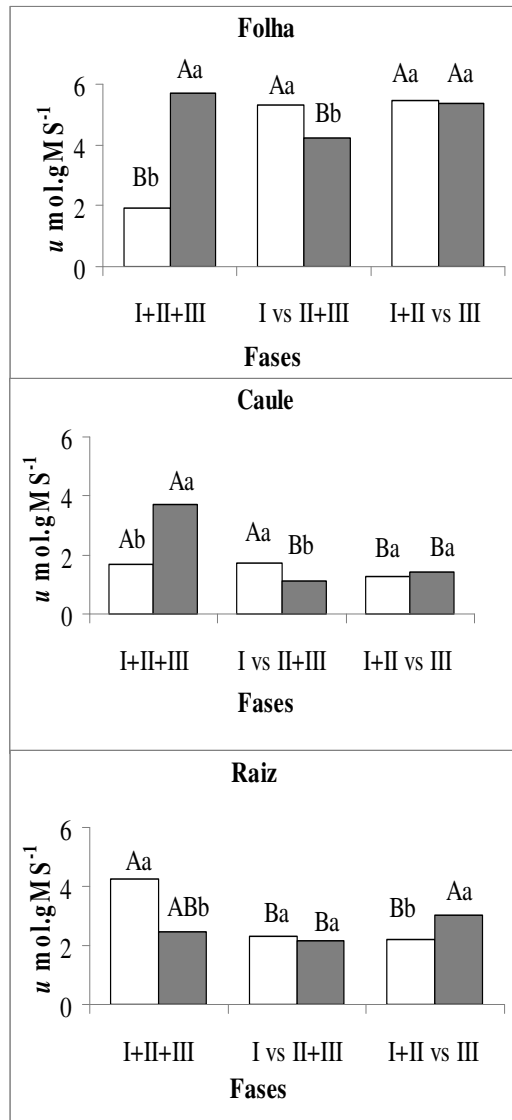


Figura 13 – Teores de aminoácidos nas folhas, caules e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Com relação ao teor de carboidratos foliares, quando comparados os tratamentos controle e salino não se observa diferenças significativas nas diferentes fases de aplicação do sal durante o desenvolvimento da planta (Figura 14).

Quanto ao efeito da salinidade no teor de carboidratos, observou-se uma maior concentração deste soluto nas raízes que sofreram estresse salino durante todo o seu desenvolvimento quando comparamos com a parte aérea (folha e caule) (Figura 14).

Ao se comparar o efeito da salinidade no caule foi verificado aumento no teor de carboidratos nas plantas que receberam solução salina durante todo o seu ciclo. Não ocorreram diferenças significativas nas plantas que foram irrigadas com solução controle na sua fase inicial (I) e sal nas duas fases finais (II +III) quando comparadas com salino na fase (I) e controle nas fases (II +III), mostrando que as mesmas foram pouco influenciadas pela fase de aplicação do sal. Porém, as plantas que receberam solução salina apenas na fase final apresentaram maior teor de carboidratos do que as plantas que receberam solução salina nas duas fases iniciais (Figura 14).

Ao comparar o sistema radicular das plantas controle com as salinas, foi observado um maior acúmulo de carboidratos nas plantas estressadas durante todo o seu ciclo e nas plantas estressadas nas duas primeiras fases, enquanto não ocorreram diferenças nas plantas submetidas à salinidade apenas na fase I (Figura 14).

Com relação às diferentes partes da planta observa-se um particionamento diferenciado dos carboidratos em função dos tratamentos, com os salinos apresentando proporcionalmente maior teor desse soluto nas raízes. No presente experimento observou-se resultados bastante controversos, com aumentos e diminuições deste soluto, independente da aplicação ou não de sal e das diferentes fases de estresse em que a planta foi submetida. Abreu, (2004), estudando plântulas de cajueiro anão precoce submetidas à salinidade também observou que os teores de carboidratos solúveis permaneceram praticamente inalterados em função da salinidade em todas as partes das plântulas, com exceção do caule. Resultado semelhante foi observado em alguns cultivares de milho (AZEVEDO NETO *et al.*, 2004). Por outro lado, vários estudos têm mostrado aumento desse soluto em função da salinidade (LACERDA *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2003) como também redução (GADALLAH,1999; AGASTIAN *et al.*,2000). O aumento nos carboidratos solúveis em resposta ao estresse salino tem sido interpretado como resultante da inibição da síntese do amido, bem como pelo aumento em sua degradação produzindo açúcares solúveis (GEIGENBERGER *et al.*,1997).

As mudanças nos teores de carboidratos podem ser de grande importância para a adaptação das plantas à salinidade, devido à sua relação direta com alguns processos fisiológicos como a fotossíntese, a translocação e a respiração (KEREPESI ; GALIBA, 2000).

Com relação ao feijão de corda, também foram observados resultados conflitantes em função da salinidade, com as concentrações de carboidratos mantendo-se inalterados (COSTA *et al.*, 2003) ou aumentadas (FRANCO *et al.*, 1999), Praxedes (2008) analisando o efeito da salinidade em feijão de corda, observou que o teor dos carboidratos totais variou conforme o tipo de carboidrato (açúcares totais, glicose, frutose, sacarose e amido), a época da coleta, parte da planta (raiz e folha) e cultivar utilizada.

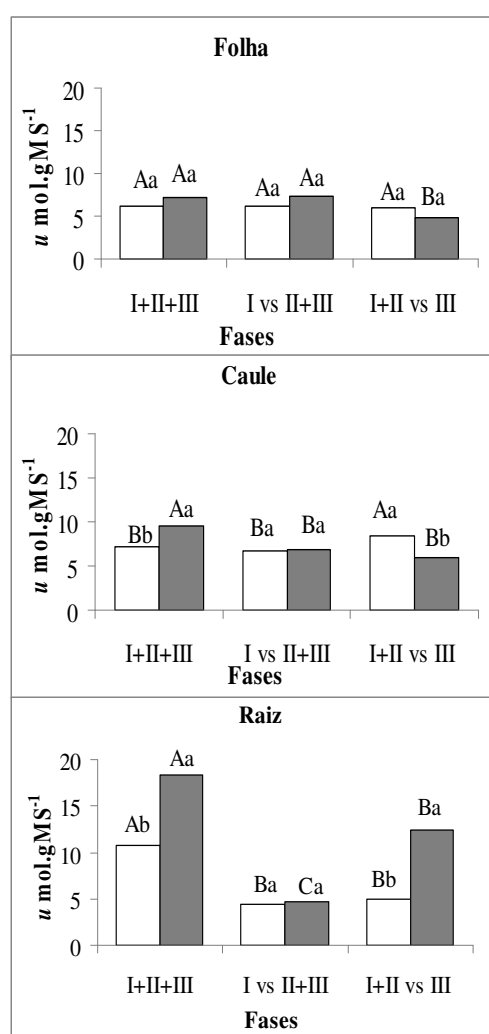


Figura 14 – Teores de carboidratos de folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I versus (II+III) e (I+II) versus III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto as fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Em relação aos teores de proteínas nas folhas, houve redução significativa no teor de proteína nos tratamentos que receberam solução salina durante todas as suas fases (I +II+III) e nas duas fases iniciais (I +II). Nas irrigadas com solução salina apenas na fase inicial não foram observadas diferenças significativas (Figura 15). No caule das plantas irrigadas inicialmente com solução controle os maiores teores de proteína foram observados nas plantas que receberam água durante todo o ciclo e na sua fase inicial (I). Nas plantas irrigadas inicialmente com sal o mais alto teor foi encontrado no tratamento que recebeu sal durante todo o seu ciclo. Nesta parte da planta o maior valor encontrado foi nas plantas que receberam solução salina durante todo o seu ciclo, porém as plantas que receberam solução controle durante todas as suas fases também tiveram seu teor de proteína aumentado quando comparado a plantas que receberam sal em alguma fase de seu desenvolvimento, deixando dúvidas na influência da salinidade na elevação do teor de proteínas nestas plantas.

Nas raízes das plantas irrigadas inicialmente com solução controle os maiores teores de proteínas foram observados nas plantas que receberam água durante todo o ciclo. Nas plantas irrigadas inicialmente com sal não foram encontradas diferenças significativas em relação às fases de aplicação dos sais.

Quanto ao efeito da salinidade nas diferentes partes da planta observou-se um maior acúmulo de Proteína nas raízes que não sofreram estresse salino.

Alguns trabalhos confirmam os resultados conflitantes observados. Enquanto alguns autores observaram aumento no conteúdo de proteínas solúveis (LEVITT, 1980; PARKER *et al.*, 1997; ASHRAF; O'LEARY, 1999; MANSOUR *et al.*, 2003; OLIVEIRA, 2006), outros observaram reduções (MUTHUKUMARASAMY *et al.*, 2000; PARIDA *et al.*, 2002). Em feijão, a síntese de proteína foi inibida em solos salinizados (NIEMAN, 1965).

Ferreira (2005) observou em folhas de feijão de corda uma queda rigorosa do teor de proteínas sob alta salinidade (250mM e 500mM). Em calos de *Brassica oleracea* foi observado comportamento semelhante ao de *V. unguiculata*. Após três semanas de cultivo com NaCl, o teor protéico teve uma queda significativa (ELAVUMOOTIL *et al.*, 2003). A queda da concentração protéica em função da salinidade pode ser devido a uma inibição da síntese protéica e/ou aumento da proteólise (SILVEIRA *et al.*, 2003).

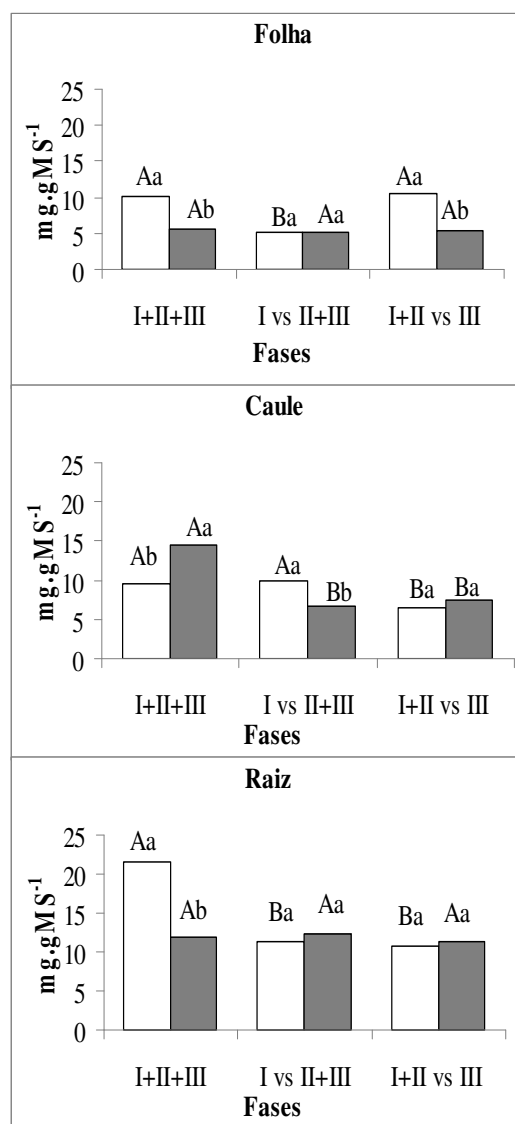


Figura 15 – Teores de proteínas de folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

4.2.4.2 Solutos inorgânicos

A análise de Variância do teor de minerais nas folhas, caule e raízes de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento mostrou que para o Na⁺ houve diferença, estatisticamente significativa, para

os níveis de salinidade (S), e para a interação (S x Te), em todos os órgãos da planta. Com relação ao tempo de exposição ao estresse (Te) apenas o Na⁺ nas raízes não apresentou significância. No caso do K⁺, em relação aos níveis de salinidade da água de irrigação (S) não ocorreu significância nas folhas e raízes, enquanto o tempo de exposição ao estresse (Te) apresentou diferença significativa no caule e nas raízes. Na interação (S x Te), houve diferença significativa apenas nas raízes. Quando se analisou os níveis de cloreto (Cl⁻) observou-se que houve diferença, estatisticamente significativa, para tempo de exposição ao estresse (Te) e interação (S x Te) em todos os órgãos, mas com relação aos níveis de salinidade (S) o cloreto só foi significativo no caule (Tabela 9 em Anexo).

Com relação ao teor de cloreto, observou-se uma maior concentração deste soluto nas folhas, quando comparadas com as demais partes da planta (Figura 16). ABREU (2007) observou o aumento crescente no teor de cloreto conforme as plantas de cajueiro anão precoce foram expostas a salinidade, fato observado no presente experimento. O maior acúmulo de cloreto observado nas folhas e caule no presente trabalho pode ser uma resposta típica das glícófitas, nas quais a sensibilidade aos sais está geralmente relacionada com a absorção e ou transporte de excessivas quantidades de íons para as partes aéreas (GREENWAY; MUNNS, 1980). Como exemplo de plantas que utilizaram o mecanismo de exclusão das folhas e retenção no sistema radicular pode citar algumas espécies do gênero *Eucalyptus*, a tolerância ao sal foi relacionada com o menor acúmulo de íons na parte aérea comparada às raízes (MORABITO *et al.*, 1996).

Quando se compara as plantas irrigadas com a solução controle durante todo o seu ciclo com as irrigadas com solução salina observa-se o mais alto teor deste íon, nas plantas submetidas ao estresse salino em todo o seu desenvolvimento, independente do órgão analisado (Figura 16). Já no tratamento que recebeu sal apenas na fase inicial, houve um declínio no nível de cloreto das folhas e raízes, quando comparado com aquelas que receberam água apenas na fase inicial e sal nas demais fases (Figura 16). No tratamento em que as plantas foram expostas a salinidade apenas na última fase (III) o teor de cloreto foliar foi maior do que nas plantas que receberam sal durante as suas fases iniciais e água na fase final. No caule, o comportamento foi inverso, enquanto nas raízes os teores de cloreto foram equivalentes (Figura 16).

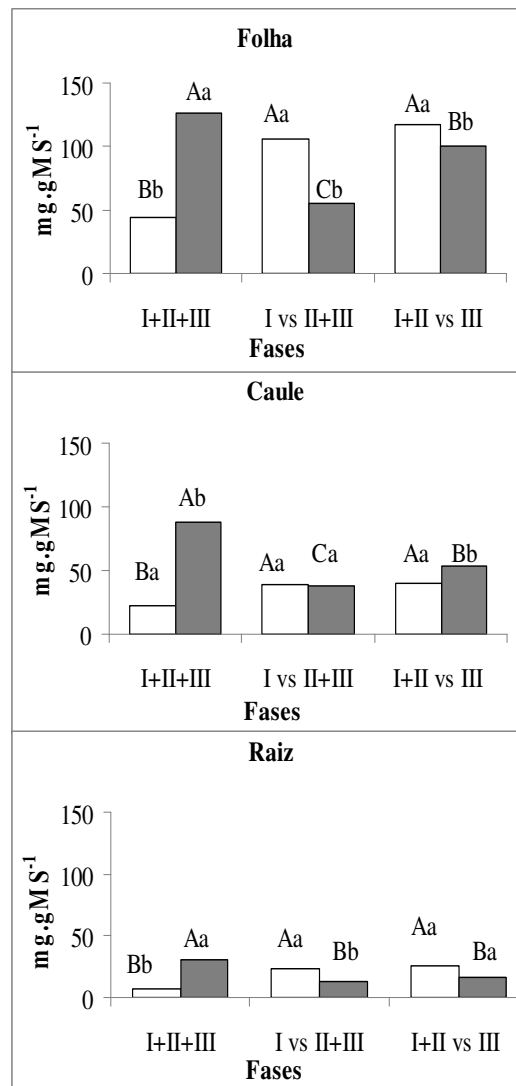


Figura 16 – Teores de cloretos nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto as fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Diferentemente do teor de cloreto, o teor de sódio foi mais elevado nos caules das plantas, seguido das raízes e em menor quantidade nas folhas (Figura 17).

Quando se compara as folhas das plantas irrigadas com a solução controle durante todo o seu ciclo com as irrigadas com solução salina observa-se o mais alto teor deste íon nesta última. Resposta semelhante foi encontrada quando o sal foi aplicado nas duas fases

iniciais. Por fim, quando o sal foi aplicado somente na fase inicial, não se observou diferença entre o teor de sódio foliar destas plantas com aquelas que receberam água na fase inicial (Figura 17).

No caule, os maiores teores de sódio foram encontrados nas plantas estressadas durante todo o ciclo, seguido das plantas estressadas nas duas primeiras fases iniciais e daquelas estressadas nas duas fases finais. Nas três situações, ocorreram diferenças significativas com o tratamento respectivo para tempo de exposição ao estresse (Te) (Figura 17).

Nas raízes, semelhantemente ao que ocorreu nas folhas e caules, o maior teor de sódio foi observado nas plantas que receberam solução salina durante todo o ciclo. Por outro lado, tanto as plantas que receberam solução salina somente na fase final quanto as que receberam nas duas fases finais apresentaram maiores teores de sódio nas raízes, quando comparadas com os tratamentos inversos, dentro do cada tempo de exposição ao estresse (Te) (Figura 17).

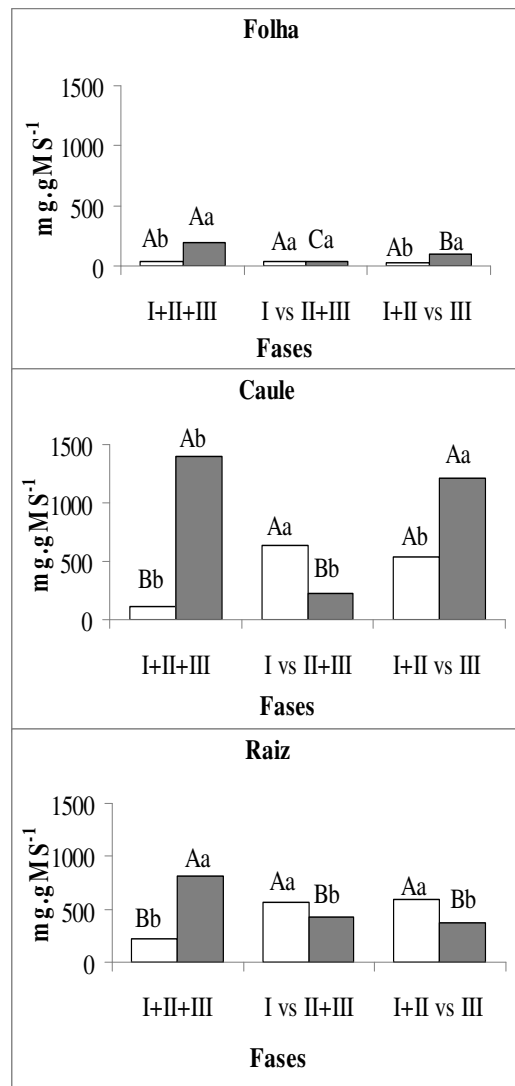


Figura 17 – Teores de sódio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■- solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

Quanto ao teor de potássio, quando se compara tanto as folhas quanto as raízes das plantas, não se observa diferença estatística entre os tratamentos. Por outro lado, no caule das plantas irrigadas com solução controle a quantidade de potássio foi menor quando comparadas com as plantas que receberam solução salina, independente do tempo de exposição ao estresse (Te) (Figura 18).

Assis Júnior *et al.*, (2007), trabalhando com o cultivar EPACE 10 de feijão de corda em condições de campo não encontrou nenhum efeito da salinidade sobre os teores foliares de K durante as fases de floração e frutificação (II e III), resultado semelhante ao nosso.

Do exposto, observa-se que a elevação do teor do íon sódio só inibiu a absorção de K pelas plantas, quando o primeiro estava em uma concentração bastante elevada (nos caules). Esta relação antagônica, verificada em muitas espécies (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000; LACERDA *et al.*, 2003) não tem sido observada na maioria das cultivares de feijão de corda estudadas (COSTA *et al.*, 2003).

Além disso, se observou que os teores dos íons variaram com o estágio de desenvolvimento da cultura, o que reflete os processos de acumulação e a mobilidade do nutriente dentro da planta e o tipo e a duração dos tratamentos. (MARSCHNER, 1995; NEVES, 2008).

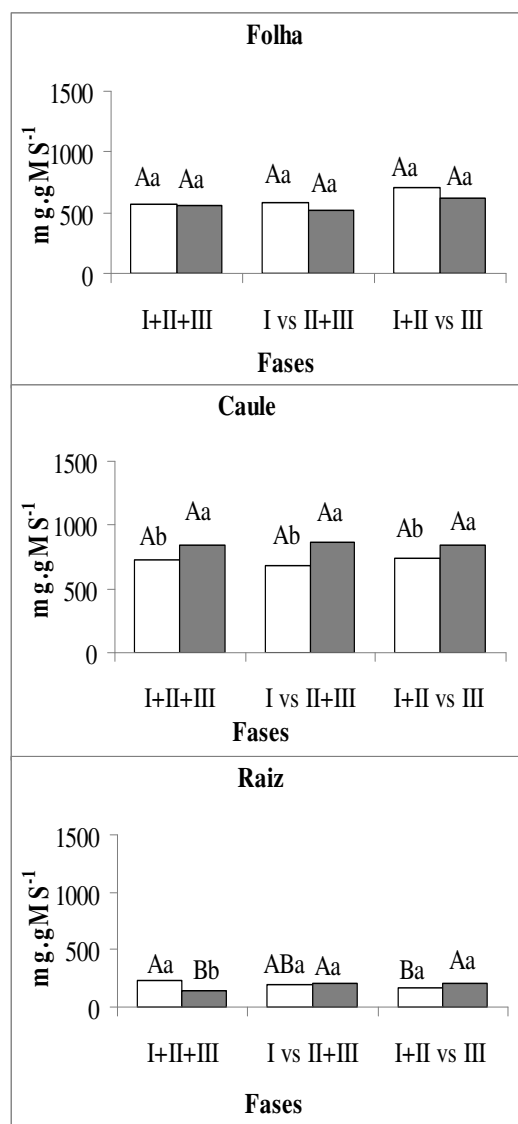


Figura 18 – Teores de potássio nas folhas, caule e raízes em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 expostas a água de diferentes salinidades (CEa) em função das fases de desenvolvimento da planta.

□ - controle (CEa = 0,5 dS.m⁻¹); ■ - solução salina (CEa = 5,0 dS.m⁻¹); em cada FASE [(I+II+III), I *versus* (II+III) e (I+II) *versus* III]. Colunas com a mesma letra minúscula não diferem estatisticamente quanto à salinidade da água de irrigação ($p < 0,05$); Colunas com a mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente quanto às fases de desenvolvimento da planta ($p < 0,05$); I = da germinação até o aparecimento da primeira folha trifoliolada; II = do aparecimento da primeira folha trifoliolada até o início da floração; III = do início da floração até o final da frutificação.

5 CONCLUSÕES

Os estádios de desenvolvimento mais afetados pela salinidade foram os de floração e frutificação.

A parte aérea das plantas, em especial as folhas, só foi afetada pela salinidade quando a mesma foi aplicada em mais de uma fase de crescimento, independente do estágio em que se iniciou o estresse.

A taxa fotossintética das plantas não foi alterada pela salinidade em nenhum dos experimentos, mostrando a resistência desse processo ao estresse salino.

Nas folhas, os carboidratos solúveis não sofreram influência do estresse salino, enquanto os aminoácidos aumentaram quando o sal foi aplicado durante todo o período experimental.

Nas raízes, órgãos que estavam em contato direto com o sal, o metabolismo foi acelerado pela salinidade, uma vez que houve redução tanto dos teores de proteínas quanto dos aminoácidos.

O transporte de Na^+ para a folha foi restringido, com o mesmo acumulando-se no caule, enquanto para o Cl^- as plantas tiveram uma resposta típica das glicófitas, com o maior teor deste íon nas folhas.

A irrigação de feijão de corda com solução salina é possível, desde que a mesma seja aplicada somente em parte do ciclo de crescimento da cultura, alternando com a aplicação de água de qualidade superior.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. E. B. de. **Crescimento, osmorregulação e mobilização de reservas em plântulas de cajueiro anão-precoce submetidas à salinidade**. 2004. 60 f. Monografia (Graduação em Biologia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- ABD-EL BAKI, G. K. *et al.* Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. **Plant Cell Environment**, v. 23, n. 5, p. 515-521, 2000.
- AGASTIAN, P.; KINGSLEY, S. J.; VIVEKANANDAN, M. Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. **Photosynthetica**, v. 38, n. 2, p. 287-290, 2000.
- ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; CRUZ, M. G. M. Resposta da cultivar BR-1 de caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1999, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: SBEA, 1999.
- AQUINO, A. J. S. **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância à salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia.)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- ARAGÃO, M. E. F. *et al.* Differential responses of ribulose-1,5-bisphosphatecarboxylase/oxygenase activities of two *Vigna unguiculata* cultivars salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 2, p. 207-212, 2005.
- ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. **O Caupi no Brasil**. Brasília: Iita/Embrapa, 1988. 722 p.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Manejo Agroflorestal da caatinga: uma proposta de sistema de produção. *In*: OLIVEIRA, T. S. *et al.* (Ed.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 47-57.
- ASHRAF, M. Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*. **Biologia Plantarum**, v. 26, n. 2, p. 255-259, 1994.
- ASHRAF, M.; TUFAIL, M. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) **Journal of Agronomy & Crop Science**, v. 174, n. 5, p. 351-362., 1995.
- ASHRAF, M.; O'LEARY, J. W. Changes in soluble proteins in spring wheat stressed with sodium chloride. **Biologia. Plantarum**, v. 42, n. 1, p. 113-7, 1999.

ASSIS JÚNIOR, J. O. **Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da salinidade da água e da fração de lixiviação.** 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ASSIS JÚNIOR, J. O. *et al.* 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 agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

AZEVEDO NETO, A. D. **Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos do estresse salino em plantas de milho.** 2005.149 f. Tese (Doutorado em Bioquímica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 159-164, 2000.

AZEVEDO NETO, A. D. *et al.* Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. **Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 31-38. 2004.

BARRETO, L. P. **Estudo nutricional e bioquímico do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob estresse salino.** 1997. 179 f. Tese (Doutorado em bioquímica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1997.

BATISTA, M. J. *et al.* **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001. 203 p.

BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; DEBOUCK, D. G.; LYNCH, J. P. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of *Phaseolus* species grown saline conditions. **Field Crops Research**, v. 80, n. 3, p. 207-222, 2002.

BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady State. **American Journal of Botany**. v. 48, p. 909-918, 1961.

BEZERRA, F. M. L. *et al.* Feijão Caupi, e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, p. 43-50, 2003.

BLANCO, F. F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo.** 1999. 104 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999.

BORELLA, J. E. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e na salinização do solo.** 1986. 82 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRAY, E. A. *et al.* **Biochemistry and Molecular Biology of Plants.** Maryland, USA: American Society of Plant Physiology, 2000. p. 1158-1249.

BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-alophytes. **Plant Physiology**, v. 95, n. 2, p. 628-635, 1991.

CARVAJAL, M. *et al.* Time course of solute accumulation and water relations in muskmelon plants exposed to salt during different growth stages. **Plant Science**, v. 138, n. 1, p. 103-112, 1998.

CARDOSO, J. M.; MELO, F. de B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. *In*: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos.** Brasília: Embrapa, 2005. p. 211 - 28.

COSTA, P. H. A. *et al.* 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.

COSTA, S. G. D. Irrigação, a dualidade no semi-árido nordestino: desenvolvimento econômico x impactos sócio-ambientais. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., 2003, Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia: Instituto de Geografia, 2003. 1 CD-ROM.

COSTA, R. G.; GHEYI, H. R. Variação da qualidade de água de irrigação da microrregião de Catolé do Rocha, PB. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 8, p. 1021-1025, 1984.

CRAMER, G. R.; ALBERICO, G. J.; SCHIMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids, **Journaum of Plant Physiology**, v. 21, n. 5, p. 675-692, 1994.

DEMÉTRIO, J. G. A. *et al.* **Qualidade de Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro**. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 45., Anais,, Recife-PE, 1993. p. 79.

Di MARTINO, C. *et al.* Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. **New Phytologist**, v. 158, n. 3, p. 455-463, 2003.

DE VILLIERS, M. **Água**. 2002. Rio de Janeiro, RJ: Ediouro, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>>. Acesso em: 12 maio 2009.

DUBOIS, M.. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars, and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EILERS, R. G. *et al.* Salinization of soil. In: ACTON, D. F.; GREGORICH, L. J. (Ed.). **The health of our soils: toward sustainable agriculture in canada**. Quebec: Centre for land and biological resources research research branch agriculture and agri-food, 1995. 1906 p.

ELAVUMOOTIL, O. C.; MARTÍN, J. P.; MORENO, M. L. Changes in sugars, sucrose synthase activity and proteins in salinity tolerant callus and cells suspension cultures of *Brassica oleraceae* L. **Biologia. Plantarum**, v. 46, n. 1, p. 7-12, 2003.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA. 1997, Paraíba. **Anais...** Paraíba: UFPB, 1997. p. 363-383.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils**. 2000. Disponível em: www.fao.org/nr/land/en/. Acesso em: 10 dez. 2008.

FERNANDES, P. D. Metabolismo do algodoeiro em ambientes adversos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2007. 1 CD-ROM.

FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. de. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 1049-55, 1991.

FERREIRA, M. C. da C. **Efeito do sal no crescimento e metabolismo de *Vigna unguiculata* L. Walp e *Vigna unguiculata(jacq)* Benth.** 2005, 74 f. Dissertação (mestrado em Biologia vegetal) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

FIGEENBAUM, V. *et al.* Influencia do déficit hídrico sobre os componentes do rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília**, v. 26, n. 2, p. 275-80, 1991.

FRANCO, O. L. *et al.* Effects of CaCl₂ on growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* . v. 44, p. 357-384. 1999.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D. SANTOS, A. A. Melhoria genética. *In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão caupi: avanços tecnológicos.* Brasília: Embrapa, 2005. cap. 1, p.29-92.

GADALLAH, M. A. A. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* response to salt stress. **Biologia Plantarum**, v. 42, n. 2, p. 249-257, 1999.

GAINES, T. P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G. J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate extration. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 3, p. 371-374, 1984.

GEIGENBERGER, P. *et al.* Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short term water-deficit. **Planta**, v. 201, n. 4, p. 502-518, 1997.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. de. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 125-128, 2000.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. *In: OLIVEIRA, T. S. ; ASSIS, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Ed.). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 329-346.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 149-190, 1980.

GUILHERME, E, de A. *et al.* Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 253-257, 2005. Suplemento.

GUILHERME, E. A. *et al.* Efeitos do estresse salino no crescimento foliar e na taxa de assimilação de carbono em plantas de feijão-de-corda. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL*, 9., 2003, Londrina, **Anais...**Londrina: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 20003. p. 391..

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

HERNANDEZ, J. A. *et al.* Response of antioxidant systems and leaf water relations to NaCl stress in pea plants. **New Phytologist**, v. 141, p. 241-251, 1999.

HOAGLAND, D.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil. circular 347.** Berkeley: University of California Agricultural Experiment Station, 1950. p.1-39.

HOPKINS, G. W. **Introduction to plant physiology.** New York: John Wiley, 1999.

HURKMAN W. J; FORNARI, C. S.; TANAKA, C. K. A comparison of the effect of salt on polypeptides and translatable mRNAs in roots of a salt-tolerant and a salt-sensitive cultivar of barley. **Plant Physiology**, v. 90, p.1444-1456, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO (IBGE). **Produção agrícola municipal.** 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm?>>. Acesso em: 10 maio 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal.** 2003. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2010.

JÁCOME, A. G. **Crescimento e produção de genótipos de algodoeiro, em um solo salino sódico.** 1999. 127 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação Drenagem) Universidade Estadual da campinas, Campina Grande, 1999.

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology.** Cambridge: Cambridge University, 1992. 85 p.

KEREPESI, I.; GALIBA, G. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 482-487, 2000.

KOYRO, H. W. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 2, p. 136-146, 2006.

KHAN, M. A.; UNGAR, I. A.; SHOWALTER, A. M. The effect of salinity on the growth, water status, and ion content of a leaf succulent perennial halophyte, *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. **Journal of Arid Environments**, v. 45, n. 1, p. 73-84, 2000.

KRIEDEMANN, P. E. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 13, n. 1, p. 15-31, 1986.

LACERDA, C. F. *et al.* Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 455-465, 2006.

LACERDA, C. F. **Efeitos da salinidade do desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca²⁺ como meio para minorar tais efeitos.** 1995, 87 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. *In*: **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas.** Recife: Imprensa universitária, 2005. p.118-126.

LACERDA, C. F. *et al.* Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, n. 2, p. 107-120, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.531 p.

LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. *In*: K.K. Tanji. Agricultural salinity assessment and management. ASAE. **Manual and reports on engineering practice**, n. 71, p.113-137, 1990.

LIMA, C. J. G. de S. *et al.* Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v. 2, n. 2, p. 79-86, 2007.

LIU, J.; ZHU, J. K. Proline accumulation and salt-stress-induced gene expression in a salt hypersensitive mutant of Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 114, n. 2, p. 591-596, 1997.

LUCENA, E. R.; SILVEIRA, R. I.; CAVALCANTE, L. F. Germinação de feijão-de-corda e sorgo forrageiro num solo salino sódico tratado com fosfogesso industrial.. In: Anais do Curso de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Solos. Areia-PB CCCA/UFPB ANO-V. **Anais do CPG em Manejo de Solo e Água**, p. 29–39,1983.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CRISTIE, B. R. **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 57-75.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K. K. (Ed). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: American Society of Civil Engineers,.1990. p. 262-304.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103, p.115-134, 1977.

MAAS, E. V.; POSS, J. A. Salt sensitive of cowpea at various growth stages. **Irrigation Science**, v. 10, p. 313–320, 1989.

MAFRA, R. C. Contribuição do “feijão macassar”, fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In: Cursos de Treinamento para Pesquisadores de Caupi. Goiânia, GO: Embrapa, 1979.

MANSOUR, M. M. F. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress, **Biology Plantarum**, v. 43, p. 491–500, 2000.

MARCHI, E. C. S.; OLIVEIRA, L. R. **Adaptação de plantas a solos salinos**. Lavras, MG: UFLA, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MATTIONI, C. *et al.* Water and salt stress induced alterations in proline metabolism of *Triticum durum* seeding. **Physiologia Plantarum**, v. 101, p. 787-792, 1997.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados do RN, PB e CE.** 1992. 173 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992.

MENDLINGER, S.; PASTERNAK, D. Screening for salt tolerance in melons. **HortScience**, v. 27, n. 8, p. 905-907, 1992 .

MENEZES, R. S. C; SAMPAIO, E. V. S. B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. *In: OLIVEIRA, T. S. et al. (Ed.). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido.* Fortaleza: UFC, 2000. p. 20-46.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v. 36, p. 1953-1958, 1984.

MORABITO, D. *et al.* Differences in the physiological response of two clones of *Eucalyptus microtheca* selected for their salt tolerance. **Plant Science**, v. 114, n. 2, p. 129-139, 1996.

MOREIRA, L. C. J. *et al.* Monitoramento da cobertura vegetal do feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes fases do ciclo. XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2007. Bonito-MS, v.36, 2007.

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

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

MUNNS, R.; GREENWAY, H.; KIRST, G. O. Halotolerant eukaryotes. *In: LANGE, O. L. et al. (Ed.). Encyclopedia of plant physiology.* New York: Springer-Verlag, 1983. p. 59-135.

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.** 2008.120 f Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

NEVES, L. L de M. *et al.* Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-‘prata’, submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 524-529, 2002.

NIEMAN, R. H. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. **Plant Physiology**, v. 40, p. 156-161. 1965.

NIU, X. *et al.* Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plants physiology**. v. 109, p. 735-42 p. 1995.

O'LEARY, J. W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, v. 42, p. 717- 721, 1971.

OLIVEIRA, F. G. **Produção relativa do feijoeiro irrigado com água salina**. 61 f. 2006. Tese (Doutorado em engenharia agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Desenvolvimento inicial do milho-pipoca 'jade' irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde**, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2007.

OKUSANYA, O. T.; OYESIKU, O. Comparative salinity tolerance of 2 legumes, *Vigna luteola* and *Vigna vexillata*, from the coast of Trinidad. **Canadian Journal of Botany**, v. 8, n. 72, p.1216–1221, 1994.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B. *et al.* (Ed). **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba: JIRCAS, 1997. p. 1-12.

PAIVA J. J. H. dos.; TEÓFILO, E. M. **Seminário de avaliação nas pesquisas do feijoeiro desenvolvidas no estado do ceara**. Fortaleza: Departamento Fitotecnia, 1977. 21 f.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Saafey**, v. 60, n. 03, p. 324-349, 2005.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B.; MITTRA, B. Effects of salt on growth, íon accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove. **Bruguiera parviflora.**, v. 18, p. 167-174. 2004.

PARIDA, A.; DAS, A. B.; DAS, P. Nacl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove,*bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. **Journal of Plant Biology**, v. 45, p. 28-36, 2002.

PEREIRA, F. H. F. *et al.* Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, 2005. 1 CD-ROM.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Espanha Agrícola español, 1978. 521 p.

PIZARRO, J. C. A. **Caracteres Fisiológicos e Bioquímicos da Tolerância a salinidade em clones de cajueiro anão precoce**. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

PLAUT, Z. Photosynthese in plant/crops under water and salt stress. *In*: PESSARAKLI, Mohammad (Ed.), **Handbook of plant and crop physiology**. Arizona: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 587-603.

PORTO FILHO, F. de Q. *et al.* da irrigação do meloeiro com águas salinas em diferentes fases fenológicas. **Ciencia. Rural**, v. 36, n. 2, p. 453-459, 2006.

PRAXEDES, S. C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em dois cultivares de feijão-de-corda com tolerância diferencial á salinidade**. 145 f. 2008. Tese (Doutorado em fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do estresse salino. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 3, p. 85-94, 1980.

PRISCO, J. T.; VIERA, G. H. F. Effects of NaCl salinity on nitrogenous compounds and proteases during germination of *Vigna sinensis* seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 36, p. 317-320, 1976.

QUEIROZ, S. O. P.; BÜLL, L. Absorção de cátions e produção de matéria seca por genótipos de algodão sob condições salinas; Cation absorption and dry matter production by cotton genotypes under salinity conditions. **Revista Irriga**, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://200.145.141.142/revistas/irriga/viewarticle.php?id=69>>. Acesso em: 26 jun..2009.

RAGGI, V. Changes in free amino acids and osmotic adjustment in leaves of water-stressed bean. **Physiologia Plantarum**, v. 91, p. 427-434, 1994.

RAMAGOPAL, S.; CARR, J. B.: Sugarcane proteins and messenger RNAs regulated by salt in suspension cells. **Plant Cell Environ**, v. 14, p. 47-56, 1991.

ROBINSON, M. F. *et al.* How can stomata contribute to salt tolerance? **Annals of Botany**, v. 80, n. 4, p. 387-393, 1997.

ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. **Plant Science**, v. 160, p. 265 - 272, 2001.

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

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises Estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001.

RICCHARIA, A.; SHAH, K.; DUBEY, R. S. Nitrat reductase from rice seedlings: Partial Purification, characterization and the Effect of in-situ and in vitro NaCl Salinit. **Journal of Plant Physiology**, v. 151, p. 316-322, 1997

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

SANTANA, M. J. *et al.* Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*phaseolus vulgaris* l.). **Ciência agrotecnica**, v. 27, n. 2, p. 443-450. 2003.

SANTOS, C.; AZEVEDO, H.; CALDEIRA, G. In situ and in vitro senescence induced by KCl stress: nutritional imbalance, lipid peroxidation and antioxidant metabolism. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 355, p. 351-360, 2001.

SANTOS, D. B dos. **Efeitos da salinidade sobre características químicas do solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção no feijoeiro irrigado**. 2005. 78 f. Tese (Doutorado em fisiologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SCHACHTMAN, D.; LIU, W. Molecular pieces to the puzzle of the interation between potassium and sodium uptake in plants. **Trends Plant Science** . v. 4, n. 7, p. 281-287, 1999.

SHANNON, M. C., The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. IN: Proceedings in plant stress in the tropical environment (T.L. Davenport; H.M. Harrington, eds.), University of Florida, Kailu-Kona, p.56-63. 1992.

SHANONN, M. C.; GRIEVE, C. M.; FRANCOIS, L. E. Whole-plant response to salinity. *In*: R.E. Wilkinson. **Plant environment interactions**. New York, USA,: Marcel Dekker, 1994. p. 199-244.

SHOUSE, P. *et al.* Water deficit effects on water potential, yield, and water use cowpeas. **Agronomy Journal**, v. 73, n. 2, p. 333-336, 1981.

SILVA, J. V. *et al.* Physiological response of NaCl stressed cowpea NaCl plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n. 2, p. 99-105, 2003.

SILVA, J. V. **Efeitos do CaCl₂ no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com NaCl**. 1998. 103 f Dissertação (Mestrado em fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

SILVA, J. V. **Respostas fisiológicas de dois genótipos de sorgo-forrageiro a salinidade**. 2003. 103 f. Tese. (Doutorado em Bioquímica). - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Proline accumulation and glutamine synthase activity are increased by salt-induced proteolysis in cashew leaves. **Journal Plant Physiology**, v. 160, p. 115-123. 2003.

SILVEIRA, J. A. G. *et al.* Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, p. 1-8, 2009.

SINGH, N. K. *et al.* Proteins associated with adaptation of cultured tobacco cells to NaCl, **Plant Physiology**, v. 79, p. 126-137, 1985.

SINGH, N. K. *et al.* Hormonal regulation of protein synthesis associated with salt tolerance in plant cells. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**. v. 84, n. 3, p. 739-743, 1987.

SLEVINSKY, L. *et al.* **Manitoba soil conservation resource on line manual**. Quebec: Centre for Land and Biological Resources Research Research Branch Agriculture and Agri-Food, 1989.

SOUSA, R. A. *et al.* Crescimento e nutrição mineral de feijão-de-corda em função da salinidade e composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1. p. 75-82, 2007.

SOUSA, R. A. **Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SOUZA, M. R. de. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. CV Eriparza) submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.** 1995. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SOUZA, F. **Irrigação desenvolvimento e tecnologia.** Fortaleza,: UFC, 2000. 94 p.

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

SUASSUNA, J. A Pequena Irrigação no Nordeste: Algumas Preocupações, **Revista Ciência Hoje**, v. 18, p38-43, 1994.

SUHAYDA, C. G. et al. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. **Crop Science.** v. 32, n. 1, p.154-163, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TALEISNIK, E. GRUNBERG, K. Íon balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. **Physiology Plantarum.** v. 92, p. 528-534, 1994.

TÁVORA, F. J.; LIMA, E. da C. C.; HERNANDEZ, F. F. F. Composição mineral das raízes caules e folhas em plantas jovens de graviola submetidas a estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, n. 1, p. 44-51, 2004.

TAVORA, F. J. *et al.* Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 441-446, 2001.

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

VIEIRA, M. R. *et al.* Produtividade e qualidade da forragem de sorgo irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 9, p. 42-46, 2005.

WILLADINO, L; CAMARA, T. R. Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas. *In:* NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas.** Recife: UFRPE, 2005. p. 118-126.

WILLADINO, L; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. *In*: REIGOSA, M. J. **La Ecología Vegetal**. Madrid: Thompson, 2004. p. 303-330. .

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.

YEO, A. R. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 915-929, 1998.

ZHANG, X.; KOMATSU, S. A proteomics approach for identifying osmotic-stress-related proteins in Rice. **Phytochemistry**, v. 68, p. 426-437, 2007.

ANEXO A – Tabelas de resumo das Anovas do experimento 1

Experimento 1 - Parâmetros fisiológicos do feijão de corda submetido a diferentes tempos de irrigação com água salina ao longo do desenvolvimento da cultura

Tabela 1 – Resumo das ANOVAs dos sais solúveis do solo irrigado com dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.

Fonte de variação	GL	CE _{es}		Cl ⁻		Na ⁺		K ⁺	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	98,78	182,10*	2895,62	131,33*	1386,61	111,56*	0,23	24,36*
S	1	308,38	568,03*	10626,04	481,94*	5185,48	417,21*	0,84	90,61*
Te	2	71,68	132,14*	892,97	40,50*	437,12	35,17*	0,07	7,91*
(SxTe)	2	21,21	39,10*	1033,07	46,85*	436,67	35,13*	0,07	7,68*
Resíduo	18	0,54		22,05		12,43		0,01	
Total	23								
CV		14,48		16,33		19,71		18,17	
ND		24		24		24		24	
MG		5,09		28,75		17,88		0,53	

* = estatisticamente significativo ($p < 0,05$); condutibilidade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}); teores de cloreto (Cl⁻), sódio (Na⁺) e potássio (K⁺). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 2 - Resumo das ANOVAs dos parâmetros de crescimento de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.

Fonte de variação	GL	MSF		MSC		MSR		AF		Alt		NF	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	13,27	32,56*	9,30	42,89*	0,8	26,98*	710540,1	161,15*	614,43	21,61*	17,59	8,25*
S	1	0,81	1,98ns	3,16	14,59*	0,02	0,70ns	127077,2	28,82*	214,20	7,54*	7,04	3,30ns
Te	2	32,62	80,03*	17,7	81,61*	1,98	66,90*	1670131,0	378,78*	1360,86	47,87*	39,51	18,53*
(SxTe)	2	0,15	0,38ns	3,97	18,31*	0,0054	0,18ns	42681,1	9,68ns	68,12	2,40ns	0,95	0,44ns
Resíduo	18	0,41		0,22		0,01		4409,3		28,43		2,13	
Total	23												
CV		25,50		19,71		27,86		93,98		15,88		19,05	
ND		24		24		24		24		24		24	
MG		25,00		17,88		0,62		706,58		33,57		76,67	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); matéria seca da folha (MSF); matéria seca do caule (MSC); matéria seca da raiz; área foliar (AF); altura da planta (ALT); número de folhas por planta (NF). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 3 –Resumo das ANOVAs do *status* hídrico de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.

Fonte de variação	GL	Ψ_sF		Ψ_wF	
		QM	F	QM	F
Tr	5	0,074	11,20*	0,13	6,18*
S	1	0,18	29,67*	0,0052	0,24ns
Te	2	0,027	4,15*	0,25	11,66*
(SxTe)	2	0,059	9,02*	0,080	3,67*
Resíduo	18	0,0066		0,022	
Total	23				
CV			9,43		31,86
ND			24		24
MG			0,86		0,46

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); ($p < 0,05$); Potencial osmótico foliar (Ψ_sF); potencial hídrico foliar (Ψ_wF). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 4 – Resumo das ANOVAs do Teor de Minerais em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade e três tempos de exposição ao estresse.

Fonte de variação	GL	Cl ⁻ nas folhas		Cl ⁻ no caule		Cl ⁻ nas raízes		Na ⁺ nas folhas		Na ⁺ no caule		Na ⁺ nas raízes		K ⁺ nas folhas		K ⁺ no caule		K ⁺ nas raízes	
		QM	F	QM	QM	QM	QM	F	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	4716,26	68,45*	2522,2	16437,97	957396,4	501194	31,04*	123,43*	957396,4	98,43*	501194	31,04*	113745,6	9,58*	101100,6	41,51*	151214,1	26,05*
S	1	9513,15	138,07*	5787,9	12023,16	2016131	146733,7	9,09*	90,28*	2016131	207,28*	146733,7	9,09*	14905,1	1,25ns	631,0	0,26ns	115669,6	19,93*
Te	2	3690,97	53,57*	1597,01	15742,68	635942,2	811000,4	50,23*	118,21*	635942,2	65,38*	811000,4	50,23*	185316,5	15,60*	153029,5	62,83*	310037,5	53,42*
(SxTe)	2	3343,1	48,52*	1814,54	19340,65	749483	368617,8	22,83*	145,43*	749483	77,06*	368617,8	22,83*	91594,9	7,71*	99406,5	40,81*	10163,0	1,75ns
Resíduo	18	68,9		43,79	133,17	9726,56	16144,43			9726,56		16144,43		11878,8		2435,7		5804,3	
Total	23																		
CV		13,74		14,55		46,68		15,00		22,77		21,96		16,39		6,796		25,29	
ND		24		24		24		24		24,00		24		24		24,00		24	
MG		60,42		45,50		41,38		76,93		433,17		578,67		664,99		726,14		301,25	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo (p< 0,05). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

ANEXO B – Tabelas de resumo das Anovas do experimento 2

EXPERIMENTO 2 – Parâmetros fisiológicos do feijão de corda irrigado com água salina em cada uma das fases de desenvolvimento da cultura.

Tabela 5 - ANOVAs dos sais solúveis do solo irrigado com dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento da cultura de feijão de corda cv EPACE 10.

Fonte de variação	GL	CE _{es}		Cl ⁻		Na ⁺		K ⁺	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	66,78	87,13*	545,26	79,51*	441,74	92,13*	0,053	26,12*
S	1	1,59	2,08ns	6,51	0,95ns	1,95	0,41ns	0,011	5,62*
Te	2	11,78	15,37*	156,51	22,82*	107,08	22,33*	0,031	15,36*
(SxTe)	2	154,38	201,43*	1203,39	175,48*	996,30	207,78*	0,096	47,14*
Resíduo	18	0,77		6,86		4,79		0,002	
Total	23								
CV		10,76		10,26		16,64		10,26	
ND		24		24		24		24	
MG		8		25,52		13,16		25,52	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); condutibilidade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}); cloreto (Cl⁻), teores de sódio (Na⁺) e potássio (K⁺). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 6 - ANOVAs dos parâmetros de crescimento de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento da cultura

Fonte de variação	GL	MSF		MSC		MSR		AF		Alt		NF	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	0,50	9,70*	3,27	12,90*	0,46	9,47*	159157,8	24,05*	39,13	2,46ns	4,99	6,04*
S	1	0,082	1,55ns	0,78	3,07ns	0,000074	0,02ns	111798,3	16,90*	157,6	9,91*	0,042	0,05ns
Te	2	0,032	0,61ns	1,41	5,52*	0,019	3,85*	38062,36	5,75*	3,99	0,25ns	11,63	14,08*
(SxTe)	2	1,18	22,85*	6,40	25,19*	0,097	19,83*	303932,9	45,93*	15,03	0,95ns	0,82	1,00ns
Resíduo	18	0,052		0,25		0,049		6616,66		15,9		0,83	
Total	23												
CV		8,07		20,37		9		8,83		9,96		9,92	
ND		24		24		24		24		24		24	
MG		2,82		2,47		0,74		921,02		40,01		9,17	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); matéria seca da folha (MSF); matéria seca do caule (MSC); matéria seca da raiz; altura da planta (ALT); área foliar (AF); número de folhas por planta (NF). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 7 - ANOVAs das trocas gasosas e do *status* hídrico de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

Fonte de variação	GL	Ψ_sF		Ψ_wF		FOT		COND		TR	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	0,068	6,27*	0,087	7,1*	26,26	2,54ns	0,019	4,08ns	2,58	1,45ns
S	1	0,083	7,72*	0,01	0,85ns	31,22	3,02ns	0,07	14,86*	6,25	3,45ns
Te	2	0,046	4,26*	0,18	14,89*	35,56	3,44ns	0,0047	1,00ns	3,32	1,83,ns
(SxTe)	2	0,082	7,57*	0,03	2,43ns	14,47	1,40ns	0,0084	1,77ns	0,0025	0,95ns
Resíduo	18	0,011		0,01		10,34		0,0047		1,81	
Total	23										
CV		9,43		13,68		13,68		43,36		33,53	
ND		24		24		24		24		24	
MG		0,86		0,81		0,81		0,159		4,02	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); Potencial osmótico foliar (Ψ_sF); potencial hídrico foliar (Ψ_wF); transpiração (TR); condutância estomática (COND); fotossíntese (FOT); Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 8 - ANOVAs dos Solutos Orgânicos de plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento da cultura

Fonte de variação	GL	AmF		AmC		AmR		CarbF		CarbC		CarbR		ProtF		ProtC		ProtC	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	8,45	35,71*	3,58	60,94*	2,67	25,42*	3,37	3,37*	6,62	21,88*	2,67	25,42*	26,17	34,79*	37,64	26,57*	67,65	21,11*
S	1	4,57	19,29*	1,64	27,94*	0,94	8,98*	76	0,85ns	0,033	0,11ns	0,94	8,98*	58,69	78,03*	4,5	3,18ns	43,13	13,46*
Te	2	5,37	22,68*	4,60	78,40*	2,68	25,53*	4,21	4,69ns	5,22	17,28*	2,68	25,53*	19,96	26,53*	55,94	39,49*	74,64	23,29*
(SxTe)	2	13,48	56,96*	3,52	59,97*	3,52	33,53*	3,83	4,27ns	11,3	37,36*	3,52	33,53*	16,12	21,44*	35,91	25,34*	72,94	22,76*
Resíduo	18	0,24		0,058		0,1		0,9		0,3		0,1		0,75		1,14		3,2	
Total	23																		
CV		10,41		13,30		11,85		15,10		7,39		11,82		12,41		13,08		13,57	
ND		24		1,64		24		24		1,64		24		24		1,64		24	
MG		4,67		1,820		2,73		6,27		7,44		9,30		6,99		9,09		13,20	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$); aminoácido nas folhas (AmF), no caule (AmC) e nas raízes (AmR); carboidratos nas folhas (CarbF), no caule (CarbC) e nas raízes (CarbR); proteínas solúveis nas folhas (ProtF), no caule (ProtC) e nas raízes (ProtR). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.

Tabela 9 - ANOVAs do Teor de Minerais em plantas de feijão de corda cv EPACE 10 submetidas a dois níveis de salinidade em diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

Fonte de variação	GL	Cl ⁻ nas folhas		Cl ⁻ no caule		Cl ⁻ nas raízes		Na ⁺ nas folhas		Na ⁺ no caule		Na ⁺ nas raízes		K ⁺ nas folhas		K ⁺ no caule		K ⁺ nas raízes	
		QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Tr	5	4664,34	50,90*	2015,91	78,38*	315,09	62,14*	16921,16	22,73*	1079663	74,77*	171325,6	114,28*	15179,47	2,66ns	21749,99	7,96*	4454,369	3,61*
S	1	168,03	1,83ns	3941,3	153,25*	13,85	2,73ns	31932,75	42,90*	1584863	109,76*	41521,87	27,70*	17597,24	3,08ns	99428,1	36,37*	724,2568	0,59ns
Te	2	1872,61	20,43*	563,89	21,93*	18,61	3,67*	13398,58	18,00*	428116,7	29,65*	1861,38	1,24*	26264,25	4,60*	566,5484	0,21ns	312,316	0,25ns
(SxTe)	2	9704,23	105,89*	2505,25	97,41*	762,19	150,32*	12937,94	17,38*	1478608	102,40*	405691,7	270,61*	2885,798	0,51ns	4094,37	1,50ns	10461,5	8,47*
Resíduo	18	91,64		25,72		5,07		744,3243		14440		1499,201		5712,903		2733,908		1234,89	
Total	23																		
CV		13,74		10,87		11,69		37,99		17,55		7,75		16,39		6,79		18,04	
ND		24		24		24		24		24,00		24		24		24,00		24	
MG		60,415		46,65		19,25		71,803		684,87		499,71		664,990		726,14		194,80	

* = estatisticamente significativo e ns = não significativo ($p < 0,05$). Tr = tratamentos; S = Níveis de salinidade; Te = tempo de exposição á salinidade; CV = coeficiente de variação; ND = Número de dados; MG = média geral.