UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL - IDR

CURSO DE AGRONOMIA

DESEMPENHO DA CULTURA DA FAVA SOB ESTRESSE SALINO E HÍDRICO

REDENÇÃO - CE

2018

ANDREZA DE MELO MENDONÇA

DESEMPENHO DA CULTURA DA FAVA SOB ESTRESSE SALINO E HÍDRICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa
Co-orientador: Dr. João Valdenor Pereira Filho

REDENÇÃO - CEARÁ

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Mendonça, Andreza de Melo.

M494d

Desempenho da cultura da fava sob estresse salino e hídrico / Andreza de Melo Mendonça. - Redenção, 2018.
43 f: il.

Monografia - Curso de Agronomia, Instituto De Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia AfroBrasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
Coorientador: Prof. Dr. João Valdenor Pereira Filho.

1. Salinidade. 2. Phaseolus lunatus L. 3. crescimento. 4. biomassa. 5. estresse hídrico. I. Título

CE/UF/BSCL CDD 631.416

ANDREZA DE MELO MENDONÇA

DESEMPENHO DA CULTURA DA FAVA SOB ESTRESSE SALINO E HÍDRICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 06 de março de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Orientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Mrs. Keivia Lino Chagas (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Fernanda Schneider (Conselheira)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe, Maria Margarete de Melo e ao meu pai Antonio Alves Mendonça por estarem sempre ao meu lado, pelos valores ensinados e pelo incentivo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre me guardar e me proteger em todas as situações, mesmo aquelas nas quais eu não percebo sua presença, e por ter me acompanhado até aqui fazendo-me superar as dificuldades.

Aos meus pais, Maria Margarete de Melo e Antonio Alves Mendonça pela dedicação em todos os momentos da minha vida, pelo amor e apoio incondicional nesses anos de graduação, afinal meu sonho também se tornou o deles. Serei eternamente grata.

As minhas irmãs, Valdenia, Andréia e Vanessa que sempre me motivaram a ser melhor a cada dia, tomando assim a responsabilidade do exemplo, mas principalmente por serem companheiras de vida e de alma.

Ao meu namorado Júnior, que se fez presente em todos os momentos de dificuldade e de felicidade ao longo do percurso. Obrigada sempre pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos da graduação: Luciana, Max, Fábio e Moisés, com quem dividi momentos inesquecíveis. Eles tornaram o percurso mais leve e enriquecedor, principalmente no nível pessoal.

Ao professor Doutor Geocleber Gomes de Sousa, pelos conhecimentos à mim repassados, pela sua atenção e ótima orientação, entendendo minhas limitações e potencialidades. Agradeço por sua paciência e confiança em mim depositada.

Aos colegas de curso e integrantes do grupo de pesquisa BioSal, Jonnathan e Márcio pela paciência e estimada ajuda com os programas de estatística.

A todos/as os/as professores/as do curso de Agronomia pela transmissão de conhecimentos, pelos ensinamentos para a minha vida pessoal e profissional. Sou grata e honrada pelos/as professores/as que tive, pela certeza da preciosa contribuição desses/as profissionais em minha formação.

Agradeço à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, que me proporcionou um ambiente acadêmico enriquecedor me dando a oportunidade de conviver com pessoas de outras culturas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Semeadura das sementes de fava, Fortaleza, Ceará, 2017..... 22

Figura 2. Distribuição dos vasos na área experimental. Fortaleza, Ceará, 2017..... 22

Figura 3. Tanque Classe "A"..... 24

Figura 4. Diâmetro do caule de plantas (A), área foliar (B) e altura de plantas (C) de fava. Fortaleza, Ceará, 2017..... 25

Figura 5. Determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR)..... 25

Figura 6. Altura plantas de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA(◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 28

Figura 7. Área foliar de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 29

Figura 8. Diâmetro do caule de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 31

Figura 9. Matéria seca total de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 32

Figura 10. Número de folhas das plantas de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 34

Figura 11. Condutividade elétrica do solo (CEes) em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 36

Figura 12. pH sob regimes hídricos de 100% e 50% da ECA..... 37

Figura 13. pH do solo em função de níveis de salinidade da água de irrigação..... 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado antes da aplicação dos tratamentos.....21

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os dados de altura das plantas, área foliar, diâmetro do caule, matéria seca total e número de folhas do feijão-fava, cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e regimes hídricos 27

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os dados de condutividade elétrica e pH do solo cultivado com feijão-fava sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e regimes hídricos..... 35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. HIPÓTESES 14
3. OBJETIVOS 15
3.1 Geral 15
3.2. Específicos 15
4. REVISÃO DE LITERATURA 16
4.1 A Cultura da fava 16
4.2 Efeito da água salina nas plantas 17
4.3 Efeito da água salina no solo 18
4.4 Estresse hídrico 19
5. MATERIAL E MÉTODOS 21
5.1 Localização e caracterização da área experimental 21
5.2 Caracterização do substrato utilizado 21
5.4 Condução da cultura 21
5.3.1 Plantio 21
5.3.2 Área experimental 22
5.4 Delineamento experimental 23
5.5 Manejo da irrigação 23
5.6 Variáveis analisadas 24
5.6.1 Crescimento 24
5.6.2 Acúmulo de biomassa 25
5.6.3 Condutividade elétrica e pH 26
5.7 Análise estatística 26
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 38
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39

RESUMO

A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma leguminosa cultivada em quase todas as regiões do mundo, sendo que no Brasil possui ampla distribuição em todo o território, principalmente no Nordeste, sendo considerada por muitos como uma alternativa para diversificar o cardápio, bem como um incremento na renda familiar, tendo em vista que não é produzida em larga escala. Nessa região, muitos autores têm discutido o efeito da salinidade do solo e da água sobre o desenvolvimento das plantas, haja vista que é considerado como um dos principais problemas, bem como o manejo correto da água, levando em consideração o déficit e escassez de recursos hídricos. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resposta da cultura da fava cultivar Espírito Santo, quanto ao estresse hídrico e salino no crescimento, acúmulo de biomassa, condutividade elétrica e pH do solo. O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC) no município de Fortaleza, Ceará, no período de outubro a dezembro de 2017, sendo realizado em vasos a pleno sol, sob um delineamento estatístico de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde os tratamentos de regime hídrico foram: 100 e 50% da evaporação da água do tanque Classe A (ECA) foram considerados as parcelas, já os níveis de salinidade (1,1 dS m^{-1}; 2,1 dS m^{-1}; 3,1 dS m^{-1}; 4,1 dS m^{-1}; 5,1 dS m^{-1}) ficaram distribuídos nas subparcelas. Aos 45 dias após a semeadura (DAS) foram analisadas as seguintes variáveis: altura das plantas, área foliar, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e número de folhas, condutividade elétrica do solo e pH. O aumento da concentração de sais da água de irrigação associado ao déficit hídrico resultou em reduções nas variáveis altura de planta, área foliar, diâmetro do caule, matéria seca total e número de folhas. O aumento da concentração de sais da água de irrigação reduziu o pH da solução do solo e aumentou a condutividade elétrica do solo em ambos os regimes hídricos, sendo maior no tratamento com déficit hídrico.

Palavras-chave: *Phaseolus lunatus L.*, salinidade, crescimento, biomassa, estresse hídrico.

ABSTRACT

The fava bean (*Phaseolus lunatus L.)* is a legume grown in almost all regions of the world. In Brazil, it has a wide distribution throughout the country, mainly in the Northeast, being considered by many as an alternative to diversify the menu, as well as an increase in family income, since it is not produced on a large scale. In this region, many authors have discussed the effect of soil and water salinity on plant development, given that it is considered as one of the main problems, as well as the correct water management, taking into account the deficit and shortage of water resources. Thus, the objective of this work is to evaluate the response of the fava bean Espírito Santo variety, in relation to water stress and saline growth, biomass accumulation, electrical conductivity and soil pH. The experiment was carried out in the experimental area of the Agrometeorological Station of the Department of Agricultural Engineering, belonging to the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Ceará (UFC) in the city of Fortaleza, Ceará, from October to December 2017, being carried out in pots in full sunlight, under a statistical design of randomized blocks with subdivided plots, where the treatments of water regime were: 100 and 50% of the water of the Class A tank (ECA) were considered the plots, as well as salinity levels (1,1 dS m-1; 2,1 dS m-1; 3,1 dS m-1; 4,1 dS m-1; 5,1 dS m-1) were distributed in the subplots. At 45 days after sowing (DAS) the following variables were analyzed: plant height, leaf area, stem diameter, shoot dry mass and number of leaves, soil electrical conductivity and pH. It has been found that the increase in the concentration of salts of irrigation water associated with the water deficit led to reductions in the variables plant height, leaf area, stem diameter, total dry matter and number of leaves. Increasing the concentration of salts from the irrigation water reduced the pH of the soil solution and increased the electrical conductivity of the soil in both water regimes, being higher in the treatment with water deficit.

Keywords: *Phaseolus lunatus L.*, salinity, growth, biomass, hydrical stress.

1. INTRODUÇÃO

A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma leguminosa cultivada em quase todas as regiões do mundo, sendo muito consumida na América Latina, nos Estados Unidos, na Europa e na Ásia. No Brasil possui ampla distribuição no território nacional, estando presente em todos os biomas brasileiros. Entretanto, é cultivada principalmente no Nordeste, possuindo boa adaptação à região semiárida (MORAES *et al*., 2017).

Sendo cultivada por pequenos agricultores, se configura como uma alternativa alimentar em detrimento à outras espécies como o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), por apresentar propriedades nutricionais importantes, constituindo-se como uma fonte de proteínas e fibras, além de conter ferro, manganês, ácido fólico e vitaminas A, B e C (MORAES *et al*., 2017) e por deveras, uma alternativa de renda para algumas comunidades rurais. No entanto, é produzida em pequena escala.

Acredita-se que as principais razões para o cultivo relativamente limitado sejam: a maior tradição de consumo do feijão-comum, o paladar do feijão-fava e o seu tempo de cocção mais longo (GUIMARÃES *et al*., 2007). Já Santos (2010) atribui a baixa produtividade ao fato de parte da produção ser oriunda de pequenos produtores, em consórcios com milho, mandioca, mamona ou palmeira de babaçu, nos quais estas culturas são utilizadas como suporte para seu desenvolvimento vegetativo, sem adoção de tecnologia que vise o aumento da produtividade.

De acordo com dados IBGE (2016), no ano de 2016 foram produzidas, no Brasil, 3.637t de fava, sendo a região Nordeste responsável por 99,23% da produção, destacando-se como principais produtores os Estados da Paraíba, Ceará e Pernambuco, respectivamente. Nestas regiões, muitos autores têm discutido o efeito da salinidade do solo e da água sobre o desenvolvimento das plantas, tendo em vista que é considerado como um dos principais problemas, bem como o manejo correto da água, levando em consideração o déficit e escassez de recursos hídricos.

A salinidade apresenta implicações e reflexos nos vegetais, de acordo com Dubey (1997 *apud* COSTA, 2007), os sais causam efeitos tóxicos e osmóticos nas plantas e a maioria das respostas, relativas à salinidade, estão ligadas a esses efeitos.

Sousa *et al.* (2014) verificaram em seu trabalho com estresse salino em plantas de feijão-caupi, que os efeitos dos sais presentes na água de irrigação provocaram redução no

número de folhas em todos os tratamentos estudados, bem como um decréscimo em altura de plantas. Em outro trabalho, Sousa *et al.* (2016), avaliando o efeito da salinidade na cultura do milho, inferiram que o aumento do estresse salino no solo, decorrente da irrigação com águas salinas, provocou redução na altura de plantas, número de folhas, diâmetro do colmo e área foliar. Da mesma forma, provocou redução na fotossíntese, na condutância estomática e na transpiração em plantas de milho.

Fiusa *et al.* (2017), avaliando o acúmulo de biomassa de cultivares de feijão-fava, submetidas ao estresse salino, constataram que o estresse reduziu a matéria seca da raiz das cultivares de fava, porém, com menor intensidade na Branquinha.

A sensibilidade do feijão-fava ao déficit hídrico no solo e as incertezas climáticas, principalmente as relacionadas às variações pluviométricas (OLIVEIRA, *et al.,* 2014) estimulam cada vez mais a realização de pesquisas na área, uma vez que, durante os períodos de alta demanda hídrica, a extração de água pelas plantas pode ser insuficiente devido ao esgotamento da água na zona radicular e à acumulação de sais refletindo na salinidade limiar que na fava é 1,5 dS m^{-1} (SILVA, 2015), tendo também em vista a importância da cultura em algumas comunidades.

2. HIPÓTESES

O estresse hídrico associado ao estresse salino afetará o crescimento da cultura da fava.

O solo com 50% da capacidade de campo e irrigado com águas salinas afetará o acúmulo de biomassa da cultura da fava e elevará a condutividade elétrica e pH do solo.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é avaliar a resposta da cultura da fava (*Phaseolus lunatus* L.) quanto ao estresse hídrico e salino no crescimento, acúmulo de biomassa, condutividade elétrica e pH.

3.2. Específicos

Avaliar o efeito da interação entre estresse hídrico e salino na altura, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar na cultura da fava.

Verificar o efeito da interação entre estresse hídrico e salino na massa seca total na cultura da fava.

Analisar o efeito da interação entre estresse hídrico e salino sobre a condutividade elétrica e o pH do solo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A Cultura da fava

A fava ou feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), como é popularmente conhecida, é uma espécie pertencente à família Fabacea, considerada por diversos autores como uma das três maiores do mundo, sendo ela cosmopolita. De acordo com Lewis *et al.* (2005 *apud* FERNANDES E GARCIA, 2008) a família possui 727 gêneros e 19.325 espécies, distribuídas em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae. No Brasil, ocorre em todas as regiões com alta expressividade, estando presentes no território nacional 222 gêneros nativos, 2.807 espécies, 60 subespécies e 729 variedades (LIMA *et al.*, 2015).

Dentre as leguminosas cultivadas no mundo, as espécies do gênero *Phaseolus* (*P. vulgaris, P. lunatus, P. coccineus, P. accutifolius, P. polianthus*) se destacam por sua importância econômica (SANTOS *et al.*, 2009).

De acordo com os mesmos autores, o feijão-fava é a segunda leguminosa de maior importância do gênero. Originária da Guatemala, onde é possível encontrar formas silvestres, sua cultura foi iniciada pelos indígenas antes da colonização (FILGUEIRA, 2008).

A espécie *Phaseolus lunatus L.* pertence ao filo Magnoliophyta, à classe Magnoliopsida, ordem Fabales e família Fabaceae (CRONQUIST, 1988 *apud* MELO, 2011). Segundo Santos *et al.* (2002), o hábito de crescimento dessa espécie pode ser indeterminado trepador, com o desenvolvimento da gema terminal em uma guia, ou determinado anão com desenvolvimento completo da gema terminal em uma inflorescência. Trata-se de uma espécie plurianual, predominantemente autógama, com aproximadamente 10% de taxa de cruzamento natural (HARDY *et al*., 1997 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Azevedo (2003) expõe que as vagens da fava são achatadas, curvas, coriáceas, pontiagudas, de coloração bege quando secas, contendo de 2 a 4 sementes, havendo uma grande variação dentro da espécie em relação à cor do tegumento e tamanho dos grãos.

A fava adapta-se melhor ao clima quente e úmido, desenvolvendo-se de forma mais adequada em solos de arenosos ou de textura média, produzindo na faixa de pH 5,6 a 6,8 (FILGUEIRA, 2007). Neto *et al.* (2015), ressalta que a fava é um cultivo adaptado ao clima semiárido, possuindo características agronômicas para desenvolver-se em ambientes onde prevalece a seca.

De acordo com dados do IBGE, no ano de 2016 foram produzidas, no Brasil, 3.637t de fava em uma área de 20.209 ha, sendo a região Nordeste responsável por 99,23% da produção, com 3.609 toneladas de grãos secos, em uma área plantada de 20.196 hectares, sendo colhidos 16.490 hectares com rendimento médio de 0,22 $t.ha^{-1}$, destacando-se como principais produtores os Estados da Paraíba, Ceará e Pernambuco, respectivamente.

Segundo Oliveira *et al*. (2004), o feijão-fava é, hoje, uma alternativa de renda e fonte alimentar para a população da região Nordeste do Brasil, que o consome sob a forma de grãos maduros ou verdes. Seus grãos constituem-se em uma importante fonte de alimento rica em proteínas para a população em vários municípios nordestinos, juntamente com o feijão-caupi, milho e mandioca (AZEVEDO *et al*., 2003). De acordo com Granito *et al.* (2007 *apud* MELO, 2011), a fava fornece em média 1,3% de gordura, 4% de cinza, 22% de proteínas, apresentando bom valor biológico, alto conteúdo de lisina e alta digestibilidade.

Por ser excelente fixadora de nitrogênio, constitui-se em importante espécie para utilização na adubação verde (CAVALHEIRO, 2012). Além disso, por ser uma espécie de múltiplo propósito, com alta adaptabilidade, o feijão-lima se adequa muito bem ao sistema de produção agrícola familiar, onde se torna uma alternativa para a diversificação das atividades, ajudando a garantir a segurança da produção e segurança alimentar (CAVALHEIRO, 2012).

4.2 Efeito da água salina nas plantas

A água é a substância mais abundante e uma das mais importantes da superfície da Terra, pela sua essencialidade para a existência da vida nas suas mais diversas formas (MARENCO & LOPES, 2013). De acordo com os mesmos autores, a água tem diversas funções dentro da planta, porém as mais importantes são: constituinte do protoplasma, solvente de substâncias, reagente e produto, manutenção de estruturas moleculares, manutenção da turgidez e termo regulação.

Dessa forma, a qualidade da água usada na irrigação de culturas é um fator primordial para seu bom desenvolvimento. No entanto, o uso de água salina na irrigação tem sido um desafio para os pesquisadores e produtores rurais, sendo constantemente desenvolvidos estudos que possibilitem o uso de água, de qualidade inferior, sem afetar o rendimento e qualidade dos produtos agrícolas (OLIVEIRA, *et al*., 2010).

De acordo com Dubey (1997 *apud* COSTA, 2007), os sais causam efeitos tóxicos e osmóticos nas plantas e a maioria das respostas, relativas à salinidade, estão ligadas a esses

efeitos. Assim, conforme Alves *et al.* (2011), o efeito osmótico da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, os quais reduzem o potencial osmótico e hídrico dessa solução, diminuindo, consequentemente, a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Assim, o desequilíbrio nutricional constitui um importante componente do estresse salino, observado principalmente na redução do crescimento (FERREIRA *et al*., 2001), sendo considerada por diversos autores como a principal resposta das plantas à salinidade.

Flowers (2004 *apud* OLIVEIRA *et al*., 2010), afirma que em condições de estresse salino, as plantas fecham os estômatos para reduzir a transpiração, tendo como consequência uma redução da taxa fotossintética, podendo esta alteração morfofisiológica ser uma das principais causas na diminuição do crescimento das espécies nestas condições.

Sá *et al.* (2013), avaliando a produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina, observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação, mesmo se aplicando uma fração de lixiviação de 20%, elevou o teor de sais no substrato o qual foi superior à salinidade limiar da cultura ocasionando reduções na emergência, no crescimento e no acúmulo de matéria seca.

No que concerne à fotossíntese, Souza *et al.* (2017), em experimento com cultivo da fava irrigada com água salina, constataram que o estresse provocou redução da taxa fotossintética, com valores máximos de 13,58 μmol m-2s^{-1} para um nível salino de 1,25 dS m^{1}.

Em trabalho realizado por Freire *et al.* (2017), sobre a tolerância à salinidade de plântulas de fava irrigadas com diferentes níveis de água salina, notaram que os sais afetaram negativamente as etapas de emergência da cultura da fava, onde a cultivar Manteiguinha apresentou maior tolerância ao estresse salino.

Willadino e Camara (2004) relatam que outro efeito da salinidade nas plantas é a redução do acúmulo de fitomassa, o que reflete, também, no custo metabólico de energia associado às adaptações ao estresse salino.

4.3 Efeito da água salina no solo

Os problemas de salinidade e seus impactos sobre a agricultura das terras áridas são reconhecidos ao longo do tempo (ALMEIDA, 2010). Um solo é dito salino quando a capacidade de sais, existentes na zona radicular, é capaz de impedir o crescimento normal das plantas (COSTA, 2007).

Nesta perspectiva, os fatores climáticos e o manejo incorreto da água de irrigação podem acelerar o processo de salinização do solo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas em que a taxa de evapotranspiração é muito alta em relação ao nível de precipitação das chuvas (COSTA, 2007).

De acordo com dados de Schossler *et al*. (2012), a implicação prática da água salina no solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas.

A salinidade afeta também as propriedades físicas do solo, provocando desestruturação, aumento da densidade e redução das taxas de infiltração de água no solo pelo excesso de íons sódicos (RHOADES *et al.*, 2000 *apud* SCHOSSLER *et al*., 2012). Solos normais podem se tornar improdutivos se receberem sais solúveis em excesso devido às irrigações malconduzidas com águas salinas (SANTANA *et al*., 2003).

Em estudo realizado por Santana *et al.* (2003), sobre o efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro, foi verificado que tanto aos 35 DAS, quanto aos 82 DAS, houve um aumento da salinidade do solo com a salinidade da água de irrigação.

De acordo com Medeiros & Gheyi (1997), o nível de salinidade dos solos deve ser sempre inferior ao nível nocivo às plantas cultivadas. Levando em consideração que os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes minerais presentes em substratos não salinos, podem não ser eficazes em condições salinas (GARCIA, *et al*., 2005).

Silva *et al.* (2013), estudando os efeitos de diferentes níveis de salinidade do solo sobre as variáveis fenológicas e de produção da berinjela, observaram que os níveis de salinidade do solo afetaram diretamente as variáveis, produção de matéria seca, produção de frutos e índice de área foliar das plantas.

4.4 Estresse hídrico

A água é um fator fundamental na produção vegetal. Sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas e, por isso, seu manejo racional é imperativo na maximização da produção agrícola (REICHARDT, 1978). Taiz e Zeiger (2013) reforçam que a prática da irrigação de culturas reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade agrícola.

De acordo com Reichardt (1978), principalmente em regiões semiáridas, é de suma importância obter a maior eficiência possível no uso de água pelas culturas. Levando em consideração que durante períodos de seca, as plantas sofrem déficits hídricos que levam à inibição do crescimento e da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013). Segundo os mesmos autores, em muitas espécies, reduções no suprimento hídrico inibem o crescimento do caule e a expansão foliar, mas estimulam o alongamento das raízes.

Além disso, a deficiência hídrica provoca redução na expansão celular, condutância estomática e assimilação de nitrogênio pelas plantas (RODRIGUES *et al*., 1998; PIMENTEL & PEREZ, 2000). Em condições de estresse hídrico, há redução na absorção de nutrientes pelas plantas devido à menor mobilidade dos íons no solo, menor absorção de água pelas raízes e, consequentemente, pelo menor fluxo de massa de nutrientes.

A sensibilidade de um determinado processo fisiológico a déficits hídricos é, em grande parte, um reflexo da estratégia da planta em lidar com a faixa de variação na disponibilidade de água que ela experimenta em seu ambiente (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal, afetando o crescimento, desenvolvimento, trocas gasosas e produtividade das culturas, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Em um trabalho realizado por Oliveira *et al*. (2014), no qual avaliaram o desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseulus lunatus* L.), sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido, chegaram à conclusão de que o déficit hídrico afetou o desenvolvimento do feijão-fava, diminuiu o índice de área foliar, o teor de clorofila, e aumentou o abortamento de flores e vagens. Além disso, foi mais sensível ao estresse hídrico quando o mesmo deu-se em mais de uma fase de desenvolvimento.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC) no município de Fortaleza, Ceará, com coordenadas geográficas 03°45'S, 38°33'W, altitude média 19 m, no período de outubro a dezembro de 2017.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw', tropical chuvoso, com temperaturas elevadas e com estação chuvosa predominante no outono.

5.2 Caracterização do substrato utilizado

Como substrato para o cultivo das plantas, foi utilizado uma amostra de Solo Argiloso Vermelho-Amarelo, textura franco arenoso (EMBRAPA, 2013), com densidade de 1,49 g cm^{-3} oriunda de uma área com vegetação nativa, localizada próximo a área experimental da Estação Agrometeorológica, cuja as características químicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas							
Ph	Ce	Ca^{2+}	K^{+}	Mg^{2+}	Na^{+}	H+ Al^{3+}	Al
(Água)	dS m^{-1}	$cmol_c$ kg^{-1}					
8,38	0,53	2,5	0,29	2,2	45	1,32	0,05

Fonte: PEREIRA FILHO, J.V. (2017).

5.3 Condução da cultura

5.3.1 Plantio

No plantio foram utilizadas sementes de fava, cultivar Espírito Santo realizado em vasos plásticos com capacidade de 14 litros (Figura 1). Após o estabelecimento das plantas aos oito dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, deixando-se uma planta por vaso.

Figura 1. Semeadura das sementes de fava, Fortaleza, Ceará, 2017

Fonte: PEREIRA FILHO, J.V. (2017).

5.3.2 Área experimental

A área útil total ocupada com a fava foi de 60 m^2, onde foram instalados os 50 vasos plásticos, que possuíam volume de 14 litros cada, sendo distribuídos no espaço de acordo com a Figura 2.

Figura 2. Distribuição dos vasos na área experimental. Fortaleza, Ceará, 2017

Fonte: PEREIRA FILHO, J.V. (2017).

Inicialmente, antes da deposição do solo Argissolo Vermelho Amarelo utilizado como substrato para o cultivo das plantas, colocou-se no fundo dos vasos, uma camada de brita nº1, para facilitar a drenagem. Os vasos de material plástico flexível, com capacidade volumétrica de 14 L, possuíam orifícios na extremidade inferior, que objetivavam promover a remoção dos eventuais excessos de água.

5.4 Delineamento experimental

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde os tratamentos de regime hídrico com 100 e 50% da evaporação da água do tanque Classe A (ECA) foram considerados as parcelas, já os níveis de salinidade ficaram distribuídos nas subparcelas.

Os níveis de salinidade da água de irrigação definidos foram os correspondentes a: A1, nível de salinidade de 1,1 dS m^{-1} (água proveniente de um poço freático,); A2, nível de salinidade de 2,1 dS m^{-1}; A3, nível de salinidade de 3,1 dS m^{-1}; A4, nível de salinidade de 4,1 dS m^{-1}; A5, nível de salinidade de 5,1 dS m^{-1}.

Cada parcela foi dividida em cinco subparcelas, onde foram distribuídos aleatoriamente os níveis de salinidade adotados acima.

5.5 Manejo da irrigação

A água salina utilizada nas irrigações era proveniente de um poço freático, sendo armazenada em reservatórios com capacidade de 240 L. A quantidade dos sais NaCl, $CaCl_2.2H_2O$, $MgCl_2.6H_2O$, 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 ($mmol_c$ L^{-1}= CE x 10), conforme (RHOADES *et al*., 2000).

A irrigação com as fontes de água de diferentes salinidades foi iniciada após o desbaste, e a quantidade de água aplicada diariamente foi baseada em uma lâmina equivalente a 100% da evaporação do Tanque Classe “A” (Figura 3), 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, com uma frequência de irrigação de um dia.

Figura 3. Tanque Classe "A"

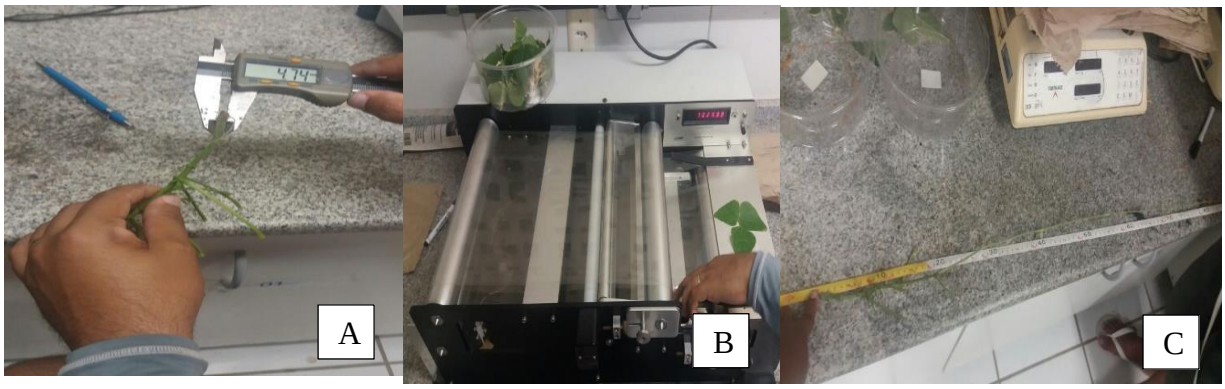
Fonte: http://zooufal.blogspot.com.br

5.6 Variáveis analisadas

5.6.1 Crescimento

Aos 45 dias após a semeadura (DAS), foram analisadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule (DC) realizado com paquímetro digital a dois 2 cm acima do colo da planta- Figura 4A, número de folhas (NF) obtido através de contagem direta, área foliar (AF) pelo método do Scanner - utilizou-se um digitalizador de imagens (Scanner), acoplado a um microcomputador, onde a imagem foi analisada pelo software Sigmascan® para a realização do cálculo da área- Figura 4B, altura de planta (AP) utilizando fita métrica graduada (cm), na distância entre o colo e o ápice da planta -Figura 4C.

Figura 4. Diâmetro do caule de plantas (A), área foliar (B) e altura de plantas (C) de fava. Fortaleza, Ceará, 2017

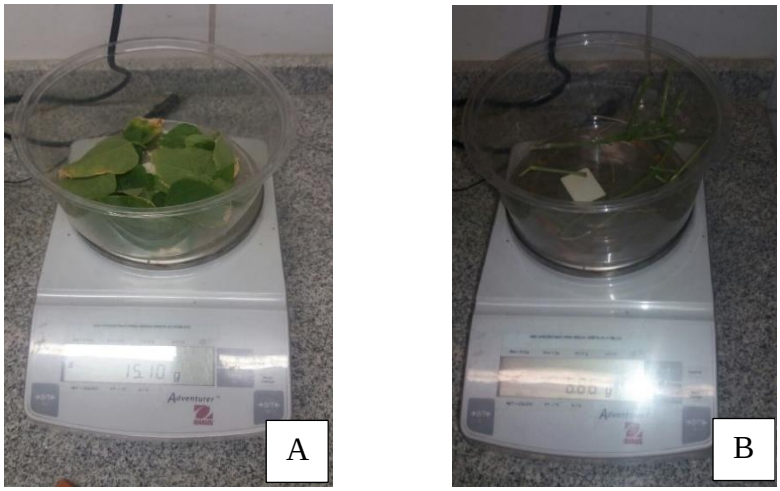


Fonte: PEREIRA FILHO, J.V. (2017).

5.6.2 Acúmulo de biomassa

Logo após as análises de crescimento, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel identificadas de acordo com os tratamentos e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 60 ºC até atingirem peso constante, sendo pesado em seguida em uma balança digital eletrônica, para determinação da massa seca da parte aérea-MSPA (Figura 5A) e massa seca da raiz-MSR (Figura 5B). A massa seca total (MST) foi obtida através da soma entre a MSPA + MSR.7

Figura 5. Determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR)



Fonte: PEREIRA FILHO, J.V. (2017).

5.6.2 Condutividade elétrica e pH

Após a coleta das plantas, o solo de cada vaso foi homogeneizado e amostras foram utilizadas na determinação do pH e da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), adotando-se a metodologia contida em Richards (1954).

5.7 Análise estatística

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, buscando-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 7.7 beta, auxiliado pelo software Microsoft Office Excel 2007.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentados os resultados da análise de variância, onde é possível observar que houve interação significativa ao nível de 1 e 5% de significância entre os fatores regime hídrico e salinidade da água de irrigação, para as variáveis: altura de planta (AP), área foliar (AF), diâmetro do caule (DC), matéria seca total (MST) e número de folhas (NF).

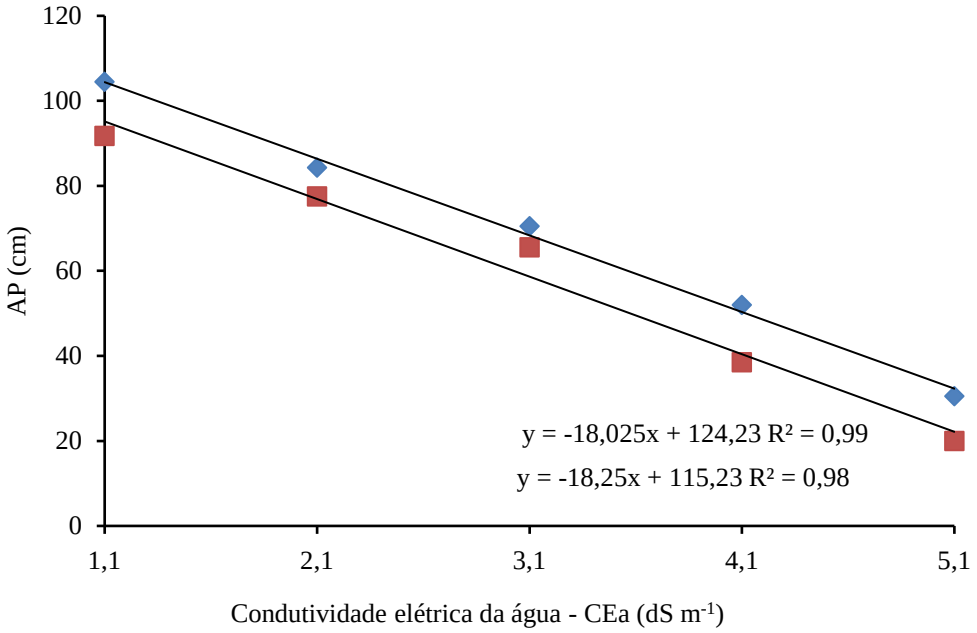
Tabela 2 - Resumo das análises das variâncias para os dados de altura das plantas, área foliar, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea e número de folhas do feijão-fava, cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e regimes hídricos

		Quadrados Médios				
FV	GL	AP	AF	DIAM	MST	NF
Blocos	3	114.13**	30410.68*	0.17206*	1.05*	5.09 ns
Regime hídrico (a)	1	940.90**	161048.79**	0.65025**	4.91**	55.22**
Resíduo-a	15	7.05	3227.07	0.03	0.07	0.75
Parcelas	19					
Salinidade	3	6634.31**	683628.86**	3.06**	28.42**	178.77**
Interação. TaxTb	4	27.58*	23035.50**	0.10*	0.73**	8.47**
Resíduo-b	12	6.61	8476.68	0.03	0.23	1.50
Total	39					
C.V - A (%)		4.18	10.98	3.69	7.11	8.91
C.V - B (%)		4.05	17.79	4.14	13.02	12.56

FV: Fontes de variação; GL: Graus liberdade; (*) Significativo pelo teste F a 5%; (**) Significativo pelo teste F a 1%; ns: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação.
Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Na figura 6, é possível observar um decréscimo na altura das plantas mediante o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, onde, o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi o linear, revelando uma diferença percentual de 70,81% entre o menor nível de CEa (1,1 dS m^{-1}) e o maior nível de CEa (5,1 dS m^{-1}) para os tratamentos sem déficit hídrico. Já para a irrigação com déficit hídrico, observou-se um decréscimo percentual de 78,2% entre o menor e menor nível de salinidade.

Figura 6. Altura plantas de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA(◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação.



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

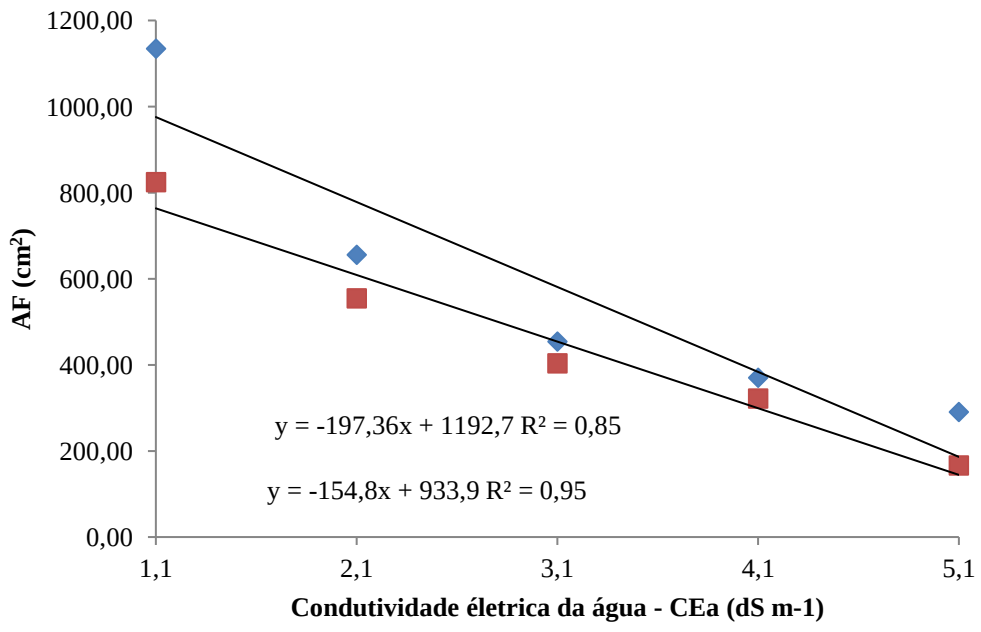
Importante ressaltar que o excesso de sais pode perturbar as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas resultando em menor absorção de nutrientes essenciais para estas e, consequentemente, terão menor altura de plantas (ARAGÃO *et al.*, 2010 & MORAIS *et al.*, 2011). A salinidade afeta tanto o crescimento das plantas como a produção, se manifestando principalmente na redução no desenvolvimento das culturas, com sintoma similar ao causado por estresse hídrico (RHOADEAS *et al.*, 1992). As plantas apresentaram redução da estatura possivelmente devido ao fato do estresse hídrico ou salino, reduzir o turgor das células e, consequentemente, o seu crescimento (COSTA *et al.*, 2008).

Esses resultados estão em conformidade com Pereira Filho *et al.* (2017a) que observaram um efeito linear decrescente para altura de planta de feijão ao irrigar com níveis crescente de sais. Similarmente, Sousa *et al.* (2014) estudando o estresse salino em plantas de feijão-caupi, também constataram um decréscimo em altura de plantas com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação.

Redução em altura com o aumento de sais na água também foi registrado por Sá *et al.* (2013) para mudas de mamoeiro, em que as plantas sofreram reduções de 29,4, 49,2 e 54,2% para os níveis de 2,4, 3,6 e 4,8 dS m^{-1}, respectivamente, quando comparados ao nível de 1,2 dS m^{-1}, que não superou os 15 cm nos primeiros 45 dias após a semeadura. Tal fato também foi constatado por Freitas *et al.* (2013) na cultura do cajueiro anão precoce.

Ao analisar o efeito das diferentes condutividades elétrica da água de irrigação, bem como os tratamentos com e sem déficit hídrico sobre a área foliar do feijão-fava, pela análise de regressão, o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 7). Fazendo uma comparação entre o menor e maior nível de salinidade na irrigação sem déficit hídrico foi possível constatar uma diferença percentual de 25,60 à medida que para a irrigação com déficit houve declínio de 20,21%.

Figura 7. Área foliar de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação.



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Gomes *et al.* (2011) relatam que o estresse salino das águas reflete na redução da área foliar e na perda da absorção equilibrada de água e nutrientes pelas plantas. Sabe-se que, em condições adversas, as plantas desenvolvem formas de adaptação, resultando em alterações bioquímicas e\ou morfológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Tester e Davenport (2003),

comentam que o decréscimo da área foliar, possivelmente, está relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante. De acordo com Taiz e Zeiger (2013) os efeitos deletérios da salinidade sobre a expansão foliar devem-se parcialmente ao aumento da pressão osmótica sobre o meio radicular ocasionado pelos sais diminuindo a disponibilidade de água às plantas.

A determinação da área foliar é importante no que diz respeito a inúmeros parâmetros fisiológicos como a taxa de crescimento relativo, fotossíntese, respiração e transpiração (PEIXOTO & PEIXOTO, 2009). Relaciona-se, pois, com o metabolismo da planta, produção de matéria seca e produtividade (OLIVEIRA, 1977; SEVERINO *et al*., 2004 apud OLIVEIRA, 2012).

Pereira Filho *et al*. (2017a) constataram efeito similar quanto ao regime hídrico para a cultura do feijão. Esses mesmos autores encontraram valores similares ao desse estudo (1005 cm^2 sem e 806 cm^2 com estresse hídrico).

Corroborando com o presente trabalho, Oliveira (2014) avaliando o desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseulus lunatus L.*) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido verificou que o déficit afetou o desenvolvimento da cultura, diminuindo o índice de área foliar.

Em trabalho desenvolvido por Gomes *et al.* (2015) irrigando com água salina a cultura do girassol, observaram que o estresse afetou a área foliar. Isso também foi verificado por Ó *et al.* (2017) que avaliou os efeitos de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre o comportamento morfológico de duas cultivares de feijão-caupi.

No que concerne ao estresse hídrico, Correia e Nogueira (2004 apud OLIVEIRA *et al.*, 2014) inferem que a redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico pode se traduzir numa estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração como supracitado para a tratamento da salinidade.

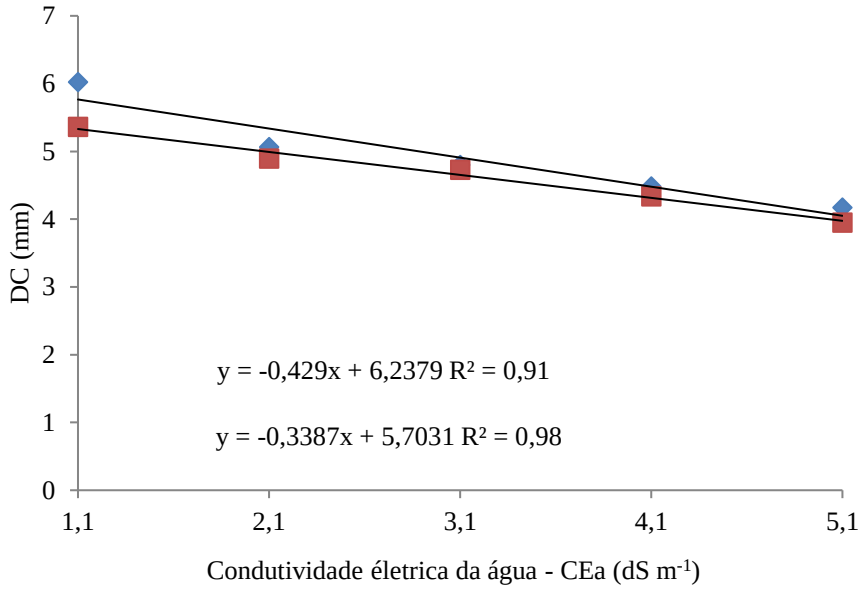
Taiz e Zeiger (2013), descrevem que há uma tênue relação entre a disponibilidade de água no solo e a área foliar, sendo menor o crescimento foliar com a redução da umidade do solo, indicando uma grande sensibilidade desta variável à deficiência hídrica.

Em conformidade com o presente trabalho, Oliveira (2012), avaliando o efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento do feijão-fava em ambiente protegido percebeu que o índice da área foliar diminuiu, além da eficiência do uso da água pelo feijão-fava ter sido maior nos tratamentos sem estresse hídrico.

Scalon *et al.* (2011), trabalhando com estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), espécie florestal, percebeu que na primeira avaliação a área foliar das mudas cultivadas com 100%cc foi de 400 a 800% maior que naquelas sob menores disponibilidades hídricas (25%cc e 12,5%cc respectivamente).

De acordo como os resultados mostrados na figura 8, o estresse salino proporcionado pelo aumento da concentração salina na água reduziu o diâmetro caulinar nos tratamentos com e sem déficit hídrico, no qual o modelo linear decrescente mostrou-se como o mais adequado para a variável.

Figura 8. Diâmetro do caule de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Tal efeito deve-se ao fato de que as plantas em estresse salino limitam o seu crescimento, pois, a pressão osmótica do meio aumenta com a presença dos sais e consequentemente, haverá uma redução da água disponível para as plantas, afetando a divisão celular e o alongamento das células (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Dados similares de diâmetro foram evidenciados por Pereira Filho *et al.* (2017a) ao irrigar com águas salinas a cultura do feijão com déficit de 50 e 100% da ETc.

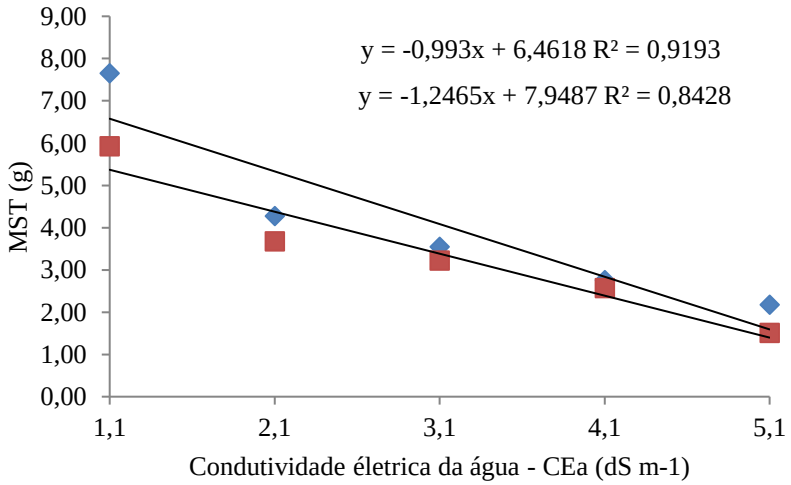
Prazeres *et al.* (2015) ao estudarem o crescimento de feijão-caupi sob irrigação salina, verificaram que as plantas apresentaram redução do diâmetro do caule a partir do nível salino estimado em 1,55 dS m^{-1}, com um diâmetro máximo de 1,53 cm.

Diferente dos resultados obtidos para essa variável no presente estudo, Veras *et al.* (2011) inferiram que no período de 210 aos 360 dias após transplante, o diâmetro caulinar do pinhão-manso foi afetado pela salinidade da água de irrigação, variando de 0,6 a 5,4 dS m^{-1}

Analisando a influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café Conilon, Araújo *et al.* (2011) comprovaram que o déficit hídrico exerceu influência negativa sobre o desenvolvimento das duas cultivares de cafeeiro, conilon Robusta Tropica e conilon Vitória clone número 5, sendo que o diâmetro do caule a variável que sofreu redução quando as plantas passaram por período de déficit hídrico, não importando o momento do desenvolvimento inicial.

Na figura 9, é possível observar um decréscimo da matéria seca total (MST) por intermédio das diferentes concentrações de sais na água de irrigação, no qual o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi o linear, revelando uma diferença percentual de 28,50% entre os níveis de condutividade elétrica da água de 1,1 dS m^{-1} e 5,1 dS m^{-1} para o tratamento sob o regime hídrico de 100% da ECA. Já para a irrigação com déficit hídrico, observou-se um decréscimo percentual de 25,46% entre o menor e maior nível de salinidade.

Figura 9. Matéria seca total de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

A redução da matéria seca total também foi verificada por Oliveira *et al.* (2015), na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, em que perceberam que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu matéria seca total.

Corroborando com esses dados, Santos *et al.* (2012), averiguaram ao estudar a cultura do amendoim em função do estresse salino, que a massa seca total sofreu redução com o aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. Esses autores afirmam ainda que, a redução no potencial hídrico da folha gerada pelo efeito osmótico da solução salina dificulta a absorção de água pelas raízes das plantas e, consequentemente, reduz a turgescência foliar e a taxa de crescimento, assim, possivelmente, tendo em vista a diminuição do tamanho das plantas e das folhas, a planta reduz a superfície de transpiração e a área exposta para captar radiação, e transpirando menos, irá absorver menos nutrientes via solução do solo e realizar menos troca de CO_2 com o meio ambiente, o que irá reduzir seu potencial fotossintético e consequentemente menor fotoassimilados e menor biomassa total.

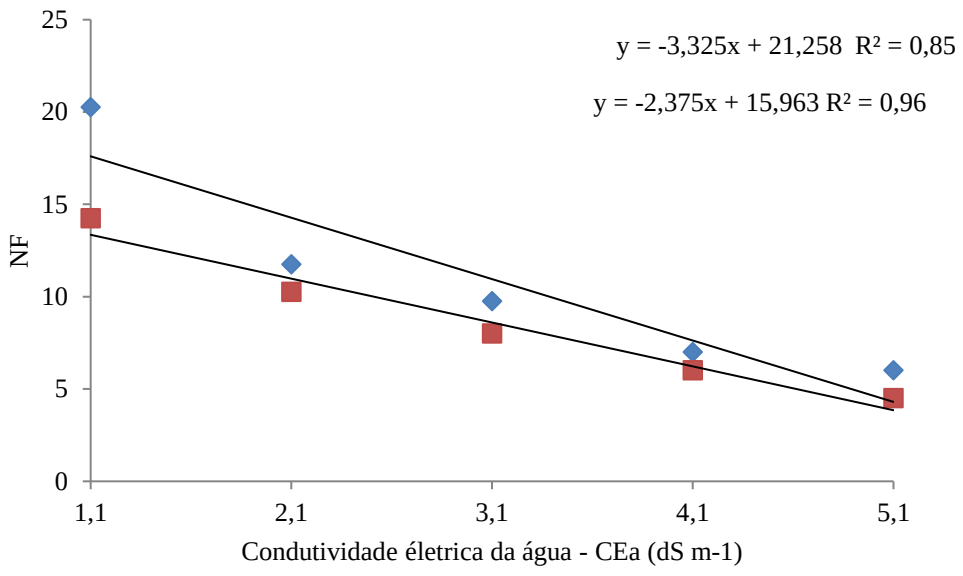
O comportamento dos dados foi semelhante aos apresentados por Leite e Filho (2004), que estudando a produção da matéria seca de caupi submetidos à déficits hídricos verificaram que efeitos negativos sob o crescimento da cultura se acentuaram como resposta aos déficits hídricos de maior duração, tanto na fase vegetativa, quanto na fase reprodutiva, resultando em progressiva redução da MST de folhas, flores e fruto.

Esses resultados assemelham-se com o de Oliveira (2012), onde o déficit hídrico afetou o rendimento do feijão fava para a matéria seca total.

O número de folhas foi afetado negativamente pelo incremento da condutividade elétrica da água, onde o modelo linear decrescente se ajustou para os tratamentos sem e com déficit hídrico (Figura 10), revelando uma redução de 29,63% para o sem déficit e 21,58 % com déficit hídrico.

Mahmoud & Mohamed (2008), mencionam que os sais provocam redução ou inibição da divisão e expansão celular, o que pode ocasionar a morte das folhas. Além disso, em algumas plantas, o déficit hídrico ocasionado pela salinidade também limita o número de folhas, pois ele diminui a quantidade e a taxa de crescimento dos ramos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Figura 10. Número de folhas das plantas de feijão-fava em regime hídrico de 50% da ECA (■) e 100% da ECA (◆) em função de níveis de salinidade da água de irrigação



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Cavalcanti *et al*. (2005), ressaltam que, em condições de seca fisiológica, é comum ocorrerem alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo-se na perda de transpiração como alternativa para manter a absorção de água, sendo uma dessas adaptações a redução do número de folhas.

Contrariando esse resultado, Pereira Filho *et al.* (2017a) estudando a cultura do feijão, não constataram efeito da interação entre estresse hídrico e salino para a variável número de folhas. Ou seja, esses autores observaram efeito decrescente do número de folhas apenas para salinidade da água de irrigação.

Oliveira *et al.* (2010) trabalhando com efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação na cultura do rabanete, também verificaram resultados no decréscimo do número de folhas com o incremento da salinidade da água da irrigação, no entanto, só foi encontrada diferença significativa a partir do nível salino de 3,5 dS m^{-1}, sendo o maior NF observado nas plantas irrigadas com água de menor salinidade (0,5 dS m^{-1}), obtendo-se 6,9

folhas por planta, enquanto que, nas maiores salinidades (de 3,5 e 5,0 dS m^{-1}), foram observados os menores valores, 5,5 e 3,6 folhas por planta, correspondentes a reduções de 19,7 e 47,6%, respectivamente.

Benitz *et al.* (2010) estudando a tolerância à salinidade avaliada em genótipos de arroz cultivados *in vitro* também observaram uma redução no número de folhas. Visando estudar o comportamento de duas cultivares BRS Paraguaçu e BRS Energia de mamoneira irrigadas com quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, Silva *et al.* (2008) notaram a redução progressiva do número de folhas aos 80 DAS.

Buscando avaliar as características morfofisiológicas do tomateiro quando submetido a diferentes níveis de déficit hídrico, Morales *et al.* (2015), corroborando com o presente trabalho, também observaram redução do número de folhas em função da redução da umidade do solo.

Verifica-se na Tabela 3, a partir da análise de variância que houve interação significativa entre os fatores regime hídrico e salinidade da água de irrigação, para condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes). Para a variável pH do solo houve interação dos fatores regime hídrico e salinidade de forma isolada.

Tabela 3- Resumo das análises das variâncias para os dados de condutividade elétrica e pH do solo cultivado com feijão-fava sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e regimes hídricos.

FV	GL	Quadrados Médios	
		CEes	pH solo
Blocos	3	3,46**	0,03**
Regime hídrico (a)	1	26,73**	0,22**
Resíduo-a	15	0,30	0,00
Parcelas	19		
Salinidade	3	137,18**	1,85**
Interação. TaxTb	4	3,26**	0.00 ns
Resíduo-b	12	0,55	0,00
Total	39		
C.V - A (%)		8,74	0,73
C.V - B (%)		11,84	0,46

(*), significativo a 5% de probabilidade; (**), significativo a 1% de probabilidade, (ns), não significativo pelo teste F.; C.V.: Coeficiente de variação.

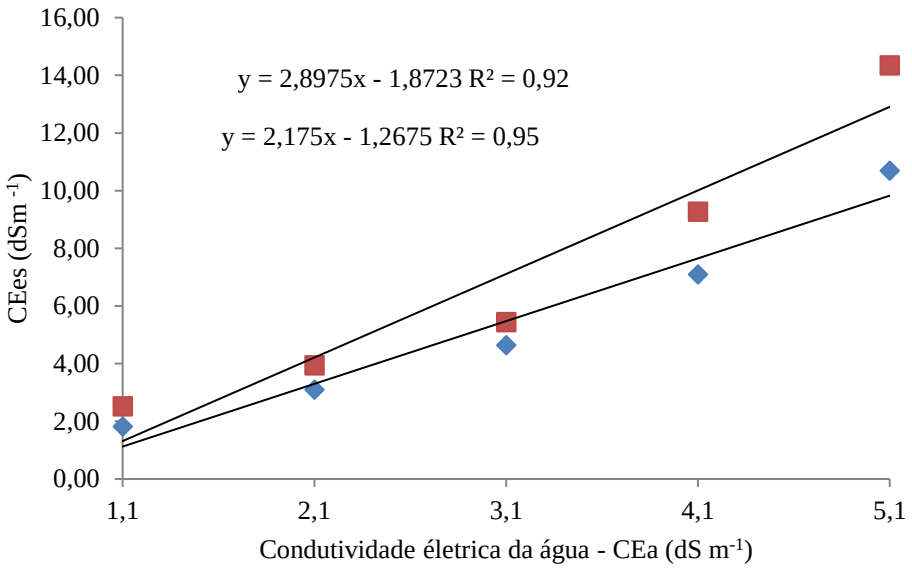
Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

A condutividade elétrica do solo aumentou significativamente com o teor salino da água de irrigação, sendo o modelo linear crescente o que melhor se ajustou aos dados desta variável (Figura 11). A CEes, que inicialmente, antes da aplicação dos tratamentos era de 0,53 dSm^{-1} se elevou para 10,7 dSm^{-1} no tratamento sem déficit hídrico e 14,35 dSm^{-1} com déficit hídrico.

Esse aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo evidencia que o estado da condição do solo (0,53 dS m^{-1}) foi de não salino à salino. Assim, levando em consideração a condutividade elétrica do extrato de saturação, quando este é ≥ 4 dSm^{-1}, segundo USSL Staff (1954 apud Ribeiro et al.,2016), os solos podem ser considerados salinos.

Dessa forma, é possível inferir que a salinidade da água de irrigação elevou o caráter salino do solo. Dados opostos ao desse estudo foram verificados por Pereira Filho *et al.* (2017b) ao estudar dois regimes hídricos (50 e 100% da ECA) e níveis de salinidade, onde os autores só registraram efeito isolado para os níveis salinos. Resultado semelhante foi relatado por Sousa *et al.* (2012) em trabalho com crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas.

Figura 11. Condutividade elétrica do solo (CEes) em função de níveis de salinidade da água de irrigação.

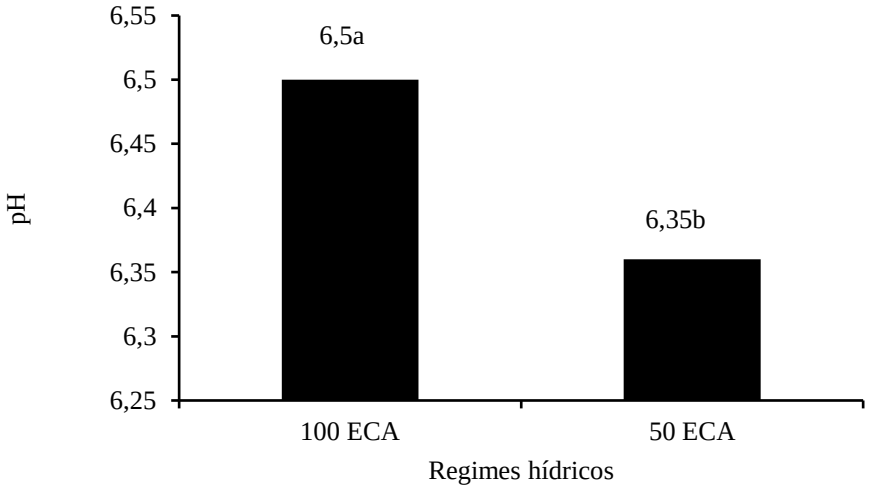


Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

De acordo com Santos *et al.* (2016), a concentração excessiva de sais solúveis aumenta a CE da solução do solo tornando seu potencial osmótico mais negativo, aumentando a dificuldade de absorção de água e nutrientes pelos vegetais. Foi o que possivelmente aconteceu no presente trabalho, e associado ao déficit hídrico potencializou ainda mais seus efeitos negativos, causando danos no crescimento do feijão-fava.

Na Figura 12, observa-se os valores médios do pH do solo sob os regimes hídricos de 100% e 50% da ECA. O maior valor de pH (6,5) foi observado no tratamento que recebeu um regime de irrigação de 100% da ECA.

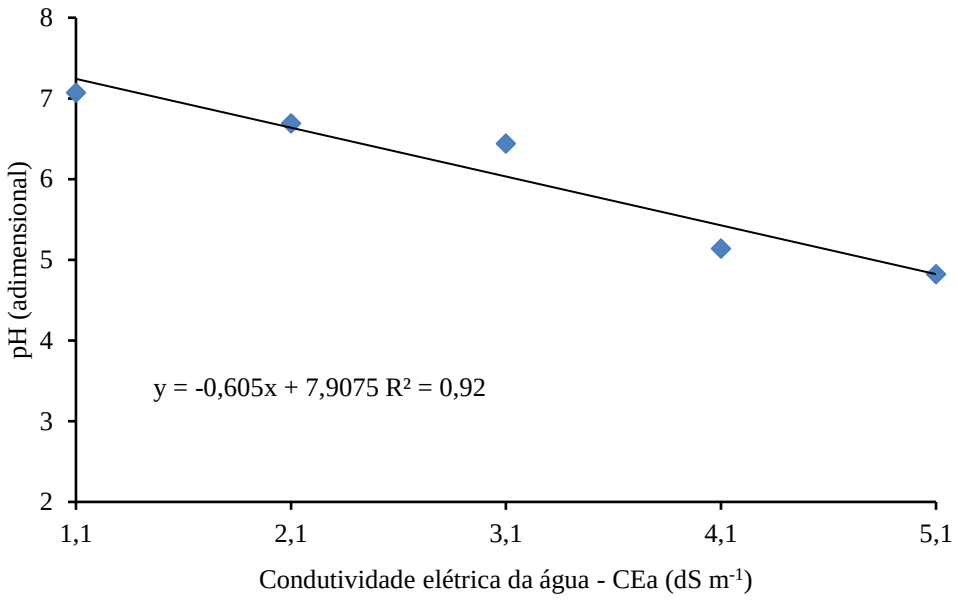
Figura 12. pH sob regimes hídricos de 100% e 50% da ECA.



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Na Figura 13 observa-se que o potencial pH diminuiu com o teor salino da água de irrigação, sendo o modelo liner decrescente o que melhor representou os dados desta variável (R^2 = 0,92), demonstrando uma diferença de 31,83% entre os tratamentos de menor e maior salinidade da água de irrigação.

Figura 13. pH do solo em função de níveis de salinidade da água de irrigação.



Fonte: MENDONÇA, A. M. (2018).

Resultados semelhantes são apesentados por Cavalcante *et al*. (2010) ao estudar a água salina na formação de mudas de goiabeira, no qual o solo utilizado como substrato para a formação das mudas, teve o pH reduzido linearmente com o incremento da salinidade da água de irrigação, com declínio de 0,16 unidade por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação e por Pereira Filho *et al.* (2017b).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da concentração de sais da água de irrigação associado ao déficit hídrico suscitou em reduções nas variáveis altura de planta, área foliar, diâmetro do caule, matéria seca total e número de folhas.

O aumento da concentração de sais da água de irrigação reduziu o pH da solução do solo e aumentou a condutividade elétrica do solo em ambos os regimes hídricos, sendo maior no tratamento com déficit hídrico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. **Qualidade de água de irrigação**. Cruz das Almas - BA: Empraba Mandioca e Fruticultura. 1ª Ed. 2010, 233 p.

ALVES, F. A. L., *et al.* **Efeito do Ca2+ externo no conteúdo de Na+ e K+ em cajueiros expostos a salinidade.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 4, 2011.

ARAGÃO, R. M., *et al*. **Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, p. 100-106, n. 1, 2010.
ARAÚJO, G. L., *et al.* **Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon.** Irriga, v. 16, n. 2, p. 115, 2011.

AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, R.O da C. **Composição química de sete variedades de feijão-fava.** Embrapa Meio-Norte-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2003.
BENITEZ, L.C., et al. **Tolerância à salinidade avaliada em genótipos de arroz cultivados in vitro.** Revista Ceres, v. 57, n. 3, 2010.

CAVALCANTE, L. F., *et al.* **Saline water and liquid bovine manure in seedlings formation of guava cultivar Paluma**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CAVALCANTI, M. L.F., *et al.* **Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.57-61, 2005.

CAVALHEIRO, V. B. D. **Caracterização de genótipos de feijão-lima (Phaseolus lunatus L.) na região de Pelotas-Rio Grande do Sul**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

COSTA, D. M. A. da., **Impactos do estresse salino e da cobertura morta nas características químicas do solo e no desenvolvimento do amaranto.** 2007. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/DjesonMAC.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2018.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L.N; PARRY, Maurício M. **Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.

FERNANDES, J. M.; GARCIA, F.C. P., **Leguminosae em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual em Araponga, Minas Gerais, Brasil: arbustos, subarbustos e trepadeiras.** Rodriguésia, p. 525-546, 2008. Disponível em: < https://rodriguesia.jbrj.gov.br/FASCICULOS/rodrig59_3/009.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; Hernandez, Fernando, F. F. **Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FILGUEIRA, F. A. R., **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Viçosa: UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p

FIUSA, J. N. *et al.* **Acúmulo de biomassa de cultivares de feijão-fava submetidas ao estresse salino.** In: IV Semana Universitária da UNILAB: Desafios da Internacionalização e da Interiorização do Ensino Superior, 2017, Acarape-CE e Redenção-CE

FREIRE, M. H. C., *et al.* **Tolerância à salinidade de plântulas de fava irrigadas com diferentes níveis de água salina**. In: IV Semana Universitária da UNILAB: Desafios da Internacionalização e da Interiorização do Ensino Superior, 2017, Acarape-CE e Redenção-CE.

FREITAS, V. S., *et al.* **Crescimento e acúmulo de íons em plantas de cajueiro anão precoce em diferentes tempos de exposição à salinidade.** Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

GARCIA, G. de O. *et al.* **Estresse salino em plantas de milho: I–macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, p. 26-30, 2005.

GOMES, K. R. *et al.* **Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo.** Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental-Agriambi, Campina Grande, PB, v. 15, n. 4, 365-370, 2011.

GOMES, K. R., *et al.* **Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino.** Irriga, v. 20, n. 4, p. 680, 2015.

GUIMARÃES, W.N.R., *et al.* **Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*).** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 1, p. 37-45, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal-PAM**. 2016. Disponível em:< https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?&t=downloads> . Acesso em: 10 de fevereiro de 2018.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. **Produção de matéria seca em plantas de caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos.** Publicatio UEPG Ciências Agrárias e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias. Ponta Grossa. v.10, n.1,p.43-51,2004.

LIMA, H. C. de. *et al.* 2015. Fabaceae *In*: **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB115>. Acesso em: 08 fev. 2018.

MAHMOUD, A. A.; MOHAMED, H. F. **Impact of biofertilizers application on improving wheat (Triticum aestivum L.) resistance to salinity.** Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, v. 4, n. 5, p. 520-528, 2008.

MARENCO, R. A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa: Editora UFV, 2013. 451 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 (eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap. 8, p. 239-284.

MELO, L. F. **Divergência genética em subamostras de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por meio de marcadores agromorfológicos e microssatélites.** 2011. Universidade Federal do Piauí.

MOARES, C. S. *et al.* **Catálogo de fava (*Phaseolus lunatus* L.) conservada na Embrapa. Embrapa** Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2-Documentos (INFOTECA-E).

MORAIS, F. A. de *et al*. **Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol.** Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 2, p. 327-336, 2011.

MORALES, R. G. F *et al.* **Selection of tomato plant families using characters related to water deficit resistance.** Horticultura Brasileira, v. 33, n. 1, p. 27-33, 2015.

NETO, M. B. *et al.* **Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados.** Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 23-27, 2015.

Ó, L. M. G. *et al.* **Crescimento e solutos orgânicos do feijão-caupi submetido a níveis de salinidade da água de irrigação**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI, v. 11, n. 7, 2017.

OLIVEIRA, A. E. S. **Efeito do défict hídrico sobre o desenvolvimento do feijão–fava em ambiente protegido** -2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal do Piauí,Teresina, 2012.

OLIVEIRA, A. P. *et al.* **Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 3, p. 543-546, jul-set 2004.

OLIVEIRA, A.E.S et al. **Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseulus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido.** HOLOS, ano 30, v. 1, 2014.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* **Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo.** Comunicata Scientiae, v. 6, n. 4, 2015.

OLIVEIRA, F. A. de *et al.* **Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, à salinidade da água de irrigação.** Revista Ceres, v. 61, n.1, p. 147-154, 2014.

OLIVEIRA, F. R. A. *et al.* **Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 4, p. 519-526, 2010.

OLIVEIRA, J. P. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro caupi, vigna sinensis (L) savi, cultivado Em casa de vegetação. Ciência Agronômica, v.7, n.12,p.5357,1977.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. Cap. 4, p. 38, 2009. In:**Tópicos em Ciências Agrárias**. Org**.** CARVALHO, Carlos Alfredo

Lopes de et al. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009. 296p. v. 1.

PEREIRA FILHO, J.V., *et al*. **Crescimento vegetativo do feijão-caupi cultivado sob salinidade e déficit hídrico**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 8, p. 2217, 2017 (a).

PEREIRA FILHO, J. V., *et al*. **Alteração química do solo cultivado com feijão-caupi sob salinidade e déficit hídrico**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 8, p. 2206, 2017 (b).

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de L. C. **Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro.** Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2000. p. 31-39

PRAZERES, S. S.,*et al.* **Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio**. Revista Agro@ mbiente On-line, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

REICHARDT, K. *et al*. **A água na produção agrícola.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

RHOADES, J. D. **The use of saline waters for crop production**. FAO, 1992

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

RIBEIRO, M.R; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. L. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, Hans Raj et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: Byte Sysrems - Soluções Digitais, 2016. Cap. 2. p. 9-15.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 174p (Manual de Agricultura, 60). 1954.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J.C.B.; DIDONET, A.D.; MARCHESE, J.A.; SCIPIONI, C. **Efeito da DH na produção de trigo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.6, p.839-846, jun, 1998.

SÁ, F. V. da S. *et al.* **Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SANTANA, M. J. *et al.* **Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)** Effect of irrigation water salinity in a soilcultivated with french beans (Phaseolus vulgaris L.). Ciência e Agrotecnologia, v. 27, n. 2, p. 443-450, 2003.

SANTOS, D. B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.;

CANO, M. A. O. **Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino.** Revista Idesia, Arica, v.30, n.2, p. 69-74, 2012.

SANTOS, D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JUNIOR, J. S. **A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.10, p.1407-1412, 2002.

SANTOS, É. M. C. *et al.* **Avaliação morfoagronômica de populações de feijão-fava Phaseolus lunatus L.) para agricultura familiar.** Disponível em: <http://leg.ufpi.br/19sic/Documentos/RESUMOS/Vida/Ethynna%20Marina%20Correa%20Santos.pdf>. Acesso em: 08 fev.2018.

SANTOS, J. O. *et al.* **Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*).** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.4, p.426-429, 2009. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=579&path%5B%5D=606>. Acesso em: 08 fev. 2018.

SANTOS, P. R. *et al.* **Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas.** Rev Brasil Engen Agríc Ambient, v. 13, p. 882-889, 2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, R. V. *et al.* Interação salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, Hans Raj et al. **Manejo da Salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados.** 2. ed. Fortaleza: Byte Sysrems - Soluções Digitais, 2016. Cap. 18. p. 277-293.

SCALON, S. P. Q. **Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.).** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, out.-dez., 2011.

SCHOSSLER, T. R *et al.* **Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. Enciclopédia Biosfera, v. 8, n. 15, p. 1563-1578, 2012

SILVA, E. M. da *et al.* **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido**. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 1, 2013.

SILVA, L.C. **Efeitos da salinidade e regime de água do solos obre as culturas** (2015). Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/74769721/EFEITOS-DA-SALINIDADE-E-REGIME-DE-AGUA-DO-SOLO>. Acesso em 14 de fevereiro de 2018.

SILVA, S. M. S *et al.* **Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 4, p. 335-342, 2008.

SOUSA, G. G. *et al.* **Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 2, 2012.

SOUSA, G. G. *et al.* **Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos.** REVISTA AGRO@ MBIENTE ON-LINE, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUSA, G. G. *et al.* **Interação entre salinidade e biofertilizante de caranguejo na cultbura do milho**. MAGISTRA, v. 28, n. 1, p. 538-547, 2016.

SOUZA, M. V. P. *et al.* Cultivo da fava irrigada com água salina em solo com biofertilizantes no Maciço de Baturité, Ceará. Semana Universitária UNILAB, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5ª Ed. Porto Alegre, 2013. 918p.

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

VERAS, R. P. *et al.* **Altura de planta, diâmetro caulinar e produção do pinhão-manso irrigado sob diferentes níveis de salinidade**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 6, p. 582-588, 2011.

WILLADINO, L.; Camara, T. R. **Origen y naturaleza de los ambientes salinos.** In: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (ed.). La ecofisiología vegetal – Una ciencia de síntesis. Madrid: Thompson, 2004. p.303-330.