



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE AGRONOMIA

TIAGO CAVALCANTE DA SILVA

**ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS EM CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SUBMETIDOS À ESTRESSE SALINO**

FORTALEZA

2016

TIAGO CAVALCANTE DA SILVA

**ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS EM CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SUBMETIDOS À ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra

FORTALEZA

2016

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

-
- S578a Silva, Tiago Cavalcante da.
Acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de feijão-de-corda submetidos à estresse salino. / Tiago Cavalcante da Silva. – 2016.
67 f. : il. color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
1. Solos – salinidade - Ceará. 2. Feijão-de-corda. 3. Ciência do solo . I. Título.

CDD 631

TIAGO CAVALCANTE DA SILVA

**ACÚMULO DE SOLUTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS EM CULTIVARES DE
FEIJÃO-DE-CORDA SUBMETIDOS À ESTRESSE SALINO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da disciplina Atividade Supervisionada para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 02/02/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. João Valdenor Pereira Filho (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Francisca Robevania Medeiros Borges (Conselheiro)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus, por estar comigo em todos os momentos da minha vida e por me dar forças para seguir a caminhada

Aos meus pais e irmão, pelo apoio, confiança e pela educação formal e moral que me deram mesmo diante das dificuldades.

AGRADECIMENTO

À Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À Universidade Federal do Ceará, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de iniciação científica.

Aos meus pais, Carlos e Luzia, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Pelo cuidado e dedicação, e em alguns momentos, a esperança para seguir.

Ao meu irmão, Diogo, que sempre me deu força, coragem e constante apoio para seguir em busca dos meus objetivos.

Às minhas tias, Elizete, Lirete e Eliete, por todo seu amor para comigo, que de forma especial e carinhosa me deram força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldade.

Aos meus avós, Maria Rodrigues, José Lopes, Tereza Pereira e Lazaro Evangelista (*In Memoriam*) pelo amor, acolhimento e apoio, sempre torcendo pelo meu sucesso.

À todos os meus familiares, em especial ao meu tio Júnior Lopes (*In Memoriam*), pela torcida e confiança que sempre depositam em minha pessoa.

Ao Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram a possível conclusão desse trabalho. Obrigado pelo convívio, pelo apoio e pela amizade construída durante esse período.

Ao Msc. João Valdenor Pereira Filho, pelo apoio, incentivo, confiança, ensinamentos e ajuda na execução do trabalho.

À Msc. Francisca Robevania Medeiros Borges, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

As Engenheiras Agrônomas Keivia Lino e Laís Monique, por serem um dos divisores de águas da minha vida acadêmica. Obrigado por terem me apresentado a família irrigação.

Aos orientados do Prof. Marcus Bezerra, Alexandre Reuber, Emília Araújo, Juarez Júnior, Nayara Luna, Samara Alves, Clemilda Nunes, Luiz Tiago, Ricardo Andrade, Juliana Cruz, Carlos Regis, Ronney Mendes, por todos os trabalhos e conhecimentos adquiridos nesse grupo de pesquisa. Obrigado pela amizade e companheirismo.

Aos grandes amigos Thiago Aragão e Diego Lourenço, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

As grandes amigas Joyce Cristine, Amanda Pinheiro e Danyelle Mauta, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Aos amigos Camila Castro, Fernanda Helena, Ingrid Pinheiro, Vinicius Bittencourt, Adriana Celentano, Marcelo Silva, Tiago Rodrigues, Pedro Henrique, Jharine Xavier, Mário Vasconcelos, Cleuda Costa, Raphaelly Amorin, Lidiane Olímpio, Raysa Mayara, Paula Freitas, Ramon Cruz, que fizeram parte da minha historia, estiveram sempre comigo durante a graduação, compartilhando momentos de alegria, de tristeza e de vitória.

Aos professores Mirian Costa, Tiago Osório, Cândida Bertini, Carmem Dolores, Carlos Alexandre, Patrícia Verônica, Patrícia Pimentel, Socorro Carneiro, Luiz Euquerio, Thales Viana, por terem marcado minha graduação devido aos seus amores pela profissão.

Aos meus amigos de Morada Nova, Marilia Freitas, Camila Castro, Bruna Carneiro, Amanda de Oliveira, Caline Castro, Marcia Freitas, Regino Silva, Eridene Silva, Augusta Carneiro, Elisiane Rodrigues, que mesmo distantes sempre encontram uma maneira de demonstrar que estão presentes.

À todos que, direta e indiretamente, contribuíram para essa minha conquista.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

O estresse salino é umas das limitações impostas as culturas agrícolas, e conseqüentemente vem provocando a redução de seu crescimento e produção. Tendo em vista, que essa condição é provocada pelo manejo inadequado da água e das técnicas de irrigação adotadas na agricultura. A qualidade da água para fins de irrigação, é um aspecto que pode ser levado em consideração para o grande problema de degradação dos solos, através da salinização. As culturas agricultáveis, desenvolvem mecanismos de resistência e tolerância a esses processos considerados ofensivos para o seu melhor desenvolvimento. O feijão vigna, cultivado principalmente em regiões áridas e semiáridas, tem demonstrado uma adaptação a ambientes salinizados, sem causar grandes prejuízos. A acumulação de solutos compatíveis pelas plantas, é um típico exemplo de um mecanismo de resistência as condições de estresse abiótico. Assim, objetivou-se, com esse trabalho, avaliar e constatar os efeitos da irrigação com águas de diferentes níveis de salinidade, através de respostas dos acúmulos de solutos orgânicos e inorgânicos na matéria seca das folhas de plantas de duas cultivares do feijão vigna. O experimento foi conduzido em vasos a céu aberto, na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. Utilizou-se o delineamento estatístico de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (Split-plot), onde os níveis de salinidade foram distribuídos nas parcelas enquanto as cultivares na subparcelas. Os níveis de salinidade corresponderam a: S1, nível de salinidade de 0,7 dS m⁻¹ (água proveniente de um poço freático, pertencente à Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará); S2, nível de salinidade de 1,5 dS m⁻¹; S3, nível de salinidade de 3,0 dS m⁻¹; S4, nível de salinidade de 4,5 dS m⁻¹; S5, nível de salinidade de 6,0 dS m⁻¹. As cultivares avaliadas foram a Epace 10 e BRS Itaim. As variáveis avaliadas foram: teores de solutos orgânicos (carboidratos solúveis totais, N – aminossolúveis e prolina livre) e inorgânicos (potássio, sódio e cloreto). Os solutos orgânicos (carboidratos solúveis totais, N – aminossolúveis e prolina livre) acumulam-se significativamente nas folhas das plantas das cultivares estudadas. Resultados semelhantes foram encontrados quando avaliados os teores de solutos inorgânicos (sódio e cloreto), onde o acúmulo desses solutos nas folhas das plantas das cultivares do feijão vigna, apresentaram respostas significativas. O soluto potássio apresentou resultados contrários, à medida que se aumentou os níveis de salinidade da água de irrigação, a concentração desse íon nas folhas das plantas diminuiu. Entre as cultivares avaliadas, a cultivar Epace 10 apresentou o maior acúmulo em todas variáveis analisadas.

Palavras-chave: Salinidade. Tolerância. *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

Salt stress is one of the limitations imposed crops, and consequently has led to the reduction of its growth and production. Considering that this condition is caused by inadequate water management and irrigation techniques used in agriculture. The quality of water for irrigation purposes, is an aspect that can be taken into account for the major land degradation problem by salinization. The arable crops, develop mechanisms of resistance and tolerance to these processes deemed offensive to its best development. The vigna beans, grown mainly in arid and semi-arid regions, has demonstrated an adaptation to saline environments without causing major damage. The accumulation of compatible solutes by plants, is a typical example of a mechanism of resistance to abiotic stress conditions. Thus, the aim, with this study was to evaluate and observe the effects of irrigation water with different salinity levels, through responses of the accumulation of organic and inorganic solutes in the dry matter of the leaves of plants in two of vigna bean cultivars. The experiment was conducted at an open vessels in the experimental area of Agrometeorológica Station of the Federal University of Ceará, Fortaleza, Ceará. We used the statistical design of randomized blocks with split plots (split-plot), where salinity levels were distributed in installments while the cultivars in the subplots. Salinity levels corresponded to: S1, salinity level of 0.7 dS m⁻¹ (water from a groundwater well, belonging to the weather station at the Federal University of Ceará); S2 salinity level of 1.5 dS m⁻¹; S3 salinity of 3.0 dS m⁻¹; S4 salinity of 4.5 dS m⁻¹; S5, salt level of 6.0 dS m⁻¹. The cultivars were Epace 10 and BRS Itaim. The variables evaluated were: organic solutes content (total soluble carbohydrates, N - aminossolúveis and free proline) and inorganic (potassium, sodium and chloride). The organic solutes (total soluble carbohydrates, N - aminossolúveis and free proline) accumulate significantly in the leaves of plants studied cultivars. Similar results were found when assessed the levels of inorganic solutes (sodium and chloride), where the accumulation of these solutes in the leaves of plants of the vigna bean cultivars showed significant responses. Potassium solute showed opposite results, as it increased the salinity levels of irrigation water, the concentration of this ion in plant leaves decreased. Among the cultivars, cultivating Epace 10 showed the greatest accumulation in all variables analyzed.

Keywords: Salinity. Tolerance. *Vigna unguiculata*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área experimental.....	28
Figura 2 – Imagens da cultivar epace 10.....	31
Figura 3 – Imagens da cultivar brs itaim.....	31
Figura 4 – Vista geral da área experimental com detalhes das parcelas (a) e subparcelas (b).....	32
Figura 5 – Detalhe da distribuição dos vasos preenchidos na área experimental.....	33
Figura 6 – Detalhe das duas plantas deixadas por vaso por ocasião do desbaste.....	34
Figura 7 – Croqui da área experimental, evidenciado a disposição das unidades experimentais.....	35
Figura 8 – Equação de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de carboidratos solúveis em folhas (CS_F).....	44
Figura 9 – Teores de carboidratos solúveis nas folhas (CS_F).....	45
Figura 10 - Equação de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de n – aminossolúveis em folhas ($N - amin.F$).....	46
Figura 11 – Teores de N – aminossolúveis nas folhas ($N - amin.F$).....	47
Figura 12 – Equações de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de prolina livre em folhas (PR_F).....	48
Figura 13 – Equação de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de potássio nas folhas (K^+_F).....	51
Figura 14 – Teores de potássio nas folhas (K^+_F).....	52
Figura 15 – Equação de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de sódio nas folhas (Na^+_F).....	53
Figura 16 – Teores de sódio nas folhas (Na^+_F).....	54
Figura 17 – Equação de regressão entre níveis de salinidade e cultivares, dos teores de cloreto nas folhas (Cl^-_F).....	55
Figura 18 – Teores de cloreto nas folhas (Cl^-_F).....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições climáticas da área experimental.....	29
Tabela 2 – Atributos físicos hídrico do solo.....	29
Tabela 3 – Atributos químicos do solo.....	30
Tabela 4 – Análise da qualidade da água.	36
Tabela 5 – Resumo da análise de variância para os dados (Solutos orgânicos).....	43
Tabela 6 – Resumo da análise de variância para os dados (Solutos inorgânicos).....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Feijão vigna	16
2.2 Problemática dos solos afetados por sais na agricultura	17
2.3 Qualidade da água de irrigação	19
2.4 Manejo da água salina na agricultura	20
2.5 Efeitos dos sais no solo	21
2.6 Efeitos dos sais na planta	22
2.7 Efeitos da salinidade no crescimento e desenvolvimento do feijão vigna.....	23
2.8 Solutos orgânicos e inorgânicos.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Localização e caracterização da área experimental	28
3.2 Material vegetal	30
3.2.1 Epace 10.....	30
3.2.2 BRS Itaim	31
3.3 Descrição da área experimental	32
3.4 Instalação e condução do experimento	32
3.5 Adubação, semeadura e desbaste	33
3.6 Delineamento experimental e composição dos tratamentos	34
3.7 Sistema e manejo da irrigação.....	35
3.8 Concentrações de sais na água de irrigação.....	38
3.9 Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários	39
3.10 Variáveis analisadas	39
3.10.1 Coleta do material vegetal para execução das análises.....	39
3.10.2 Preparação dos extratos.....	39
3.10.3 Solutos orgânicos	40
3.10.3.1 Carboidratos solúveis totais.....	40
3.10.3.2 N-aminossolúveis	40
3.10.3.3 Prolina livre.....	41
3.10.4 Solutos inorgânicos	41
3.10.4.1 Concentrações dos íons potássio (K ⁺) e sódio (Na ⁺).....	41

3.10.4.2	Concentrações de íons de cloreto (Cl⁻).....	41
3.11	Análises estatísticas	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Os vegetais, de maneira geral, necessitam de condições bióticas e abióticas ideais para expressar suas atividades morfofisiológicas. Condições adversas podem causar prejuízos as plantas cultivadas em ambientes que não apresentam condições favoráveis a seu desenvolvimento. Em regiões áridas e semiáridas, fatores como estresse hídrico e salino são considerados os principais agravantes no crescimento das culturas, comprometendo a produtividade e a qualidade da produção.

O uso da irrigação, no Nordeste brasileiro, torna-se importante para a viabilidade da exploração comercial da cultura do feijão vigna, devido à irregularidade das chuvas. Por outro lado, projetos de irrigação mal dimensionados, tem causado alguns problemas ao meio ambiente. Um exemplo disso, é uso de águas de qualidade inferior na irrigação, que na maioria das vezes são salinas provocando queda da produtividade das culturas. Com isso, se faz necessário adotar práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e água de irrigação.

Algumas espécies de plantas produzem rendimentos aceitáveis em condições salina, isso se deve a uma condição de adaptação a esse estresse, o que permite uma maior capacidade de absorção de água, mesmo em potenciais osmóticos muito baixos.

O feijão vigna é amplamente cultivado nas regiões áridas e semiáridas, mais precisamente no Nordeste do Brasil. Ele constitui uma das principais fontes nutricionais da dieta das populações.

Apesar de apresentar características de tolerância as condições de estresse salino, o feijão vigna tem uma melhor resposta com uma maior produtividade em condições ideais de disponibilidade de água, nutrição e temperatura. O ajustamento osmótico, ou acumulação de solutos, é um processo pelo qual o potencial hídrico pode diminuir sem que haja diminuição da turgidez (TAIZ e ZEIGER, 1998).

Esse trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos do estresse salino no acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos, em duas cultivares do feijão-de-corda.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão vigna

O feijão vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), vulgarmente conhecido como caupi, macassar e feijão-de-corda é uma leguminosa herbácea cultivada principalmente pela agricultura familiar, normalmente descapitalizados, na grande maioria das vezes com emprego de pouca tecnologia. Cultura essa considerada de subsistência ou comercial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, gerando emprego e renda. Trata-se de uma leguminosa altamente nutritiva, de boa aceitação no mercado e um dos principais componentes da dieta alimentar da população do Nordeste brasileiro (LIMA et al., 2007).

Mundialmente, a área ocupada para cultivo com feijão-caupi, está em torno de 12,5 milhões de ha, sendo que 8 milhões de ha se encontram localizados nas regiões oeste e central da África, em valores percentuais representando 64% da área mundial. A outra parte da área se encontra localizada na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania (EMBRAPA, 2002).

No Brasil, o feijão-caupi é cultivado predominantemente no sertão semi-árido da região nordeste e em pequenas áreas na Amazônia, sendo representada em 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijão-caupi nos estados do Amazonas, Maranhão, Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (MAIA, 1996).

O feijão-caupi é uma planta herbácea anual, propagada por sementes, apresenta autofecundação e uma taxa muito baixa de alogamia ou fecundação cruzada, e as flores, completas, têm os órgãos masculinos e femininos bem protegidos pelas pétalas, em número de cinco, de coloração branca, amarela ou violeta. Apresentam dez estames, o estilete termina com um estigma recurvado, úmido e coberto de pêlos com a finalidade de aderir melhor os grãos de pólen. O ovário é estreito e alongado, a antese ocorre normalmente nas primeiras horas da manhã, condicionando a ocorrência da polinização, que ocorre predominantemente através de insetos (TEÓFILO; MAMEDE; SOMBRA, 1999). O sistema radicular é pivotante, alcançando até 0,80 m de profundidade, e como as demais leguminosas, possui a capacidade de fixação do nitrogênio do ar (MOUSINHO, 2005).

A cultura do feijão vigna apresenta ciclo curto, com baixa exigência em água e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, podendo ser cultivado em quase todos os tipos de solos. (EMBRAPA, 2002).

Bastos et al. (2008) constataram que o consumo de água do feijão-de-corda, variedade BR-17 Gurguéia, foi de 288,5 mm ciclo⁻¹ (ETc), correspondente a um valor de 4,1 mm dia⁻¹, para um ciclo de 70 dias.

Ayers e Westcot (1999) constataram que a cultura do feijão vigna tolera uma condutividade elétrica da água até 3,3 dS m⁻¹ e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de até 4,9 dS m⁻¹. O feijão-de-corda é considerado altamente sensível (FREITAS et al., 2011), moderadamente sensível (MAAS E HOFFMAN, 1977) até moderadamente tolerante (ASSIS JÚNIOR et al., 2007) e moderadamente tolerante à salinidade (DANTAS et al., 2002). Essa condição adaptativa a tolerância ao estresse salino pela planta, varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. Estratégias devem ser adotadas visando o melhor desenvolvimento da cultura, onde podem ser encontradas águas com qualidades diferenciadas. Isso reflete no melhor manejo possível da irrigação, afim de variar a qualidade da água de irrigação ao longo do ciclo da planta (RHOADES et al., 2000). As diferentes cultivares de plantas reagem diferentemente à salinidade, isto é, cada espécie de planta ou cultivar tolera até determinada salinidade, sem reduzir seu rendimento potencial (salinidade limiar – SL), a partir da qual passa a diminuir a produtividade à medida que se incrementa a salinidade do solo (AYERS E WESTCOT, 1999).

A cultivar Epace 10 do feijão vigna foi obtida a partir do cruzamento da linha CNCx 166-8E com Seridó x TVu 1888. Recomendada para cultivo em condições de clima e solo mais típicas do semi-árido (EMBRAPA, 1988).

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, selecionada do cruzamento MNC04-786 (FREIRE FILHO et al. 2009). Essa cultivar tem hábito de crescimento determinado, porte ereto e tem resistência ao acamamento, é recomendada principalmente para o cultivo em regime sequeiro (EMBRAPA, 2009).

2.2 Problemática dos solos afetados por sais na agricultura

Os solos salinizados ou afetados por sais, comumente chamados de solos halomórficos ou solos salinos e sódicos, são um dos principais problemas ao estresse abióticos que limita o crescimento e rendimento das culturas em todo mundo (RIBEIRO, 2010; VAIDYANATHAN et al. 2003). Comumente encontrados em regiões áridas e semiáridas, onde fatores em conjunto ou isolados são determinantes para o aumento dessa problemática, tais como: relações hidrológicas, clima e principalmente o mau manejo deste solo e água (RICHARDS, 1954). São solos formados em condições imperfeitas de drenagem,

na presença de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em camadas próximas a superfície do solo (RIBEIRO, 2010).

Cerca de 50% dos 250 milhões de hectares de área irrigada no mundo, se encontram com problemas de salinização e sodificação (FAO, 2005). Estimativas feitas por Pereira et al. (1986) demonstram que no Brasil os solos salinos e sódicos ocupam uma área de 91.000 km² e ocorrem nos estados do Rio Grande do Sul, no Pantanal Mato-Grossense e, predominantemente, na região Nordeste.

Perante a classificação, segundo o USSL Staff (1954), um solo é considerado salino quando a sua condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) é ≥ 4 dS m⁻¹ e a porcentagem de sódio trocável (PST) é $< 15\%$, sendo o pH destes solos menor que 8,5.

No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) a salinidade é considerada no caráter sálico (CEes ≥ 7 dS m⁻¹, a 25 °C) e no caráter salino ($4 \leq$ CEes < 7 dS m⁻¹, a 25 °C), (EMBRAPA, 2013).

Medeiros et al. (2010) relata que as regiões áridas e semiáridas as concentrações de sais podem atingir valores elevados, prejudicando o desenvolvimento das plantas e danificando a estrutura do solo. Esse processo é ocasionado pelas características climáticas dessas regiões, com elevadas taxas de evaporação e transpiração além da baixa precipitação, possibilitando a ascensão de sais para a superfície do solo. Vale ressaltar o processo de salinização secundária, ocasionado pelo manejo inadequado da irrigação associado à drenagem deficiente (OLIVEIRA et al., 2010).

As desordens nutricionais provocadas nas plantas cultivadas em solos afetados por sais estão diretamente relacionadas com a limitação do crescimento radicular, sendo o excesso de sais fator determinante para o desequilíbrio químico do solo, e bem como a redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Nutrientes como cálcio (Ca⁺⁺), magnésio (Mg⁺⁺) e potássio (K⁺), são diretamente afetados com o aumento da concentração de Na⁺ na solução do solo (FREIRE; FREIRE, 2007). A redução da porosidade e o maior adensamento do solo são fatores que dificultam o aprofundamento das raízes no perfil, e ocasionando também limitações na disponibilidade de água e ar (SANTI et al., 2002).

Em culturas agrícolas que são cultivadas em solos afetados por sais, observa-se a diminuição da concentração de K⁺ no citosol celular, provocado pelo aumento da concentração de Na⁺ (ZHU, 2003). Essa diminuição nos teores de K⁺ tem sido atribuída à maior competição entre o Na⁺ e o K⁺, pelos sítios de adsorção (MARSCHNER, 1995).

Assis Júnior et al. (2007), trabalhando com a cultivar Epace 10, constataram a redução da produtividade ocasionada pela salinidade, onde observou-se uma redução no

crescimento vegetativo, estando associadas aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares.

2.3 Qualidade da água de irrigação

A água é um recurso essencial para a vida humana na terra, ela possui um lugar destaque nas atividades dos seres vivos, pois garante a existência da vida. Atualmente, sua situação pode ser considerada crítica perante a parâmetros quantitativos e qualitativos, tais como: os desequilíbrios regionais, aumento da concentração nos grandes centros urbanos, exploração excessiva dos aquíferos e contaminação da qualidade das águas superficiais (ALMEIDA, 2010).

Nas regiões áridas e semiáridas, os problemas ocasionados pela escassez dos recursos hídricos, vem se acentuando como um dos principais agravantes para o não desenvolvimento das práticas agrícolas nas citadas regiões. Fator limitante, escassez de água, torna necessário a utilização de águas com níveis inferiores de qualidade, causando a degradação dos solos e limitando a produtividade agrícola (MEDEIROS; LISBOA; OLIVEIRA, 2003).

O manejo da irrigação, na sua grande maioria, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança (HOLANDA; AMORIM; NETO; HOLANDA, 2010). Na agricultura irrigada, a qualidade da água deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de fatores que são limitantes e que impossibilitam a expansão da produção agrícola nas regiões áridas e semiáridas do mundo. Mesmo que as águas salinas tenham sido diagnósticas impróprias para práticas na irrigação, existem evidências em todo mundo, que seu uso pode ser viabilizado, desde que adotem técnicas de manejo adequado e culturas tolerantes à salinidade (STEPPUNH, 2001).

Partindo-se do princípio de que todas as águas contêm sais, mesmo utilizando águas para irrigação que apresentam reduzidas concentrações, existe um certo potencial de salinização em condições de chuvas e drenagem insuficientes. Nas regiões áridas e semiáridas, as águas superficiais e subterrâneas apresentam maior concentração salina do que em regiões úmidas e sub-úmidas, o que vai se somar ao problema de salinização e sodificação do solo (MEDEIROS, 1997).

No Brasil, a classificação mais utilizada para as águas destinadas à irrigação foi proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América. De acordo com Richards (1954), baseia-se geralmente na condutividade elétrica (CE), que indica o risco de

salinidade e na razão de adsorção de sódio (RAS) como indicador de sodicidade. As águas se dividem em quatro classes, de acordo com a concentração total de sais solúveis (C1, C2, C3 e C4), cada qual representando condutividades elétricas de 0-0,25; 0,25-0,75; 0,75-2,25; 2,25-4,00 dS m⁻¹, respectivamente. Quanto à sodicidade, as águas são classificadas também em quatro classes (S1, S2, S3 e S4), cada uma separada em função da RAS e da CE, da seguinte forma: S1: RAS < 18,87 - 4,44.log CE; S2: 18,87 - 4,44.log CE < RAS < 31,31 - 6,66.log CE; S3: 31,31 - 6,66.log CE < RAS < 43,75 - 8,87.log CE e S4: RAS > 43,75 - 8,87.log CE.

Ayers e Westcot (1999) apresentam os riscos das concentrações dos íons (sódio, cloro e boro) quanto à toxicidade às plantas, que podem ser divididos em três classes, a saber, T1: não possui risco de toxicidade (< 3 mmol_cL⁻¹ para os íons sódio ou cloreto em irrigação por aspersão ou superfície; e < 0,7 mmol_cL⁻¹ para o íon boro); T2: risco moderado de toxicidade (com concentrações de sódio ou cloreto variando de 3 – 9 mmol_cL⁻¹ em irrigação por superfície e > 3 mmol_cL⁻¹ em irrigação por aspersão e com concentração de 0,7 – 3,0 mmol_cL⁻¹ para o íon boro); e T3: risco severo de toxicidade (> 9 mmol_cL⁻¹ para os íons sódio ou cloreto em irrigação por superfície e > 3 mmol_cL⁻¹ para o íon boro).

2.4 Manejo da água salina na agricultura

O acúmulo de sais solúveis e Na⁺ no solo, influenciam a redução do potencial osmótico da solução do solo, produz alterações no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação dos seus agregados. A acumulação de sais solúveis torna o solo flocoado, fofo e bem permeável; o aumento do sódio trocável poderá torna-lo adensado, compactado em condições secas, disperso e pegajoso em condições molhadas (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010).

Estratégias de manejo podem ser utilizadas para minimizar os impactos negativos para o aproveitamento de água salina na irrigação, entre elas: escolha de espécies ou cultivares mais tolerantes, utilização dessas fontes de água nos estádios de maior tolerância das culturas, mistura de águas de diferentes qualidades, uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas, além de diversas outras práticas visando à obtenção de boa produção vegetal com controle da salinização/sodificação do solo (LACERDA et al., 2009; MORAIS et al., 2011).

As estratégias de manejo sob condições de salinidade, em cultivo, podem ser divididas em não específicas e específicas. As estratégias não específicas são utilizadas em

diferentes condições de cultivo, e as específicas são aquelas que estão diretamente relacionadas ao problema da salinidade (LACERDA et al., 2009).

Aquino et al. (2010) observaram diferenças significativas quanto as respostas fisiológicas entre dois genótipos de sorgo submetidos a salinidade.

Garcia et al. (2010) avaliaram e compararam o efeito da salinidade da solução do solo sobre a resposta de 30 genótipos de feijoeiro e constataram que a salinidade afetou significativamente o crescimento de todos os genótipos estudados.

Silva et al. (2013) avaliando os efeitos da aplicação de biofertilizante bovino e da salinidade da água de irrigação, sobre as trocas gasosas e produtividade do feijão-de-corda, verificaram que a salinidade da água de irrigação reduziu as trocas gasosas (condutância estomática, fotossíntese e concentração interna de CO₂) e a produtividade do feijão-de-corda.

Embora existam diversas estratégias que podem ser utilizadas no manejo da salinidade em cultivos irrigados, Lacerda et al. (2010) advertem que os estudos desenvolvidos no Brasil ainda são escassos, e normalmente avaliadas estratégias isoladas sem uma visão de longo prazo da sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

2.5 Efeitos dos sais no solo

No solo, os efeitos negativos dos processos de salinização são desestruturação, redução da infiltração de água pelo excesso de íons de sódio, aumento da densidade aparente e da retenção de água no solo (RHOADES et al., 2000) e diminuição da fertilidade físico-química. A implicação prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas (DIAS e BLANCO, 2010).

Os efeitos dos sais sobre o solo dependem da interação eletroquímica existentes entre cátions e a argila, refletindo diretamente no grau de estabilização de seus agregados. No processo de salinização, o acúmulo de cátions de menor valor valência sobre a superfície das partículas do solo (argilas), pode ocasionar a expansão das mesmas, enfraquecendo as forças de ligação entre elas a ponto de dispersá-las, ou seja, a característica principal deste efeito é a expansão da argila quando úmida e a contração quando seca, que é explicado pelo excesso de sódio trocável (LIMA, 1997; DIAS e BLANCO, 2010).

Solos de regiões áridas e semiáridas podem apresentar acúmulo de sais e sódio trocável em níveis prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, devido a processos naturais e

antrópicos de salinização e sodificação, em consequência do manejo inadequado da irrigação (MEDEIROS; GHEYI; NASCIMENTO, 2012).

Para Medeiros e Gheyi (1997) o nível de salinidade dos solos deve ser sempre inferior ao nível nocivo às plantas cultivadas. Assim, o monitoramento direto da salinidade na zona radicular é recomendado para avaliar a eficiência dos diversos programas de manejo nas áreas irrigadas. Essas águas nem sempre são adequadas para irrigação, contribuindo para o aparecimento de problemas de salinidade e, conseqüentemente, problemas nutricionais do cultivo, resultando em prejuízos para os agricultores. A água de irrigação, mesmo de baixa salinidade, pode tornar-se um fator de salinização do solo, caso não seja manejada corretamente (AYERS e WESTCOT, 1999).

A salinidade do solo reduz a disponibilidade da água no solo; no entanto, nem todas as culturas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade (WILLADINO et al. 2011).

2.6 Efeitos dos sais na planta

Prisco e Gomes Filho (2010) afirmam que a salinidade altera, inicialmente, a absorção de água, de nutrientes e a permeabilidade das membranas. Essas alterações refletem no balanço hídrico e nutricional da planta e provocam mudanças no metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas e na produção de EROs. Todas essas mudanças comprometem a expansão e divisão das células, o crescimento vegetativo e reprodutivo e a aceleração da senescência das folhas, que resultam na eventual morte da planta.

A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas, em razão dos efeitos de natureza osmótica, tóxica e/ou nutricional. Algumas espécies produzem rendimentos aceitáveis, sob condições salinas, em virtude da melhor adaptação osmótica, tendo maior capacidade de absorção de água, mesmo em potenciais osmóticos muito baixos (FLOWERS, 2004).

As plantas têm desenvolvido mecanismos complexos, que contribuem para a adaptação aos estresses osmótico e iônico, provocados pela salinização dos solos. Mecanismos esses, que visam suportar o estresse salino imposto as plantas. Os genótipos com diferentes graus de tolerância ao estresse salino refletem as variabilidades nos graus de eficiência dos mecanismos de aclimatação ou adaptação ao excesso de sais no solo (COSTA et al., 2003; DIAS e BLANCO, 2010).

O ajustamento osmótico das plantas, é um mecanismo utilizado em condições de elevadas concentrações de sais no solo (TAIZ e ZEIGER, 2004). O ajustamento osmótico pode ser definido como sendo o acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em condições estressantes a baixa disponibilidade de água e de alta concentração de sais, o que contribui para a continuidade dos processos fisiológicos (MORGAN, 1984; VERSLUES e BRAY, 2004).

Como o ajuste osmótico é um processo pelo qual o potencial hídrico da folha, pode ser diminuído sem que haja decréscimo do turgor ou do volume celular, o mesmo constitui-se, portanto, num aumento líquido no conteúdo de solutos por célula. O ajuste pode ser calculado pelo aumento da concentração de variedade de solutos comuns, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons inorgânicos, especialmente o K^+ (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A resistência à salinidade e sodicidade é a habilidade tanto de evitar, por meio de regulação salina, que excessivas quantidades de sal provenientes do substrato alcancem de sal provenientes do substrato alcancem o protoplasma, como de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na concentração de sais. As plantas variam em sua tolerância segundo a espécie, a variedade e a idade, além das condições climáticas oferecidas ao meio (LARCHER, 2000).

Os diferentes níveis de adaptação das plantas à salinidade permitem uma elevada variação quanto ao crescimento e desenvolvimento das plantas em resposta a essa condição (DIAS e BLANCO, 2010). O grau de tolerância à salinidade das plantas depende da ativação de múltiplas vias bioquímicas que promovem a acumulação de água nas células (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

Trabalhando a tolerância à salinidade da cultivar *Quarentinha* de feijão vigna, Lima et al. (2007) verificaram que a matéria seca da parte aérea da planta descreveu linearmente à medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, alcançando uma redução de 66,94% no maior nível salino ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação a testemunha ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

Cruz et al. (2006) observaram que o maracujazeiro-amarelo, quando submetido a salinidade de até 100 mM de NaCl, desenvolvem mecanismos de compartimentalização dos íons Na^+ e Cl^- nas folhas completamente expandidas e de Cl^- nas raízes, protegendo assim os ápices foliares. Ghoulam et al. (2002), trabalhando com plantas de beterraba açucareira irrigadas com soluções de até 200 mM de NaCl, verificaram elevado acúmulo de Na^+ , Cl^- e K^+ nas folhas, o que possibilita a manutenção no seu potencial hídrico e conseqüentemente maior tolerância das plantas à salinidade.

2.7 Efeitos da salinidade no crescimento e desenvolvimento do feijão vigna

O feijão vigna é de grande importância na alimentação das populações do Nordeste brasileiro, principalmente em áreas mais carentes, pois fornece um alimento de valor nutritivo e componente básico da dieta alimentar (CALVET et al., 2012). Apesar da rusticidade, é uma cultura tolerante à deficiência hídrica (BOYER, 1978), é moderadamente sensível à salinidade (MASS e HOFFMAN, 1977) e altamente sensível à salinidade (FREITAS et al., 2011).

Em feijão de corda diversos estudos têm sido conduzidos mediante a utilização de soluções salinas, na fase vegetativa (MURILO-AMADOR et al., 2006), na fase de floração (ENÉAS-FILHO et al., 2002; FERREIRA, 2005) e em todo o seu ciclo (ASSIS JÚNIOR et al., 2007; GUIMARÃES, 2005), testando a tolerância ao estresse salino.

Patel et al., (2010) avaliando o efeito do estresse salino em três cultivares de feijão vigna, constataram que houve uma redução na biomassa seca da parte aérea da planta com o aumento nos níveis de salinidade, da ordem de 33, 39 e 43%, para cultivares Akshay-102, Gomtivu-89 e Pusa Falguni, respectivamente.

O grau de tolerância do feijão-caupi ao estresse salino varia entre os diferentes genótipos (DANTAS et al., 2002). Murillo-Amador et al. (2006) verificaram, trabalhando com diferentes genótipos de feijão-caupi, comportamento diferente entre os genótipos, principalmente entre materiais de distintas procedências.

Santos et al. (2013) estudando os efeitos da salinidade na germinação e no estabelecimento inicial da plântula de duas leguminosas de importância para o Nordeste, feijão-caupi e fava-branca, concluíram que a salinidade até o nível de 40 mM não afetou de forma significativa o crescimento e estabelecimento da plântula no feijão-caupi, enquanto na fava-branca os baixos níveis de salinidade afetaram a germinação e o crescimento, mas se mostrou mais tolerante nos níveis mais altos de salinidade.

Silva et al. (2012) objetivando avaliar a interação entre salinidade e uso de bioestimulantes sobre o crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, relatam que a salinidade inibiu o efeito benéfico do bioestimulante sobre o desenvolvimento do feijão-caupi.

Silva et al. (2015) estudando os efeitos da produção de biomassa seca da parte aérea de cultivares de feijão-caupi, submetido à irrigação com água de diferentes salinidades e

hídricos, em experimento conduzido em ambiente protegido, concluíram que houve uma redução da variável analisada com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Praxedes et al. (2009), avaliando o acúmulo de prolina e aminoácidos em duas cultivares de feijão-caupi (Pitiúba e TVu 2331). De modo geral, o estresse salino inibiu mais o crescimento da cultivar TVu 2331.

Calvet et al. (2012), avaliando o feijão de corda submetido a salinidade em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, no que concerne aos teores dos solutos orgânicos e inorgânicos das folhas, caules e raízes, concluíram que o teor de cloreto das plantas estressadas foi maior nas folhas e o de sódio foi mais elevado nos caules. Já os teores de carboidratos das raízes foram elevados pelo tratamento salino, nas fases de floração até a frutificação. Também constataram que a salinidade aumentou os teores de N-aminossolúveis nas folhas e os reduziu nas raízes e que o teor de proteínas diminuiu tanto nas folhas quanto nas raízes. Segundo os autores, a análise conjunta dos resultados revela uma sensibilidade maior do feijoeiro durante as fases de floração até a frutificação.

2.8 Solutos orgânicos e inorgânicos

A dinâmica fisiológica das plantas pode ser alterada ou limitada por fatores de ordem abiótica, como a salinidade. Buscando mantê-las suas atividades, a planta se utiliza de mecanismos de resistência a esses fatores. Em condições de disponibilidade de água, a planta pode adotar um maior desperdício de energia para acumular solutos para a manutenção da pressão de turgência. Isso irá refletir em respostas fisiológicas que beneficiaram a capacidade da planta em executar seus processos fisiológicos, como o crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2013).

PRISCO e GOMES FILHO et al., (2010) afirmam que o ajustamento osmótico é realizado a partir da acumulação de íons, principalmente tóxicos, no vacúolo e de íons não tóxicos e solutos orgânicos no citosol. O acúmulo de íons (tóxicos ou não tóxicos) e solutos, tem função na planta de osmoregulação, acreditando-se que possam contribuir para a estabilidade das proteínas e das membranas celulares (ASHRAF; FOOLAD, 2007; GREENWAY; MUNNS, 1980; BOHNERT; SHEN, 1999).

Carboidratos são poli-hidroxialdeídos, poli-hidroxicetonas ou compostos que por hidrólise produzem esses compostos. Fisiologicamente, são compostos com alto teor de energia que é fornecida para os organismos em geral. Além de sua função energética, merece

destaque a sua função na estrutura da celulose, componente presente na parede celular (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011).

A prolina, é um soluto compatível que está associado a plantas em resposta ao estresse salino e hídrico. Tem atuação como agente osmorregulador em diversas espécies vegetais (WYN JONES & GORHAM, 1983). A acumulação de prolina nas plantas está relacionada à tolerância ao estresse abiótico, salinidade, encontrados em níveis elevados (ASHRAF e FOOLAD, 2007).

Nas plantas que acumulam grandes quantidades de sais na célula, os íons salinos são estocados nos vacúolos, auxiliando no ajustamento osmótico (KHAN et. al. 1998). Decorrendo esse aspecto, a capacidade dos vegetais a se ajustar osmoticamente aos desequilíbrios imposto pelo excesso de sais (Na^+ e Cl^-) nas células, é importante na manutenção do crescimento (BRILHANTE, 2006).

O aumento nas concentrações de Na^+ nas estruturas da planta, promove uma redução significativa nas concentrações de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e conseqüentemente um aumento excessivo nas relações Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ no tecido vegetal (ROGERS e NOBLE, 1992; ULLAH et al., 1993).

A medida que quantidades excessivas de íons entram no citoplasma, eles inibem as atividades de muitas enzimas. Um mecanismo de proteção importante é a compartimentalização desses íons no vacúolo, onde contribuirão para o ajustamento osmótico sem afetar os sistemas enzimáticos do citoplasma (TAIZ e ZAIGER, 2004).

O K^+ tem determinadas funções na planta, como a manutenção do potencial da membrana (MAATHUIS; AMTMANN, 1999). Sua presença na planta, e associada à relação K^+/Na^+ , tem sido evidenciada como um mecanismo de tolerância ao estresse salino (ASHRAF e KHANUM, 1997).

Em plantas cultivadas em solos salinos, o cloreto (Cl^-) desempenha um papel importantíssimo, sendo um dos solutos que contribui para reduzir o potencial osmótico celular e facilitar a absorção de água (CHIESA, 1993). O cloro é absorvido pelas raízes e folhas na forma de cloreto e apresenta grande mobilidade na planta. O acúmulo excessivo desse ânion, entretanto, provoca clorose e necrose das folhas, ocasionando queda de produção (MARSCHNER, 1990).

Embora os solutos inorgânicos e orgânicos desempenhem um importante papel no crescimento das plantas superiores, sob condições de salinidade, sua contribuição relativa varia entre espécies, entre cultivares de uma mesma espécie, entre órgãos e tecidos de uma mesma planta e até entre os diferentes compartimentos de uma mesma célula (ASHRAF E

HARRIS, 2004). Dessa forma, a capacidade para acumular e compartimentalizar solutos inorgânicos, bem como sintetizar e acumular solutos orgânicos pode ser um fator adicional favorecendo o crescimento das plantas em ambientes salinos (AZEVEDO NETO, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza, estado do Ceará, coordenadas geográficas 03°45'S, 38°33'W, altitude média 19 m, no período de outubro a dezembro de 2014 (Figura 1). O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso, com temperaturas elevadas e com estação chuvosa predominante no outono.

Figura 1 - Localização da área experimental. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



Os valores médios mensais das variáveis climáticas durante a condução do experimento encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Condições climáticas médias observadas durante o experimento. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014

Mês	Temperatura	Umidade	Velocidade do	Precipitação
	Média do Ar	Relativa	Vento	
	(°C)	(%)	(m s ⁻¹)	(mm)
Outubro	27,4	68	4,5	6,6
Novembro	27,2	71	4,3	17,7
Dezembro	27,5	70	4,1	53,5

Como substrato para o cultivo das plantas, foi utilizado um solo Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), oriunda de uma área com vegetação nativa, localizada próximo a área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, no município de Fortaleza, coletadas na profundidade de 0 – 0,20 m.

No momento do preenchimento dos vasos foi retirada uma amostra composta de solo para caracterização dos atributos físicos e químicos do solo, a qual foi encaminhada ao laboratório de solos e água da Universidade Federal do Ceará, cujos resultados estão expressos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Atributos físico hídricos do solo utilizado como substrato para o cultivo das plantas no experimento. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014

Camada	Composição granulométrica			Classe textural	Densidade		Umidade	
	Areia	Silte	Argila		Solo	Partículas	33 kPa	1.500 kPa
(m)	(g kg ⁻¹)			(-)	(g cm ⁻³)		(g/100g)	
0,00 – 0,20	785	76	139	Franco arenoso	1,49	2,55	7,51	4,77

Tabela 3 - Atributos químicos do solo utilizado para o cultivo das plantas no experimento. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014

Camada	pH	CE	Complexo sortivo					
	(Água)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺
(m)	(-)	(dS m ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)					
0,00 – 0,20	4,2	0,17	0,70	0,60	0,15	0,06	3,14	0,95
Camada	S	T	V	PST	M.O.	P _{Assimilável}		
(m)	(cmol _c kg ⁻¹)	(%)	(%)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)			
0,00 – 0,20	1,5	4,6	33	1,0	9,41	3		

¹pH – potencial hidrogeniônico, CE – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; S – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; M.O. – matéria orgânica.

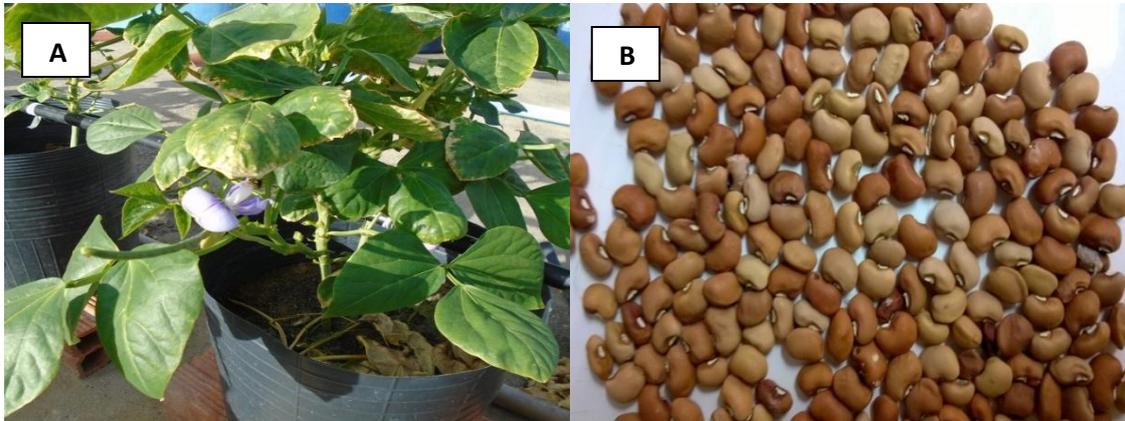
3.2 Material vegetal

Foram utilizadas duas cultivares de feijoeiro (Epace 10 e BRS Itaim), produzidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará e Embrapa Meio Norte.

3.2.1 Epace 10

Lançada em 1988 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE, a cultivar Epace 10 foi resultado da linha CNCx166-8E obtido a partir do cruzamento Seridó x TVu 1888, realizado no CNPAF/EMBRAPA. Apresenta ciclo de 65 a 75 dias, porte semirramador, flores de cor violeta e sementes de cor marrom, com produtividade média de 1.000 kg ha⁻¹. Na figura 2A, pode-se visualizar a parte aérea da planta desta cultivar e na figura 2B, os grãos do feijão-caupi (EMBRAPA, 2013).

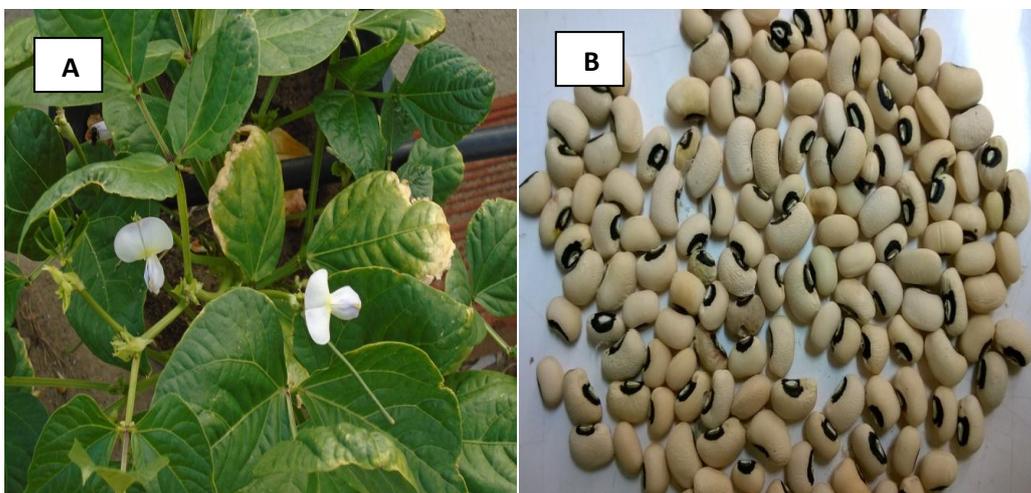
Figura 2 - Fotos da cultivar Epace 10. (A) Parte aérea da cultivar Epace 10 cultivada em vasos e (B) Grãos da cultivar Epace 10. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



3.2.2 BRS Itaim

A cultivar BRS Itaim corresponde a linhagem MNC04-786B-87-2, obtida do cruzamento MNC04-786, realizado na Embrapa Meio Norte em 2004. Apresenta ciclo de 60 a 65 dias, porte ereto, flores de cor branca com leve pigmentação roxa, sementes de cor branca e coloração do hilo preta, com média de produtividade de grãos de 1.618 kg ha^{-1} . Na Figura 3A pode-se visualizar a parte aérea da planta (cultivar BRS Itaim) e na figura 2B, os grãos do feijão-caupi desta mesma cultivar (EMBRAPA, 2013).

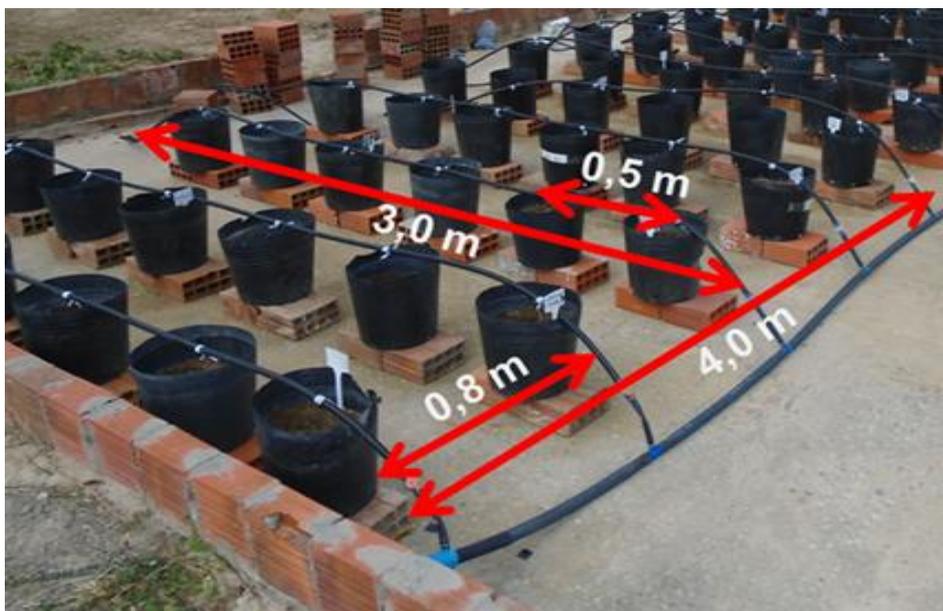
Figura 3 - Fotos da cultivar BRS Itaim. (A) Parte aérea cultivada em vasos e (B) Grãos da cultivar BRS Itaim. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



3.3 Descrição da área experimental

A área total ocupada com o feijão-caupi foi de $12,0 \times 3,0 \text{ m} = 36,0 \text{ m}^2$, onde foram distribuídos em baldes plásticos, com volume unitário de 15 litros, distribuídos no espaço de acordo com a Figura 4, sendo 0,8 m entre linhas e 0,5 m entre vasos (plantas).

Figura 4 - Vista geral da área experimental com detalhes das parcelas. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



3.4 Instalação e condução do experimento

Inicialmente, antes da deposição do solo utilizado como substrato para o cultivo das plantas, depositou-se, ao fundo dos vasos, uma camada de brita nº 1, para facilitar a livre drenagem do excedente hídrico, a qual, sequencialmente, foi preenchido e revestido por uma manta, para evitar possíveis perdas de solo. Os vasos de material plástico flexível, possuíam orifícios na extremidade inferior, que objetivavam promover a remoção dos eventuais excessos de água.

Na sequência, procedeu-se com o preenchimento dos vasos, constituído por um substrato formado por uma mistura do solo local e composto orgânico de húmus de minhoca na proporção de 2:1 (Figura 5).

Figura 5 - Detalhe da distribuição dos vasos preenchidos na área experimental. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



3.5 Adubação, semeadura e desbaste

A aplicação dos fertilizantes químicos da fundação foi realizada, baseados na análise de solo e exigências nutricionais da cultura obedecendo às prescrições de Aquino *et al.* (1993). As quantidades necessárias de macronutrientes foram as seguintes: 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ de fósforo (P) e 30 kg ha⁻¹ de potássio (K), sendo utilizados como fontes a uréia, o fosfato monoamônio (MAP) e o cloreto de potássio, respectivamente. No entanto, por ocasião do plantio, aplicaram-se em sua totalidade, o equivalente a 15 e 5 g vaso⁻¹, apenas as quantidades referentes ao MAP e o cloreto de potássio. A aplicação da fonte uréia foi fracionada igualmente, e aplicado aos 15 e 30 DAP em cobertura, sendo a quantidade correspondente a 5 g vaso⁻¹.

Com o intuito de corrigir e/ou, evitar possíveis deficiências de micronutrientes, aplicou-se ainda, por ocasião do plantio, o equivalente a 10 g da formulação comercial FTE BR 12 [Cálcio (Ca): 7,1%; Enxofre (S): 5,7%; Boro (B): 1,8%; Cobre (Cu): 0,8%; Manganês (Mn): 2,0%; Molibdênio (Mo): 0,1% e Zinco (Zn): 9,0%].

A semeadura foi feita em média de três a quatro sementes por vaso. Aos 7 dias após a semeadura (DAS), observou-se uma emergência de aproximadamente 90%. No desbaste, realizado manualmente aos 10 DAS, as plantas foram arrancadas rente ao solo,

deixando-se duas plantas por vaso, de forma a se obter o estande de plantas almejado pelo experimento (Figura 6).

Figura 6 - Detalhe das duas plantas deixadas por vaso por ocasião do desbaste. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014



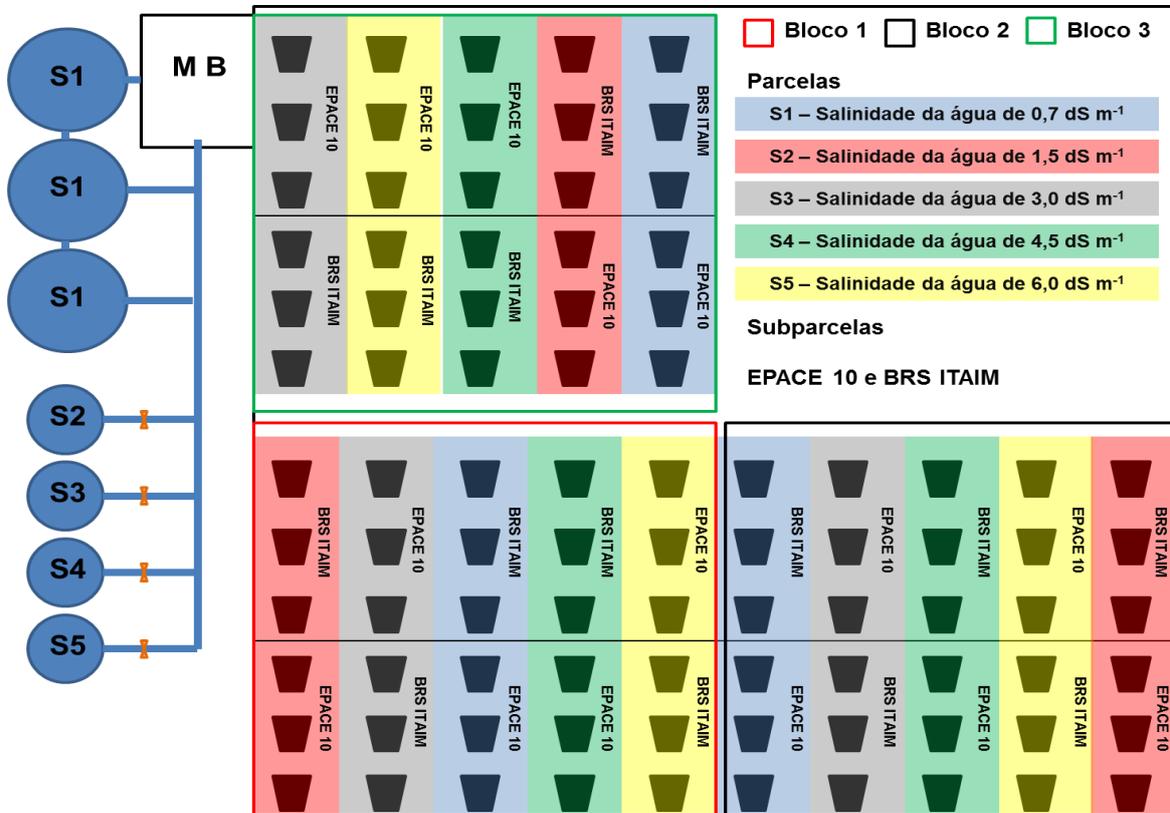
3.6 Delineamento experimental e composição dos tratamentos

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas (Split-plot). Os níveis de salinidade foram distribuídos nas parcelas enquanto as cultivares na subparcelas.

Os níveis de salinidade definidos foram os correspondentes a: S1, nível de salinidade de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ (água proveniente de um poço freático, pertencente à Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará); S2, nível de salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$; S3, nível de salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$; S4, nível de salinidade de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$; S5, nível de salinidade de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Cada parcela foi dividida em duas subparcelas em que foi distribuído as cultivares ao acaso. De acordo com o sorteio das subparcelas, eram distribuídas nos três primeiros vasos uma das cultivares sorteada e nos outros três vasos restantes a outra cultivar. Na figura 6 pode ser visualizado o croqui da área experimental.

Figura 7 - Croqui da área experimental, evidenciado a disposição das unidades experimentais. Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014.



3.7 Sistema e manejo da irrigação

A água utilizada para abastecimento do sistema de irrigação era proveniente de um poço freático, pertencente à Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará. O resultado da análise da qualidade da água para fins de irrigação está apresentado na Tabela 4. Pelo resultado, constatou-se que a água em questão apresenta alta salinidade (C_3) e baixo conteúdo de sódio (S_1).

Tabela 4 - Resultados da análise da qualidade da água para fins de irrigação. Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2014.

Cátions (mmol _c L ⁻¹)					Ânions (mmol _c L ⁻¹)				
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Σ
1,3	3,1	4,5	0,4	9,3	5,2	-	4,3	-	9,5
CE (dS m ⁻¹)		RAS	pH		Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)			Classificação	
0,95		3,05	8,0		950			C ₃ S ₁	

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se emissores com vazão variável de até 10 L h⁻¹, os quais foram previamente avaliados em campo, sob condições normais de operação, conforme a metodologia descrita por Keller e Karmelli (1975). Na ocasião, o sistema de irrigação foi testado adotando-se uma vazão nominal de 2 L h⁻¹, cujo coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) apresentado foi de aproximadamente 90%.

O método de manejo de irrigação adotado foi via clima. Para a determinação da evapotranspiração potencial da cultura – ET_{pc}, adotou-se a metodologia proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), onde, primeiramente, procedeu-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

Para a determinação da estimativa diária da evapotranspiração de referência – ET_o foi utilizado um tanque evaporímetro do tipo Classe A, localizado nas imediações da área experimental nos quais as leituras eram feitas diariamente às 9 h.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada através da equação 1 (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006):

$$ET_o = ECA \cdot K_p \quad (1)$$

em que,

ET_o - Evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm dia⁻¹);

ECA - Evaporação medida através do Tanque Classe “A” (mm dia^{-1});

K_p - Coeficiente de ajuste do tanque (adimensional).

Para a obtenção do (k_p), foi utilizada a equação proposta por SNYDER (1992), apresentada abaixo:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 U + 0,0045 UR \quad (2)$$

em que:

K_p - Coeficiente do tanque;

F - Distância do centro do tanque ao limite da bordadura (tanque circundado por grama a 10 m);

U - Velocidade média do vento a 2 m de altura (km dia^{-1});

UR - Umidade relativa média do ar (%).

Os dados climáticos necessários para o cálculo do (K_p) foram obtidos mediante a média aritmética dos últimos cinco anos, para os meses nos quais o experimento foi conduzido, sendo coletados em uma estação meteorológica automatizada, localizada nas imediações da área experimental.

A evapotranspiração potencial da cultura foi estimada (ET_{pc}), foi estimada através da equação 3, mediante a multiplicação da evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura (K_c), segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

$$ET_{pc} = ET_o \cdot K_c \quad (3)$$

em que,

ET_{pc} - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

ET_o – Evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm);

K_c - Coeficientes de cultivo (0,70 até 12 DAS ; 0,81de 13 a 33 DAS; 1,2 de 34 a 54 DAS e 0,77de 55 DAS até o final do ciclo, conforme o proposto por Sousa, Bezerra e Teófilo (2005).

Já o tempo de irrigação, utilizado foi calculado a partir da equação 4:

$$T_I = \frac{ET_{pc} \cdot A_v}{CUD \cdot q_g} \quad (4)$$

em que,

T_I - Tempo de irrigação (h);

ET_{pc} - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

A_v - Área do vaso (0, 0706 m²);

CUD - Coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação (Valor obtido em avaliação, CUD = 0,90);

q_g - Vazão do gotejador, L h⁻¹ (q_g = 2 L h⁻¹);

Após o plantio das sementes de feijão-caupi, o experimento foi irrigado diariamente com uma lâmina equivalente a 100% da evapotranspiração potencial da cultura – ET_{pc}, a fim de garantir o estabelecimento inicial da cultura, até o início da diferenciação dos tratamentos, que se deu aos 10 dias após a semeadura – DAS, mediante a variação dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Após a imposição dos tratamentos de salinidade da água de irrigação, o turno de rega passou a ser de dois dias consecutivos.

3.8 Concentrações de sais na água de irrigação

A água salina utilizada nas irrigações, proveniente de um poço freático, era armazenada em reservatórios com capacidade de 310 L. A quantidade dos sais NaCl (cloreto

de sódio), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (cloreto de cálcio) e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (cloreto de magnésio), utilizadas no preparo das águas de irrigação, foi determinada de forma a se obter a CEa desejada na proporção 7:2:1 obedecendo a relação entre CEa e sua concentração ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$), conforme Rhoades; Kandiah; Mashali (2000).

3.9 Controle das plantas infestantes e tratamentos fitossanitários

Durante a realização do experimento, procederam-se todos os tratamentos culturais e fitossanitários necessários. As espécies daninhas que eventualmente ocorreram nos vasos foram eliminadas manualmente, a fim de evitar a competição por água e nutrientes das mesmas com as plantas de feijoeiro. Para o controle do pulgão, foi utilizado o defensivo Vertimec®, na proporção de 1,5 mL por Litro de água.

3.10 Variáveis analisadas

3.10.1 Coleta do material vegetal para execução das análises

Aos 45 DAS, o material vegetal foi coletado para fins de execuções das análises de solutos orgânicos e inorgânicos, onde foram tomadas amostras de 3 folhas a partir do ápice.

O material vegetal coletado, foi envolto em papel alumínio, devidamente identificado, e imediatamente congelado em nitrogênio líquido (-196 °C). O material foi transportado em ambiente refrigerado até o Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Federal do Ceará. Na sequência, o material vegetal foi macerado em almofariz, com auxílio de nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó. O pó obtido foi armazenado a -4 °C até sua posterior utilização, na elaboração dos extratos.

3.10.2 Preparação dos extratos

Amostras de 50 mg do pó liofilizado dos órgãos da planta (folhas) foram utilizadas individualmente para o preparo dos extratos, mediante a homogeneização das

amostras com 5 mL de água deionizada, sendo o homogenato mantido a 75 °C em aquecimento constante, durante 1 h, com agitações a cada quinze minutos. Decorrido este tempo, o material foi agitado a 3.000 x g por 10 minutos, a uma temperatura ambiente e ao final do referido procedimento, o sobrenadante foi coletado, filtrado e armazenado, sendo em seguida armazenado em tubos de vidro devidamente identificados e conservados a - 25 °C até a sua posterior utilização.

3.10.3 Solutos orgânicos

3.10.3.1 Carboidratos solúveis totais

Os carboidratos solúveis totais foram determinados pelo método desenvolvido por Dubois et al., (1956). Na execução do método, foi adicionado a cada tubo de ensaio o extrato diluído em fenol 5% e ácido sulfúrico concentrado, seguido de agitação constante da mistura e repouso em bandeja contendo água por 10 minutos para seu resfriamento. Os carboidratos solúveis totais foram quantificados por meio de leituras de absorvância de 490 nm, utilizando-se como branco 0,2 mL de água deionizada (em substituição ao extrato), 0,2 mL de fenol a 5% e 1,0 mL de H₂SO₄ concentrado.

A curva padrão de carboidratos solúveis totais foi obtida utilizando-se soluções com concentrações crescentes de D (+) glicose anidra. Cada extrato foi dosado em duplicata, sendo expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.10.3.2 N-aminossolúveis

A concentração de compostos N – aminossolúveis foi determinada de acordo com o método de Yemm e Cocking (1955). Em tubos de ensaio, foram adicionados 0,5 mL do extrato bruto; 0,25 mL de tampão citrato a 0,2 M, pH 5,0; 0,5 mL de cianeto de potássio (KCN) a 0,2 mM, em metilcelosolve (C₃H₈O₂) a 100% (v/v) e 0,1 mL de ninhidrina (C₉H₆O₄) a 5% (p/v), em metilcelosolve a 100% (v/v).

Em seguida, os tubos foram hermeticamente fechados, agitados e mantidos a 95 °C, em banho - maria, durante 20 minutos. A reação foi interrompida colocando-se os tubos em banho de gelo, nos quais, em seguida, os teores de N - aminossolúveis foram estimados

através de leituras de absorvância em 570 nm, tendo como branco 0,5 mL de água deionizada (em substituição ao extrato) e os demais constituintes de reação.

A curva padrão foi elaborada a partir de soluções com concentrações crescentes de glicina. Cada extrato foi dosado em duplicata, sendo expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.10.3.3 Prolina livre

A concentração de prolina livre foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Bates et. al., (1973). Nesse método, amostras de 1,0 mL do extrato, convenientemente diluído com o tampão de extração, foram adicionados 1,0 mL do reagente nihindrina ácida (1,25 g de nihindrina, dissolvida em 30 mL de ácido acético glacial e 20 mL de ácido fosfórico a 6 M e 1,0 mL de ácido acético glacial).

Em seguida, os tubos de ensaio foram fechados e, após homogeneização da mistura de reação, foram deixados em banho com água fervente. A reação foi interrompida colocando-se os tubos de ensaio em banho de gelo. Após esse procedimento, foram adicionados 2,0 mL de tolueno e agitados vigorosamente, por 20 segundos, para separação das fases. A fase superior 172 densa (cromóforo + tolueno) foi aspirada com o auxílio de uma pipeta Pasteur e submetida à leitura de absorvância de 520 nm, sendo o tolueno utilizado como branco.

Cada extrato foi dosado em duplicata. A concentração de prolina livre foi estimada com base em uma curva padrão, ajustada a partir de concentrações crescentes de prolina, sendo expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.10.4 Solutos inorgânicos

3.10.4.1 Concentrações dos íons potássio (K^+) e sódio (Na^+)

Os teores dos íons potássio (K^+) e sódio (Na^+) das folhas foram determinados com o auxílio de um fotômetro de chama [Micronal, modelo B462 (São Paulo, 170 São Paulo, Brasil)], obedecendo à metodologia proposta por Malavolta (1997). Cada extrato foi dosado em duplicata, sendo expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.10.4.2 Concentrações de íons de cloreto (Cl^-)

Os teores de cloreto foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Gaines et. al. (1984), usando o reagente Hg (SCN)₂, em metanol a 100%, e nitrato férrico Fe(NO₃)₃, sendo feitas leituras em espectrofotômetro usando filtro de comprimento de onda de 460nm.

Para a elaboração da curva padrão foram utilizadas soluções com concentrações crescentes de NaCl, sendo expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3.11 Análises estatísticas

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos ao estudo de regressão (níveis de salinidade e ao teste de médias (cultivares). Na análise de regressão buscou-se optar por aquele modelo matemático que melhor se ajustou aos dados do experimento, tendo em vista os coeficientes de determinação (R^2), o valor do teste F da análise de variância e os aspectos relacionados ao comportamento biológico dos processos, utilizando-se, para isso, o software para análises estatísticas ASSISTAT (2011), auxiliado pelo software Microsoft Office Excel 2007.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Solutos orgânicos

Os resultados apresentados na ANOVA, Tabela 5, mostram que os níveis de salinidade (N) afetaram significativamente os teores foliares de carboidratos solúveis e prolina a nível de 1%, e N – aminossolúveis a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Já no fator cultivares (C) analisadas, apresentaram diferença significativa nos teores de carboidratos solúveis e prolina a nível de 5% de probabilidade, e N – aminossolúveis a 1% de probabilidade, pelo teste F. Por sua vez, os fatores níveis de salinidade (N) e cultivares (C) atuaram conjuntamente, promovendo alterações nos teores foliares de prolina livre (PR), a nível de probabilidade de 1%, tornando a interação N x C significativa, de acordo com o teste F (Tabela 5).

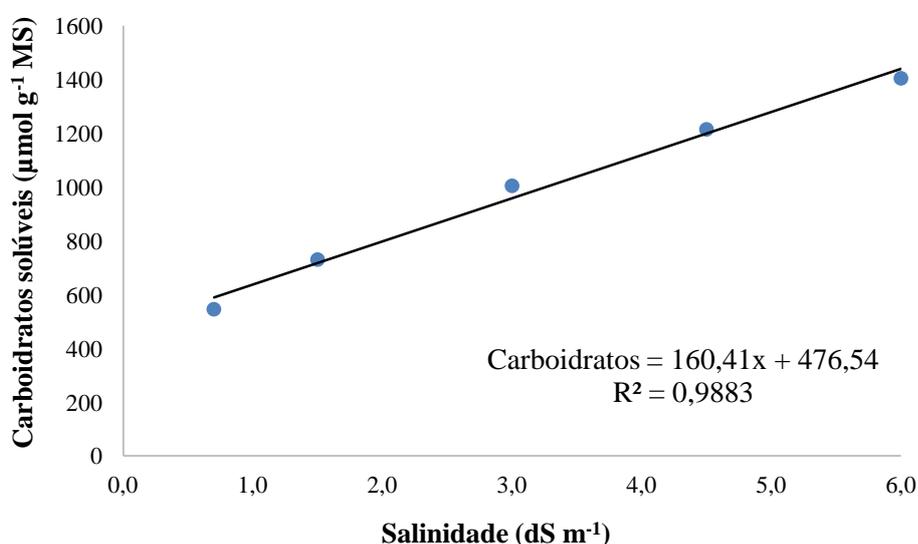
Tabela 5 - Resumo das análises de variâncias para os dados teores dos solutos orgânicos carboidratos solúveis (CS), N - aminossolúveis (N – amin.) e prolina livre (PR) em folhas (CS_F, N – amin. _F e PR_F) de plantas de cultivares de feijão-caupi, submetidas a diferentes níveis de salinidade, Fortaleza, Ceará 2014¹

FV	GL	Quadrados médios		
		CS _F	N – amin. _F	PR _F
Blocos	2	4725,01 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Níveis de salinidade (N)	4	729980,18 ^{**}	176,29 [*]	30,65 ^{**}
Resíduo - (N)	8	18432,47	26,12	1,11
Parcelas	14	-	-	-
Cultivares (C)	1	206760,09 [*]	76,59 ^{**}	3,12 [*]
Int. N x C	4	23616,73 ^{ns}	5,45 ^{ns}	0,009 ^{**}
Resíduo - (C)	10	25658,16	4,89	0,34
Total	29			
C.V. – N (%)		13,85	43,11	13,65
C.V. – C (%)		16,34	18,66	7,62

¹: GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Analisando o efeito dos níveis de salinidade sobre os teores de carboidratos solúveis (CS_F) constatou-se, a partir da análise que, o modelo de regressão matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi o linear, obtendo um valor de 0,9883 para o coeficiente de determinação (R^2). No que se relaciona aos efeitos dos diferentes níveis de salinidade sob os teores foliares de carboidratos solúveis, evidenciou-se que os valores se situaram entre 550 e 1300 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS. (Figura 8).

Figura 8 – Carboidratos solúveis em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014

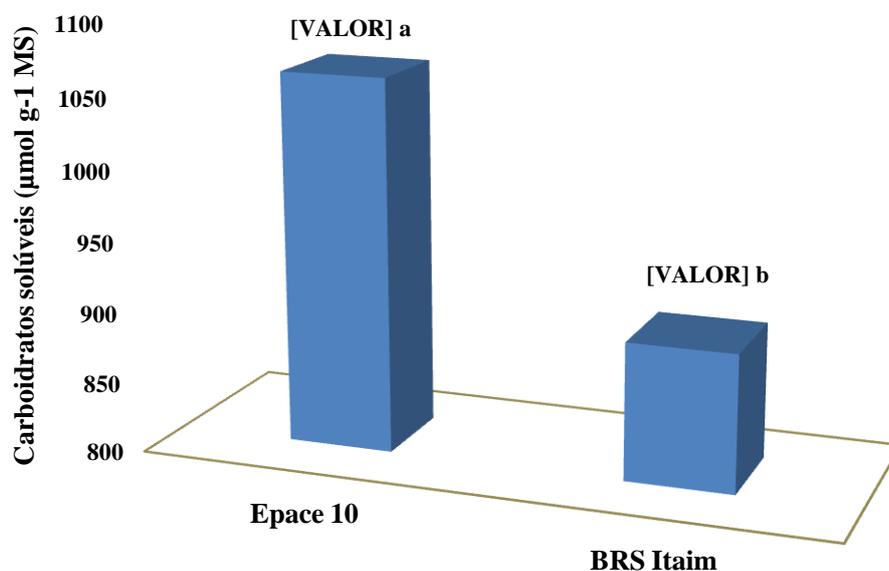


Os efeitos significativos da salinidade se parecem com vários registros presentes na literatura que comprovaram que o acúmulo de solutos compatíveis associa-se à resistência a estresses abióticos, sobretudo no que se relaciona à salinidade, o que indica que esses solutos desempenham um papel fundamental na osmoproteção (SILVA et al., 2015). Porém, outros estudos têm advertido que a acumulação de solutos orgânicos, em condições ambientais adversas, deve estar mais relacionada, principalmente, a distúrbios metabólicos, em detrimento ao próprio ajustamento osmótico (LUTTS et al., 1999).

Segundo Pedroso et al., (2014), sob condições de estresse salino aos vegetais, os carboidratos solúveis sintetizados nas folhas são usados para manter as atividades metabólicas que asseguram a sobrevivência da planta. Contudo, sob exposição prolongada a sais, quando em altas concentrações de íons se acumulam nos tecidos, a atividade fotoquímica também pode ser afetada (SILVA et al., 2010).

Os efeitos da salinidade sobre os teores de carboidratos solúveis nas folhas das cultivares analisadas, apresentaram diferença significativa. Tendo a cultivar Epace 10 o maior acúmulo, $1063,26 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, e a cultivar BRS Itaim $897,22 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$ (Figura 9).

Figura 9 – Teores de Carboidratos solúveis nas folhas (CS_F) de cultivares de feijão-de-corda, Epace 10 e BRS Itaim, submetido a níveis de salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2014



Essa condição adaptativa das plantas, que é ocasionada por algum tipo de estresse abiótico, gera uma acumulação de solutos compatíveis ao seu metabolismo, criando uma estratégia de tolerância a salinidade (BOHNERT et al., 1995; MUNNS, 2002).

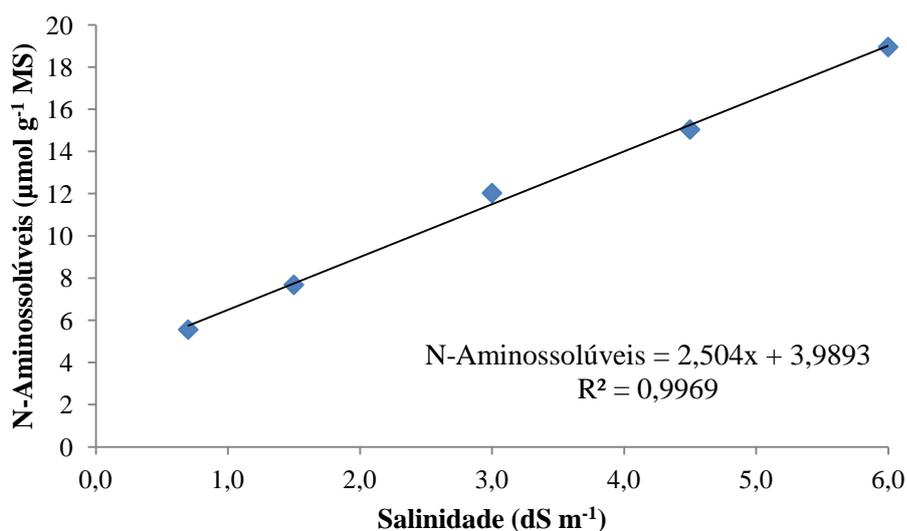
Com relação ao feijão vigna, também foram observados resultados não compatíveis em relação a salinidade, com concentrações de carboidratos solúveis mantendo-se aumentadas (FRANCO et al., 1999) e inalterados (COSTA et al., 2003). Analisando o efeito da salinidade na cultura do feijão-caupi, Praxedes (2008) constataram que o teor de carboidratos solúveis totais variou conforme a fase fenológica da cultura ou cultivar utilizada.

Costa et al., (2003), trabalhando com cultivares de feijão vigna constataram que as cultivares Vita 5, Epace 10 e CE 670, não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos controle e salino. Resultados também observados por Calvet et al. (2012), na cultivar Epace 10, onde não foram identificadas respostas significativas à teores de carboidratos solúveis totais em folhas, ramos e raízes.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), esse comportamento é explicado por modificações nas taxas de crescimento das plantas, em resposta à limitação hídrica decorrente da salinidade, mediante o controle de muitos processos importantes, como parede celular e biossíntese de membranas, divisão celular e síntese de proteínas.

Os teores de N – aminossolúveis nas folhas variaram de 5 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS nas plantas submetidas ao tratamento S1 (salinidade da água 0,7 dS m^{-1}) e 18 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS no tratamento S5 (salinidade da água 6,0 dS m^{-1}), naquelas cultivadas sob maior estresse salino. Se comparamos os valores obtidos para o soluto em questão, tornando evidente que, em plantas de feijão-de-corda, os teores foliares de N – aminossolúveis aumentaram, conseqüentemente, com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 10).

Figura 10 – Teores de N - aminossolúveis em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014



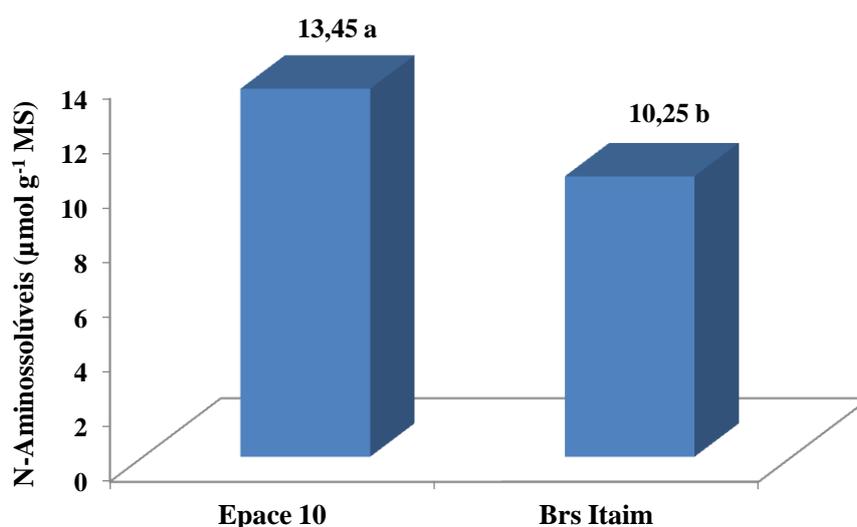
A análise de regressão para os teores foliares de N – aminossolúveis em função dos níveis de salinidade da água de irrigação, avaliados apresentada na figura _ indicou que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados foi o linear ($R^2 = 0,9969$).

Calvet et al. (2012), estudando o efeito dos níveis de salinidade no cultivar Epace 10, em suas diferentes fenofases, constataram que os níveis de N – aminossolúveis aumentaram nas folhas em todos os tratamentos avaliados sobre estresse salino, com menores valores desse acúmulo na primeira fase fenológica da planta. Pode ser evidenciado esse comportamento por Soussi et al. (1998) ao comprovarem que o maior acúmulo desse soluto é demonstrado durante a exposição das plantas à salinidade.

O acúmulo de N – aminossolúveis pode auxiliar na estabilização das proteínas, complexos proteicos e membranas, bem como a manutenção da homeostase iônica e osmótica ou servirem como reserva de carbono e nitrogênio em condições adversas (BOHNERT e SHEN, 1999; BAY et al., 2000). Estudos indicam que esse soluto é capaz de proteger as plantas removendo radicais livres de oxigênio gerados pelo estresse oxidativo secundário (SMIRNOFF e CUMBES, 1989; ZHU, 2002).

Quanto aos níveis de N – aminossolúveis nas cultivares avaliadas, pode-se observar um maior acúmulo no cultivar Epace 10, com $13,45 \mu\text{mol g}^{-1}$ MS e no cultivar BRS Itaim $10,25 \mu\text{mol g}^{-1}$ MS (Figura 11).

Figura 11 – Teores de N – aminossolúveis nas folhas (N – amin. _F) de cultivares de feijão-de-corda, submetido a níveis de salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2014



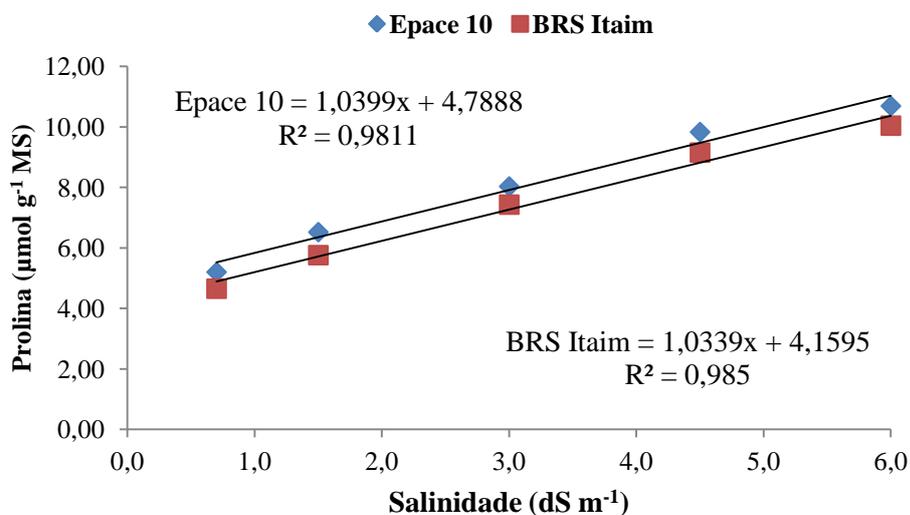
Praxedes (2009) avaliando o efeito do estresse salino em duas cultivares de feijão vigna, identificadas com tolerante (Pitiúba) e sensível à salinidade (TVu 2331), observou que o acúmulo de N – aminosolúveis nas folhas nas cultivares só foi aumentado após a imposição das plantas ao estresse salino.

As vantagens da acumulação de N – aminossolúveis se deve à maior interferência nas reações bioquímicas normais, pois têm efeito mínimo no pH e no balanço de cargas do citosol e compartimentos lumenais das organelas, além de possuírem a habilidade de manter a integridade das membranas celulares e prevenir a desnaturação das proteínas, o que não acontece com a utilização de íons absorvidos do meio externo (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Munns (2002), as plantas cultivadas sob estresse salino são prejudicadas com a redução no seu crescimento, isso se deve ao efeito osmótico, associado à toxicidade de íons pela absorção excessiva de Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e, ou, distribuição dos nutrientes. Sendo os efeitos do acúmulo de solutos, um mecanismo que visa manter as atividades morfofisiológicas das plantas em funcionamento.

Analisando-se o efeito da interação níveis de salinidade x cultivares (Figura 12), sobre a variável prolina livre nas folhas do feijão vigna (PR_F) observou-se que o modelo matemático que melhor representou os dados desta variável foi do tipo linear, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9811 para a cultivar Epace 10 e (R^2) de 0,985 para a cultivar BRS Itaim.

Figura 12 – Teores de prolina livre em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014



Os teores de prolina livre das plantas de feijão Caupi foi afetado pelo incremento salino na água, com maior intensidade nos tratamentos com maior nível de salinidade, S4 (4,5 dS m⁻¹) e S5 (6,0 dS m⁻¹), denotando a atuação da prolina no ajustamento osmótico do feijão vigna. Esse comportamento se dá como um mecanismo de importante atuação na manutenção da turgidez do feijão vigna. Desta forma, é possível inferir que o acúmulo crescente desse soluto nas folhas é um importante indício de que o feijão vigna utiliza esse mecanismo para melhorar a sua turgescência foliar (COELHO, 2012). A literatura tem

mostrado que essa espécie tolera água salina com condutividade elétrica de até 3,3 dS m⁻¹, sendo classificada como moderadamente tolerante (AYERS; WESTCOT, 1999).

Segundo Alvarenga et al., (2011), evidencia-se que a prolina atua no ajustamento osmótico, na estabilização de estruturas subcelulares e na eliminação de radicais livres, ou, ainda, pode constituir um potencial estoque de nitrogênio e de carbono, passível de ser metabolicamente aproveitado após o período de exposição ao estresse.

Costa et al. (2003) trabalhando a influência da acumulação dos solutos orgânicos em cultivares de feijão vigna sob estresse salino, concluíram que o aumento de prolina livre em folhas e raízes está atribuído ao aumento na expressão da sintetase da Δ^1 -pirrolino-5-carboxilato, enzima-chave na via biossintética da prolina (LIU & ZHU, 1997).

Souza et al. (2011), em estudo realizado com feijão vigna, cultivar Vita 7, constatou acúmulos significativos de prolina apenas quando os tratamentos foram submetidos a elevadas concentrações salinas.

Esse acúmulo de prolina se deve a um mecanismo de tolerância ao estresse salino, seca e temperaturas extremas. Tendo como função principal de agente osmorregulador, em resposta ao estresse salino e hídrico (ASHRAF e FOOLAD, 2007).

3.2 Solutos inorgânicos

Os resultados da ANOVA apresentados na Tabela 6 mostram que os níveis de salinidade da água de irrigação avaliados (N) afetaram significativamente os teores foliares dos íons potássio (K^+_F) e cloreto (Cl^-_F), a nível de probabilidade de 1 %, e os teores de sódio (Na^+_F), a nível de probabilidade de 5%, pelo teste F. Já o fator cultivares (C) promoveu variação estatística nos teores foliares dos íons sódio (Na^+_F) e cloreto (Cl^-_F), a nível de probabilidade de 1%, e nos teores de potássio (K^+_F), a nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Porém, não foi constatado nenhum efeito significativo na interação níveis de salinidade e cultivares analisadas.

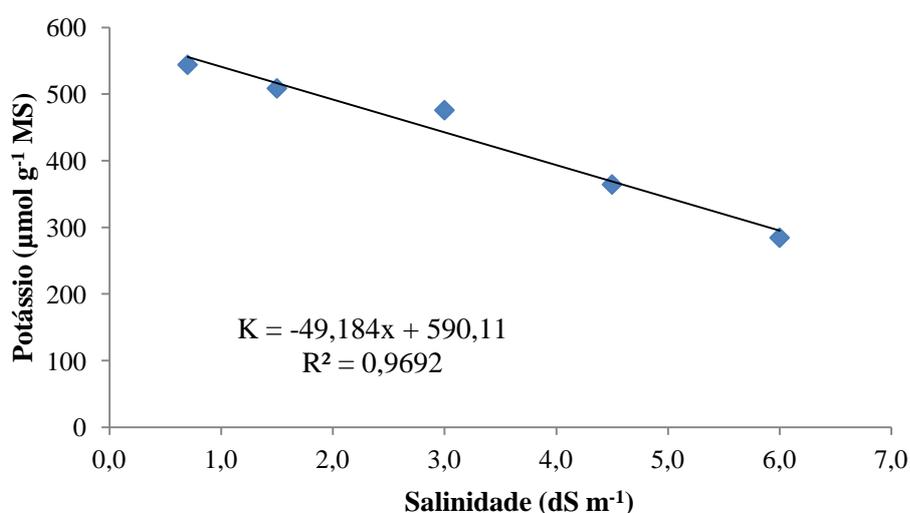
Tabela 6 - Resumo das análises de variâncias para os dados teores dos solutos inorgânicos potássio (K^+), sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) em folhas (K^+_F , Na^+_F e Cl^-_F) de plantas de cultivares de feijão-caupi, submetidas a diferentes níveis de salinidade, Fortaleza, Ceará 2014¹

FV	GL	Quadrados médios		
		K^+_F	Na^+_F	Cl^-_F
Blocos	2	2524,56 ^{ns}	272,93 ^{ns}	135,69 ^{ns}
Níveis de salinidade (N)	4	69980,31 ^{**}	7251,49 [*]	1946,77 ^{**}
Resíduo - (N)	8	2352,95	599,20	81,62
Parcelas	14			
Cultivares (C)	1	25099,15 ^{**}	2173,78 [*]	842,20 [*]
Int. N x C	4	380,97 ^{ns}	300,57 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Resíduo - (C)	10	1270,21	370,83	87,56
Total	29			
C.V. – N (%)		11,13	19,41	11,91
C.V. – C (%)		8,18	15,27	12,33

¹: GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

O emprego da água salina resultou em um decréscimo dos teores de potássio nas folhas, à medida que se elevou a concentração de sais na água de irrigação. Sendo o modelo linear ao qual os dados melhor se ajustaram, apresentando coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9692$), (Figura 13).

Figura 13 – Teores de potássio em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014

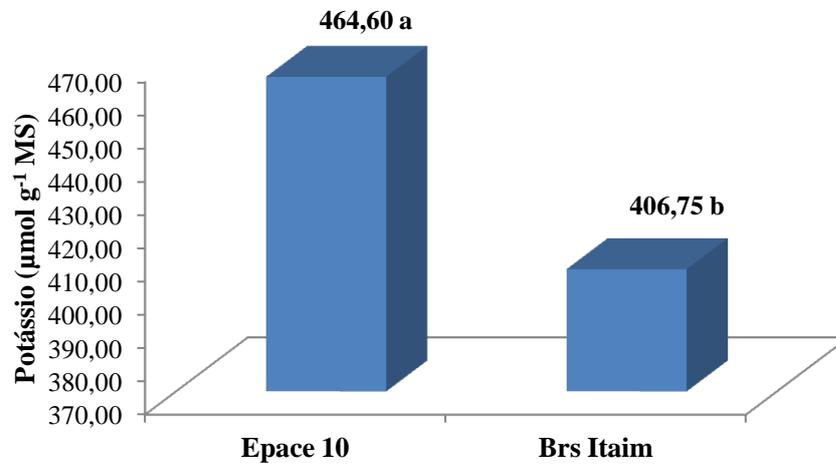


Esse comportamento ocasionado pela redução do potássio, quando submetidos à altas concentrações salinas, pode ser explicado pelo aumento de Na^+ , podendo causar distúrbios na homeostase iônica (ULLAH et al., 1993; AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000).

Costa et al. (2003), em estudos com cultivares de feijão vigna observaram com relação aos teores de K^+ , que a acumulação desse soluto variou conforme as cultivares analisadas (Vita 3 e Pitiúba), apresentando reduções de 34,6% e 19,7%, respectivamente. O estresse salino aumentou significativamente a relação Na^+/K^+ .

Calvet et al. (2012), trabalhando com a cultivar Epace 10, constataram que a distribuição do potássio nas folhas e caules submetidos à salinidade nas diferentes fenofases das plantas, não variou significativamente em relação ao tratamento controle.

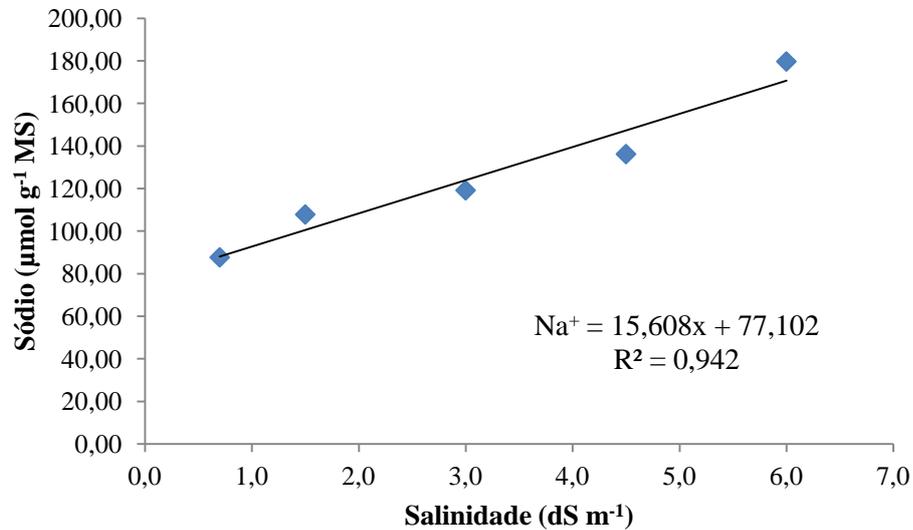
Figura 14 – Teores de potássio nas folhas (K^+_F) de cultivares de feijão-de-corda, submetido a níveis de salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2014



Avaliando o acúmulo do íon potássio nas cultivares sobre estresse salino, observou-se que estatisticamente houve efeito significativo entre as cultivares, indicado um maior concentração acumulada desse soluto por parte da cultivar Epace 10, $464,60 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, e a cultivar BRS Itaim, $406,75 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$. Esse comportamento pode ser explicado pela elevação do íon Na^+ nos tecidos vegetais sob estresse salino, que proporciona aumento na relação Na^+/K^+ (ROGERS; NOBLE, 1992; ULLAH et al., 1993; ARAÚJO, 1994). Essa relação, é usada como índice que permite estimar a toxidez Na^+ , tendo vista que sua ação na planta inibe a atividade enzimática, dependentes do K^+ (JESCHKE, 1984).

O emprego da água salina resultou em um crescimento dos teores de Na^+ nas folhas, à medida que se elevou a concentração de sais na água de irrigação. Sendo o modelo linear ao qual os dados melhor se ajustaram, apresentando coeficiente de determinação ($R^2 = 0,942$), (Figura 15).

Figura 15 – Teores de sódio em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014



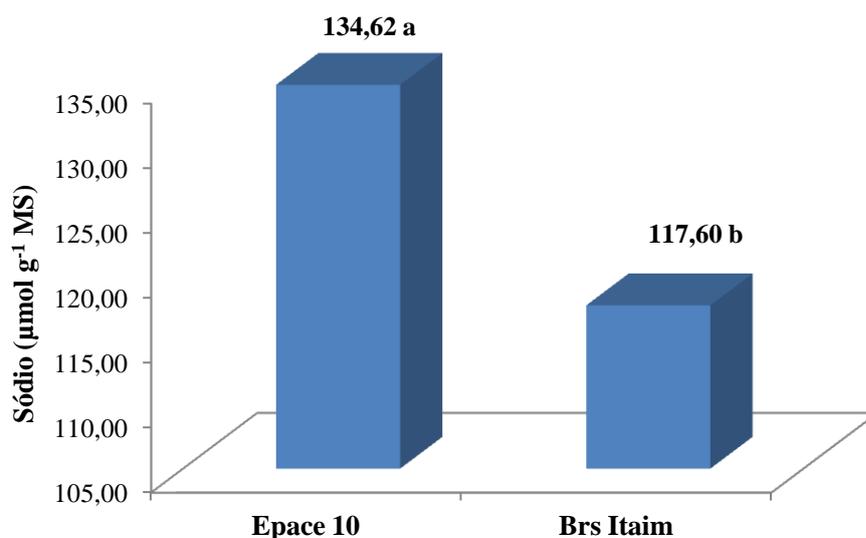
A absorção elevada de íons Na^+ em condições de salinidade pode gerar toxicidade e impedir a aquisição de alguns nutrientes, gerando desbalanço iônico (BRESSAN; BOHNERT, HASEGAWA, 2008; ZHU, 2003). O sódio é, em geral, o elemento mais abundante nos solos salinos (BORGES E OLIVEIRA, 2000). O aumento da concentração de íon Na^+ é acompanhado, na maioria das vezes, de redução na absorção de K^+ nos tecidos vegetais (BOHRA; DOERFFLING, 1993; KHATUM; FLOWERS, 1995).

De acordo com Sousa et al. (2012), o acúmulo de Na^+ nos tecidos foliares das espécies vegetais sob estresse salino representa um dos principais efeitos inerentes a esse agente sobre o metabolismo vegetal, haja vista que as elevadas concentrações desse íon podem ocasionar lesões irreversíveis nas estruturas celulares, as quais podem comprometer a eficácia metabólica, podendo, até mesmo, resultar em morte celular.

Calvet et al., (2012), apresentaram que o teor de sódio nas folhas e raízes não foi significativo, enquanto que no caule houve um aumento significativo desse soluto. Em estudos conduzidos por Santos et al., (2009), constataram que os teores de sódio decrescem na sequência de caule>raízes>pecíolos>folhas.

Avaliando o acúmulo do íon sódio nas cultivares sobre estresse salino, observou-se que estatisticamente houve efeito significativo entre as cultivares, indicado uma maior concentração acumulada desse soluto por parte do cultivar Epace 10, $134,62 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, e a cultivar BRS Itaim, $117,60 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$ (Figura 16).

Figura 16 – Teores de Sódio nas folhas (Na^+_F) de cultivares de feijão-de-corda, submetido a níveis de salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2014.

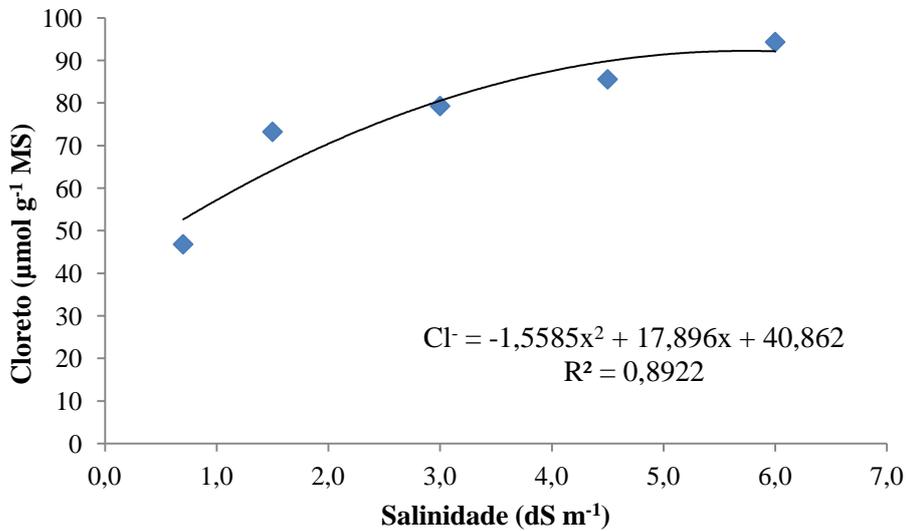


Costa et al. (2003), constataram que a variedade TVU foi a que mais acumulou Na^+ , e a variedade EPACE 10 o menor acúmulo.

Trabalhando com a cultivar Epace 10 de feijão vigna, Assis Júnior et al. (2007) verificaram que a redução na produtividade ocasionada pela salinidade deveu-se, em parte, às reduções no crescimento vegetativo e na assimilação líquida de carbono, durante as fases de floração e frutificação, associadas aos efeitos osmóticos e ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares.

O teor de cloreto avaliado nas folhas das cultivares (Epace 10 e BRS Itaim), teve um aumento significativo quando submetido a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Analisando o efeito dos níveis de salinidade sobre os teores de cloreto nas folhas de feijão vigna, constatou-se, a partir da análise que, o modelo de regressão matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi o polinomial, obtendo um valor de 0,8922 para o coeficiente de determinação (R^2), (Figura 17).

Figura 17 – Teores de cloreto em folhas de feijão-de-corda submetido a níveis de salinidade. Fortaleza, CE, 2014



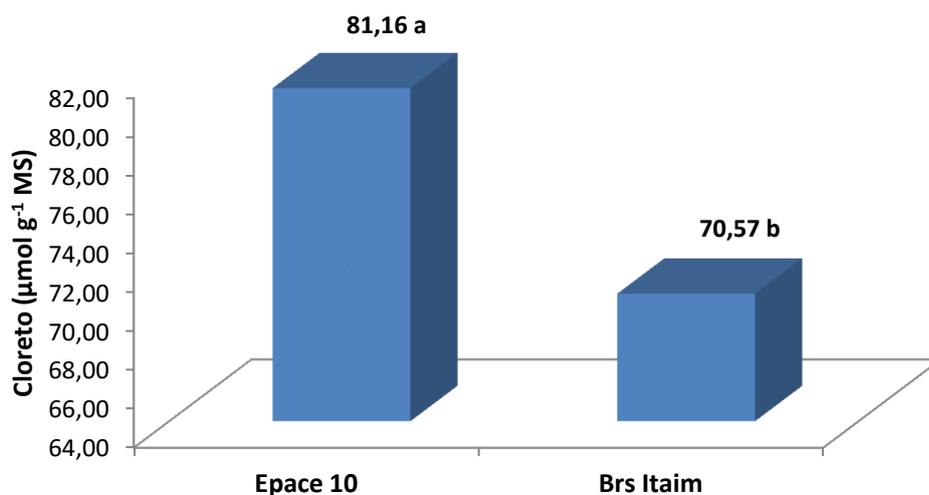
O acúmulo excessivo desse ânion, entretanto, provoca clorose e necrose das folhas, ocasionando queda de produção (MARSCHNER, 1990).

A compartimentalização vacuolar do cloreto é uma adaptação essencial para a tolerância ao estresse salino (NIU et al., 1995). Outros autores sugerem que a compartimentalização do Cl⁻ no vacúolo pode ser alcançada através de canais, sendo o gradiente de pH gerado pelo bombeamento de prótons através do tonoplasto a principal força termodinâmica para o transporte. Alternativamente, a compartimentalização do Cl⁻ no vacúolo poderia ocorrer ativamente por um transportador H⁺/ânion do tipo antiporte (NIU et al., 1995; REA. SANDERS, 1987).

Calvet et al. (2013), afirma que o teor de cloreto nas plantas do cultivar Epace 10, do feijão vigna, aumentou em todos os órgãos estudados.

Avaliando o acúmulo do íon cloreto nas cultivares sobre estresse salino, observou que estatisticamente houve efeito significativo entre as cultivares, indicado uma maior concentração acumulada desse soluto por parte do cultivar Epace 10 $81,16 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, e a cultivar BRS Itaim $70,57 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, o menor acúmulo.

Figura 18 – Teores de cloreto nas folhas (Cl^-_{F}) de cultivares de feijão-de-corda, submetido a níveis de salinidade da água de irrigação. Fortaleza, Ceará, 2014.



É importante destacar que embora o Cl^- seja reconhecido como um micronutriente, quando absorvido e acumulado nos tecidos vegetais em concentrações suficientemente altas, pode desencadear uma série de danos fisiológicos e/ou metabólicos, sobretudo, nas funções dos sistemas enzimáticos e na síntese protéica, comprometendo, por fim, a eficiência fotossintética (FREIRE et al., 2013).

Isso é retificado, segundo Costa et al. (2003), que as cultivares de feijão vigna só obtiveram resultados significativos quanto ao acúmulo do íon Cl^- , quando foi incrementado os níveis de salinidade na água de irrigação.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir:

- ✓ Que o acúmulo de solutos orgânicos (carboidratos solúveis totais, N – aminossolúveis e prolina livre) e inorgânicos (sódio e cloreto) são influenciadas significativamente pelos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.
- ✓ Quanto ao íon potássio, houve um decréscimo de suas concentrações nas folhas do feijão-de-corda, influenciadas significativamente pela concentração de sais na água de irrigação.
- ✓ O aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação provoca crescimento linear em todas as variáveis analisadas, com exceção do potássio, que houve uma redução os seus teores nas plantas.
- ✓ O estudo revela que o feijão vigna apresentou mecanismos de tolerância à salinidade, verificando-se a adaptação das cultivares sob estas condições.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa, 2010.
- ALVARENGA, I.C.A.; QUEIROZ, G.A.; HONÓRIO, I.C.G.; VALADARES, R.V.; MARTINS, E. R. Prolina livre em alecrim-pimenta sob estresse hídrico antes da colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n. especial, p. 539 - 541, 2011.
- AQUINO, A. B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 247p.
- AQUINO, A.J.S.; LACERDA, C.F.; GOMES-FILHO, E. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, p.961-971, 2007.
- ARAÚJO, C. A. S. Avaliação de feijoeiros quanto à tolerância à salinidade em solução nutritiva. 1994. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ASHRAF, M. AND M.R. FOOLAD. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. **Environ. Exp. Bot.**, 59: 206-216, 2007.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3 - 16, 200.
- ASHRAF, M.; KHANUM, A. Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.178, p.39–51, 1997.
- ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F. DE; SILVA, F. B. DA; SILVA, F. L. B. DA; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia agrícola**, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F; Damasceno, F. A. V. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.
- AZEVEDO NETO, A. D. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em plantas de milho**. 2005. 149f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: II. Distribuição de macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.165-171, 2000.
- BASTOS, E. A. et al. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão – caupi no Vale do Guruguéia, Piauí**. Irriga, Botucatu, SP, v.13, p.182 - 190, 2008.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 01, p. 205-207, 1973.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267 p.

BOHNERT H. J.; SHEN, B. Transformation and compatible solutes. **Scientia Horticulturae**, 78, p. 237–260, 1999.

BOHNERT, H. J.; NELSON, D. E.; JENSEN, R. G. Adaptations to environmental stresses. **The Plant Cell**, v.7, p.1099-1111, 1995.

BOHRA, J. S.; DOERFFLING, K. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. **Plant and Soil**, 152, p. 299-303, 1993.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. (ed.) *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Press, 1978. v.4, p.154-191.

Bray, E.A.; Bailey-Serres, J.; Weretilnyk, E. Responses to abiotic stresses. In: Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. (eds). **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: ASPP, 2000.p. 1158-1203.

BRESSAN, R. A.; BOHNERT, H. J.; HASEGAWA, P. M. Genetic engineering for salinity stress tolerance. **Advances in Plant Biochemistry and Molecular Biology**, v.1, p. 347-384, 2008.

BRILHANTE, J. C. A. **Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex Nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG**. 194 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, 2006.

CALVET, A. S. F.; LIMA, R. E. M.; PINTO, C. de M.; FARIAS, F. C.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Solutos orgânicos e inorgânicos em diferentes fenofases de feijão de corda cultivado sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 7, 2012.

CALVET, AMANDA SORAYA FREITAS, et al. "Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento." **IRRIGA 18.1** (2012): 148.

CHIESA, A. Tolerancia a la salinidad de cultivares de tomatera durante la germinación. **Investigation Agronomy: Production Vegetal**, v.8, p.341-349, 1993.

COELHO, DANIELA SIQUEIRA. **Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológico de genótipos de sorgo forrageiro**. Daniela Siqueira Coelho. - Juazeiro, 2013.

COELHO, JOSÉ BENJAMIN MACHADO. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados.** Diss. Tese Doutorado Ciência do solo) UFRP. Recife-PE, 71p, 2012.

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, São Paulo, SP, v.26, p.289 – 297, 2003.

COSTA, PAULO HENRIQUE A., ET AL. "**Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade.**" Revista Brasileira de Botânica 26.3 (2003): 289-297.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; COELHO,E.F.; CALDAS, R.C.; ALMEIDA, A.Q. QUEIROZ J.R. **Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo.** *Bragantia*, v.65, n.2, p. 275-284, 2006.

Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) / ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR [et al.]. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2002. 108 p. : il. ; 21 cm. - (Embrapa Meio-Norte Sistemas de Produção 2).

DANTAS, J.P.; MARINHO, F. J. L.; FERREIRA, M.M.M.; AMORIM,M.S.N.; ANDRADE, S.I.O.; SALES, A.L. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DE ALMEIDA, Wener Santos et al. **Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado.** *Ciência Rural*, v. 41, n. 11, p. 1884-1889, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeito dos sais no solo e na planta.** In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT sal, 2010. 472 p.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados.** Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-141.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

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

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 412 p.

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

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

FAO. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome: **FAO Land and Plant Nutrition Management Service**, 2005.

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

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

FRANCO, O. L.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Effects of CaCl₂ on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedling. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p.145-151, 1999.

FREIRE FILHO, F. R. Cowpea taxonomy and introduction to Brazil. In: WATT, E. E.; ARAÚJO, J. P. P. **Cowpea research in Brazil**. IITA, EMBRAPA, Brasília, p.3-10, 1988.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa-CPAMN, 2009. p.67-68 (Embrapa-CPAMN, Circular Técnica).

FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R. do; REBEQUI, A. M. **Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas e biofertilizante**. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n.1, p. 57 - 70, 2013.

FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In:NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade de Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007. 1017p.

FREITAS, V. S.; ALENCAR, N. L. M.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Changes in physiological and biochemical indicators associated with salt tolerance in cotton, sorghum and cowpea. **African Journal of Biochemistry Research**, v.5, n.8, p.264-271, 2011.

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

GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. **Engenharia na agricultura**, v.18, n.4, 330-338 p., 2010.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. 472 p.

GHOULAM, C.; FOURSY, A.; FARES, K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. **Environmental and experimental botany**, v.47, n.1, p. 39 - 50, 2002

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

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

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 279-302.

JESCHKE, W. D. K⁺-Na⁺ exchanges in cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In: STAPLES, R. C.; TOENNIESSEN, G. H. eds, *Salinity Tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement*. John Wiley & Sons, New York., p. 37-66, 1984.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. S.1: **Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation**, 1975. 133 p.

Khan, M.A.; Ungar, I.A.; Showalters, A.M, Dewald, H.D. **NaCl-induced accumulation of glycinebetaine in four subtropical halophytes from Pakistan**. *Physiologia plantarum*, v.102, p.487-492, 1998.

KHATUN, S.; FLOWERS, T. J. Effects of salinity on seed set in rice. **Plant Cell Environ**, 18, p. 61-67. 1995.

LACERDA, C. F. de.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 303-317.

LACERDA, C. F. et al. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 02, p. 221-230, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos: Rima, 2000.

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

LIMA, L. A., **Efeitos de sais no solo e na planta**. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada, Campina Grande: UFPB, 1997. pg. 113 – 133.

LIU, J.; ZHU, J. K. An Arabidopsis mutant that requires increased calcium for potassium nutrition and salt tolerance. **Proc Natl Acad Sci, USA**, 94, p. 14960–14964. 1997.

LUTTS, S.; MAJERUS, V.; KINET, J.M. **NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa*) seedlings**. **Physiologia Plantarum**, v.105, p.450-458, 1999.

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

MAATHUIS, F. J. M.; AMTMANN, A. K^+ Nutrition and Na^+ Toxicity: Basis of Cellular K^+/Na^+ Ratios. **Annals of Botany**, v. 84, p. 123-133, 1999. Mandioca e Fruticultura, 2010. 227p.

MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319 p. Mandioca e Fruticultura, 2010. 227 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 4 ed. London: Academic Press, 1990. 674p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2. ed. New York: **Academic Press**, 1995. 889 p.

MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de. (ed.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. cap. 8, p. 239-284.

MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, I. B. do. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. da S.; MEDEIROS, S. de S.; GALVÃO, C. de O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p. 188 - 222.

MEDEIROS, J. F. de; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M. de. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, I. B. do; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. MENDES, B. S. da S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C. da.; OLIVEIRA FILHO, R. A. de.; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MORAIS, F. A. DE.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. DE.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

MORGAN, J. M. **Osmoregulation and water stress in higher plants for his assistance**. Annual Review Plant Physiology, v.35, p.299 – 319, 1984.

MOUSINHO, F. E. P. Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí. 2005. 125p. Tese (Doutorado). Piracicaba, SP. Universidade de São Paulo.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, v.159, n.1, p.137-146, 2002.

MURILLO-AMADOR, B.; TROYO-DIEGUEZ, E.; GÁRCIA-HERNANDEZ, J. L.; LÓPEZ-AGULAR, R.; ÁVILA-SERRANO, N. Y.; ZAMORA-SALGADO, S.; RUEDA-PUENTE, E. O.; KAYA, C. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. **Revista Scientia Horticulturae**, v.108, p.423-431, 2006.

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

PATEL, P. R. et al. **Impact of saline water stress on nutrient uptake and growth of cowpea**. Brazilian Journal of Plant Physiology, Campos dos Goytacazes, RJ, v.22, p.43 - 48, 2010.

PEDROSO, F. K.J.V.; PRUDENTE, D. A.; BUENO, A. C. R.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock dependent changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v.101, s.n, p. 26 – 35, 2014.

PEREIRA, J. R.; VALDIVIESO, C. R.; CORDEIRO, G. G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In: Seminário sobre o uso do fósforo na agricultura, 1, 1985, Brasília, Anais... Brasília: **IBRAFOS**, 1986. p.85-105.

PRAXEDES, Sidney Carlos; FERREIRA, Thalita Montoril; GOMES FILHO, Enéas. **Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade**. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, 2009.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 143-160.

Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

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

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade**, 2010. p. 11-19.

RICHARDS, L. A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. USDA. **Agriculture Handbook**, 60. ROGERS, M.E.; NOBLE, C.L. Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *Trifolium repens* L. differing in salt tolerance. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.146, p.131-136, 1992.

ROGERS, M.E.; NOBLE, C.L. Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *Trifolium repens* L. differing in salt tolerance. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.146, p.131-136, 1992.

SANTI, G.R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SEQUINATTO, L.; OSÓRIO FILHO, B.; KUNZ, M.; FONTINELLI, F. **Características físicas do solo da microbacia hidrográfica de Cândido Brum – Arvorezinha-RS**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA, 14, Cuiabá, 2002. **Anais...** UFMT: Cuiabá, 2002.

SANTOS, J. E. S. et al. **Crescimento inicial de feijão-caupi e fava-branca sob estresse salino**. III CONAC, 2013.

SANTOS, P. R. et al. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. **Revista Ceres**, v. 56, n.5, p. 666678, 2009.

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

SILVA, F. L. B. da.; LACERDA, C. F. de.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G. de.; SOUSA, C. H. C. de.; FEERIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013.

SILVA, R. T. et al. **Acúmulo de matéria seca no feijão caupi sob estresse salino e uso de bioestimulante**. INOVAGRI, 2012.

SILVA, T. C. et al. **FITOMASSA SECA DA PARTE AÉREA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDOS A ESTRESSE HÍDRICO E SALINO**. III INOVAGRI, 2015.

SIMPSON, C.R.; NELSON, S.D.; MELGAR, J.C.; JIFON, J.; KING, S.R.; SCHUSTER, G.; VOLDER, A. **Growth response of grafted and ungrafted citrus trees to saline irrigation**. **Scientia Horticulturae**, v.169, s.n, p. 199 – 205, 2014.

SMIRNOFF, N.; CUMBES, Q.J. **Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes**. **Phytochemistry**, v.28, p.1057-1060, 1989.

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p.977-980, 1992.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F. de; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. **Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada.** **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144-152, 2012.

SOUSSI, M.; LLUCH, C.; OCANA, A. Comparative study of nitrogen fixation and carbon metabolism in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under salt stress. *Journal of Experimental Botanic*, v.50, p.1701-1708, 1999.

SOUZA, E. R. de; FREIRE, M. B. G. dos S.; NASCIMENTO, C. W. A. do; MONTENEGRO, A. A. de A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F. de. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.477-483, 2011.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, v.10, n.3, p.241-248, 2015.

STEPPUHN, H. **Pre-irrigation of a severely-saline soil with in situ water to establish dry land oranges.** *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, MI, v.44, p.1543-1551, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3 ed. Tradução: Eliane Romanato Santarém et al. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 618 - 619.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** ARTMED, 3th ed., 2004. 719p.

TEÓFILO, E. M.; MAMEDE, F. B.; SOMBRA, N. S. Hibridação natural em feijão-caupi. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.23, n.4, p.1011-1012, 1999.

ULLAH, H.; CHEN, J. G.; TEMPLE, B.; BOYES, D. C.; ALONSO, J.M.; DAVIS, K.R.; ECKER, J. R.; JONES, A. M. **The b-subunit of the Arabidopsis G protein negatively regulates auxin-induced cell division and affects multiple developmental processes.** *Plant Cell*, 15, p. 393-409, 2003.

ULLAH, S. M.; SOJA, G.; GERZABEK, M. H. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. **Die Bodenkultur**, v.44, p.291-301, 1993.

ULLAH, S.M.; SOJA, G.; GERZABEK, M.H. **Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in Faba beans (*Vicia faba*, L.) under salt stress.** *Die Bodenkultur*, v.44, p.291-301, 1993.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Assistat – Assistência Estatística, V – 7.6 beta. Campina grande,PB, 2011.

USSL STAFF - United States Salinity Laboratory. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p. Handbook 60.

VAIDYANATHAN, H.; SIVAKUMAR, P.; CHAKRABARTY, R.; THOMAS, G. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl stressed rice (*Oryza sativa* L.) — differential response in salt tolerant and sensitive varieties. **Plant Science**, London, v.165, n.10, p.1411-1418, 2003.

VERSLUES P. E.; BRAY, E. A. **LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in *Arabidopsis thaliana***. *Plant Physiology*, v.136, p.2831 – 2842, 2004.

WILLADINO, L.; GOMES, E. W. F.; SILVA, E. F. F.; MARTINS, L. S. S.; CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.53-59, 2011.

WYN JONES, R. G.; GORHAM, J. Osmoregulation. In: LANGE, D. L. et al. *Encyclopedia of plant physiology: physiological plantecology*. Berlin: p.35 - 58, 1983.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v.6, p.441-445, 2003.

ZHU, J.K. **Salt and drought stress signal transduction in plant**. *Annual Review in Plant Biology*. v.53, p.247-273, 2002.