

EFEITO DO ESTRESSE SALINO E DA COMPOSIÇÃO IÔNICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO CAUPI

João Victor Queiroz Leite¹, Pedro Dantas Fernandes², Wanderson José de Oliveira³, Edivan Rodrigues de Souza⁴, Daniella Pereira dos Santos³, Celia Silva dos Santos³

RESUMO

O feijão-caupi é uma planta caracterizada pela adaptabilidade, sendo cultivado em diversas regiões do mundo, inclusive em regiões áridas e semiáridas, estando sujeito a condições de estresse como a salinidade. Dada a importância do feijão-caupi esse trabalho objetivou investigar os efeitos da salinidade na condutância estomática e seu reflexo no consumo de água e no acúmulo de biomassa pela planta. Sendo assim, foi então realizado um experimento em casa de vegetação com a cultivar de feijão-caupi IPA 206 em Neossolo flúvico. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, coordenadas 08° 00' 59,9" S e 34° 56' 38,6" W, durante os meses de março a maio de 2014. Foram utilizadas águas com seis níveis de condutividade elétrica (CE) (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 dS m⁻¹), formuladas a partir de NaCl e de uma mistura de sais, semelhante a composição das águas de poços encontrados na região de coleta do solo (Pesqueira –PE). O experimento foi conduzido em blocos casualizados em fatorial 6x2, com 3 repetições. A salinidade da água de irrigação não afetou a condutância estomática aos 10 dias após o plantio (DAP). Aos 20 e 24 DAP ocorreu diminuição da condutância estomática com o aumento da CE da água de irrigação havendo diferença significativa entre as composições de água usadas. A diminuição da condutância estomática provocou diminuição da evapotranspiração da cultura e também da massa específica foliar. A suculência foliar sofreu acréscimos com o aumento da CE da água de irrigação.

Palavras-chave: estresse abiótico, salinidade, *Vigna unguiculata*.

EFFECT OF SALT STRESS AND IONIC COMPOSITION OF IRRIGATION WATER ON MORPHOPHYSIOLOGICAL VARIABLES IN COWPEA

ABSTRACT

Cowpea are a plant characterized by adaptability, being cultivated in several regions of the

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, e-mail: jvql51@hotmail.com

² Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. Visitante da UEPB, e-mail: pedrodantasfernandes@gmail.com

³ Doutorando em Engenharia Agrícola, UFRPE, e-mail: w.joliveira@yahoo.com.br; daniellapsantos@hotmail.com; celia_agron@hotmail.com

⁴ Doutor em Agronomia, Prof. Adjunto da UFRPE, e-mail: edivanrs@hotmail.com

world, including arid and semi-arid regions, being subjected to stress conditions such as salinity. Due to the importance of cowpea, this study investigated the effects of salinity on stomatal conductance and its reflection on water consumption and biomass accumulation by the plant. Thus, an experiment was carried out in greenhouse with the IPA 206 cultivar in *Neovolum fluvicus*. The experiment was carried out at the Federal Rural University of Pernambuco, coordinated 08° 00 '59.9"S and 34° 56' 38.6 " W, during the months of March to May 2014. Were used water with six levels of conductivity (EC) (0, 2.5, 5.0; 7.5; 10.0 and 12.5 dS m⁻¹) formulated from NaCl and a mixture of salts, similar to the water composition of wells found in the region of the soil collection (Pesqueira –PE, Brazil). The experiment was conducted in a randomized block in factorial 6x2 with 3 replicates. The salinity of irrigation water did not affect stomatal conductance at 10 days after planting (DAP). At 20 and 24 DAP, there was a decrease in stomatal conductance with an increase in EC of irrigation water, with a significant difference between the water compositions used. The decrease of the stomatal conductance caused a decrease in the evapotranspiration of the crop and also of the specific leaf weight. Leaf succulence increased with increasing EC of irrigation water.

Keywords: abiotic stress, salinity, *Vigna unguiculata*.

INTRODUÇÃO

O feijão vigna, feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão fradinho (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma espécie de alto valor nutritivo, caracteriza-se pela plasticidade e pela adaptação à ampla faixa de ambientes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (BARROS et al., 2013). É amplamente cultivado em regiões áridas e semiáridas, constituindo-se em um dos principais componentes da dieta alimentar dessas populações (LIMA et al., 2007; FREIRE FILHO et al., 2011).

É uma leguminosa bastante cultivada no mundo, com uma área plantada de mais de 12 milhões de hectares (VIJAYKUMAR et al., 2010). No Brasil é cultivado predominantemente nas regiões Norte e Nordeste (NASCIMENTO et al., 2011). Segundo Ayres e Westcot (1999) o feijão-caupi é uma espécie moderadamente tolerante a salinidade com valor limite da condutividade elétrica para desenvolvimento normal de 3,3 dS m⁻¹ na água de irrigação e de 4,9 dS m⁻¹ no extrato de saturação do solo.

As regiões áridas e semiáridas são caracterizadas pela baixa pluviosidade e alta demanda evaporativa, o que torna esses locais susceptíveis à salinização do solo trazendo prejuízos a agricultura. Estima-se que 20% das terras cultivadas e 50% das terras irrigadas no

mundo estejam afetadas pela salinidade (QADIR et al., 2008).

A salinidade do solo provoca o estresse salino, que limita o crescimento das culturas (KRONZUCKER; BRITTO, 2011). Segundo Mudgal et al. (2010), a salinidade do solo é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, provocando mudanças em atributos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos.

Dentre essas mudanças, destacam-se as alterações nas trocas gasosas, reguladas pela abertura e fechamento dos estômatos. Segundo diversos autores (SILVA et al., 2013; SOUZA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017) a salinidade ocasiona o fechamento dos estômatos e a diminuição da condutância estomática do feijão-caupi. Isso provoca redução no uso da água, na assimilação de CO₂ e conseqüentemente, reduções no acúmulo de biomassa pela cultura.

Tendo em vista a importância socioeconômica do feijão-caupi para o Nordeste Brasileiro este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos da salinidade na condutância estomática e seu reflexo no consumo de água e no acúmulo de biomassa.

MATERIAL E MÉTODOS

EFEITO DO ESTRESSE SALINO E DA COMPOSIÇÃO IÔNICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO CAUPI

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco, coordenadas 08° 00' 59,9'' S e 34° 56' 38,6'' W, durante os meses de março a maio de 2014. Foram cultivadas plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) cv. IPA 206 em vasos com capacidade para seis litros, preenchidos com material de solo.

O material de solo utilizado no experimento foi coletado no Município de Pesqueira - PE, na camada de 0-30 cm e classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013), isento de problemas de salinidade e sodicidade. Posteriormente, o solo foi seco ao ar para

obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm.

Para a caracterização química do solo (Tabela 1), foram determinados na terra fina seca ao ar (TFSA) os cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+) (THOMAS, 1982); o extrato de saturação foi obtido por meio do preparo da pasta de saturação (RICHARDS, 1954), onde foi determinada a condutividade elétrica (CE), as bases solúveis e o íon cloreto (EMBRAPA, 1997). A partir dos resultados obtidos do complexo de troca, foram calculados os valores de soma de bases (SB) e Percentagem de Sódio Trocável (PST).

Tabela 1 - Caracterização química inicial do Neossolo Flúvico utilizado no preenchimento dos vasos no experimento em casa de vegetação.

Extrato de saturação		Complexo Sortivo	
Variáveis	Valores	Variáveis	Valores
pH _{es}	8,71	pH _(1:2,5)	7,70
CE (dS m ⁻¹)	0,99	Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	5,53
Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,00	Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,22
Mg ²⁺ (mmo l _c L ⁻¹)			
Na ⁺ (mmo l _c L ⁻¹)	1,04	Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,26
K ⁺ (mmo l _c L ⁻¹)	5,34	K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,50
Cl ⁻¹ (mmo l _c L ⁻¹)	1,12	SB (cmol _c kg ⁻¹)	8,51
	6,80	PST (%)	3,00

pH_{es}: pH determinado no extrato de saturação; PST: Percentagem de sódio trocável; SB: Soma de Bases.

Para caracterização física (Tabela 2) foi realizada a análise granulométrica na TFSA pelo método do densímetro; a argila dispersa em água e estimativa dos graus de dispersão e floculação da argila; a densidade do solo pelo método da proveta e de partículas pelo método

do balão volumétrico; a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente pelo método da curva de retenção de água no solo (EMBRAPA, 1997). A estimativa da porosidade total foi feita utilizando os valores de densidades de partícula e do solo.

Tabela 2 - Caracterização física inicial do Neossolo Flúvico utilizado no preenchimento dos vasos no experimento em casa de vegetação.

Areia			Silte	Argila	ADA	Ds	Dp	GF	GD	PT	CC	PMP
Fina	Grossa	Total										
g Kg ⁻¹												
312	117	429	422	149	102	1,24	2,52	31	69	50,79	0,23	0,05

ADA: argila dispersa em água; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; GF: Grau de floculação; GD: Grau de dispersão; PT: Porosidade total; CC: Capacidade de campo e PMP: Ponto de murcha permanente.

Antes do plantio das sementes de feijão-caupi o vaso foi irrigado de forma que ficasse com umidade correspondente a 80% da capacidade de pote (0,18 g g⁻¹). Cada parcela

era formada por um vaso com solo e duas plantas.

Para suprir as necessidades nutricionais da cultura foi realizada adubação segundo o

Manual de Recomendação de Adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008).

O solo foi irrigado com águas de condutividades elétricas de 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0

e 12,5 dS m⁻¹ elaboradas a partir de NaCl e de uma mistura de Ca, Mg, Na, e K, simulando a composição encontrada em poços na região de Pesqueira-PE, mesmo local de coleta do solo (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidades necessárias de sal (g L⁻¹) para a obtenção dos valores de condutividade elétrica utilizadas para as águas de irrigação de ambas as fontes de sais e o potencial osmótico das soluções (Ψ_s , em MPa)

CEa	Fontes de Água							Ψ_s Mpa
	NaCl		Mistura					
	NaCl g L ⁻¹	Ψ_s Mpa	NaCl	KCl	MgCl ₂ g L ⁻¹	CaCl ₂	Total	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	1,360	0,104	1,051	0,005	0,306	0,244	1,606	0,117
5,0	2,906	0,223	1,990	0,013	0,556	0,443	3,002	0,233
7,5	4,669	0,359	3,201	0,016	0,886	0,693	4,796	0,346
10,0	6,650	0,510	4,650	0,027	1,297	1,006	6,980	0,538
12,5	8,826	0,676	6,501	0,040	1,823	1,409	9,773	0,706

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, formado por três blocos em arranjo fatorial 6 x 2, sendo duas fontes de sais (NaCl e mistura) e seis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), totalizando 36 parcelas.

A irrigação era realizada ao final do dia repondo a água perdida por evapotranspiração, aferida por balança digital, essa quantidade de água representa a evapotranspiração da cultura. Esse procedimento foi realizado até 60 DAP, quando se encerrou o ciclo da cultura.

Durante os sete primeiros dias se utilizou água destilada e, a partir do oitavo dia, utilizou-se água com valores de CEa de modo crescente, aumentando a cada 2 dias, para que não houvesse choque osmótico. Assim, todos os vasos foram equilibrados com as CEa correspondentes aos tratamentos aos 16 dias após o plantio (DAP).

Aos 10, 20 e 24 DAP foram determinadas a condutância estomática das 08h00min às 09h00min da manhã, utilizando-se um porômetro de difusão AP4 (modelo Delta – T Devices Cambridge – UK).

Aos 33 DAP foram coletadas folhas das plantas e recortados discos das folhas, depois os discos foram pesados para obtenção da massa fresca, colocados em envelopes de papel e levados à estufa de aeração forçada à 60°C por

48 h para secagem, por fim foi realizada a pesagem para obtenção do peso da massa seca. Esses dados possibilitaram a determinação do massa específica e da suculência foliar.

A massa específica foliar foi determinada por meio da equação 1 descrita por Delf (1912).

$$ME = \frac{PMS}{A} \quad (1)$$

Onde:

ME é a massa específica foliar, g dm⁻²;

PMS é o peso da massa seca, g;

A é a área dos discos foliares usados, dm².

A suculência foliar foi determinada por meio da equação 2 segundo Mantovani (1999).

$$SF = \frac{(PMF - PMS)}{A} \quad (2)$$

Onde:

SF é a suculência foliar, g H₂O dm⁻²;

PMF é o peso da matéria fresca, g;

PMS é o peso da massa seca, g;

A é a área dos discos foliares usados, dm².

Os resultados obtidos foram interpretados por meio de análises de variância (ANOVA), de regressão para os níveis de

EFEITO DO ESTRESSE SALINO E DA COMPOSIÇÃO IÔNICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO CAUPI

salinidade e teste de comparação de médias para as fontes de sal na água de irrigação. O critério para a escolha do modelo foi o maior valor do coeficiente de determinação (R^2). A análise estatística foi feita por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os dados de condutância estomática aos 10 (A), 20 (B) e 24 (C) DAP no feijão-caupi irrigado com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

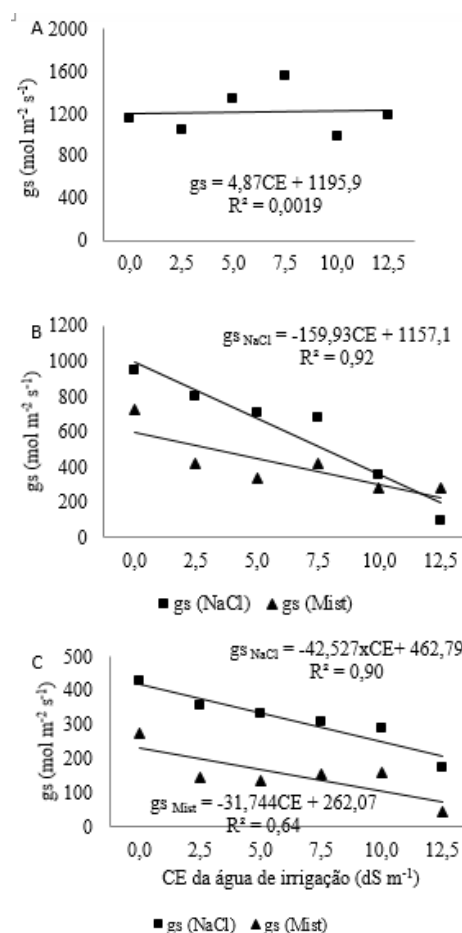


Figura 1. Condutância estomática aos 10 (A), 20 (B) e 24 (C) dia após o plantio no feijão-caupi irrigado com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

Aos 10 DAP não houve diferença significativa entre as fontes de sais para a condutância estomática (gs) (Figura 1A) ($P < 0,05$). O modelo que descreve o comportamento da gs apresentou baixo índice de determinação ($R^2 = 0,0019$), ou seja, existe pouca relação entre a condutância estomática encontrada e a CE da água de irrigação, indicando que os efeitos da salinidade ainda não existiam nessa fase de desenvolvimento da planta.

Aos 10 DAP, embora os tratamentos com CEa maior que 0 dS m^{-1} , já recebiam água

salina, eles ainda não foram estabilizados, ou seja os tratamentos com as CEa mais elevadas ainda não receberam suas doses.

A irrigação com água salina não traz um efeito deletério instantâneo sobre a planta. Primeiramente porque a quantidade de água salina usada na irrigação aos 10 DAP não foi suficiente para diminuir o potencial osmótico do solo e conseqüentemente o potencial hídrico o que provocaria diminuição da gs . Segundo, o aumento da concentração de sais no solo não foi suficiente para provocar toxidez por íons

específicos, o que também pode provocar diminuição da gs.

Analisando a gs aos 20 DAP foi encontrada diferença significativa entre as fontes de sais usadas para compor a água de irrigação ($P < 0,05$) (Figura 2B).

A condutividade elétrica de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ apresentou redução da gs da ordem de 16% para os tratamentos com NaCl e 41% para os tratamentos com mistura de sais em relação à CEa de 0 dS m^{-1} . Para o tratamento 5,0; 7,5; 10 e $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ as reduções chegaram a 26, 29, 62 e 90% para NaCl e 54, 42, 60 e 62% de redução para os tratamentos com mistura de sais respectivamente, também em relação a CEa de 0 dS m^{-1} .

Aos 24 DAP houve diferença significativa entre as fontes de sais para a variável gs ($P < 0,05$) (Figura 2C).

A condutividade elétrica de 2,5; 5,0; 7,5, 10,0 e $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ apresentou redução de 17, 27, 36, 45 e 88% para os tratamentos com NaCl e 47, 51, 44, 43 e 85% para os tratamentos com mistura de sais em relação a CEa 0 dS m^{-1} para a condutância estomática.

Vemos que o efeito do aumento da CEa para NaCl é mais gradativo tanto aos 20 quanto aos 24 DAP, enquanto para a mistura de sais esse efeito foi mais generalizado. Isso provavelmente aconteceu porque a seletividade da membrana nas células da raiz impediam a entrada exacerbada de Na^+ na planta, enquanto Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ encontravam caminho livre nos sítios de absorção, aumentando sua concentração na planta e causando estresse no tecido vegetal.

A diminuição da gs em função do aumento da salinidade em feijão-caupi também foi encontrada por Oliveira et al. (2017). Prazeres et al. (2015), encontraram redução na condutância estomática em feijão-caupi com o aumento da salinidade da água em quatro cultivares de feijão-caupi.

A diminuição da gs com o aumento da salinidade também foi encontrado em outras espécies vegetais. Kusvuran (2012) testando 4 genótipos de melão encontrou redução da condutância estomática em todos eles com o aumento do estresse salino. Pérez-López et al. (2012) encontrou redução na condutância

estomática de cevada cultivada sob estresse salino. Rodrigues et al. (2014), encontrou redução da condutância estomática em mamona com o aumento da dose de NaCl na solução nutritiva.

Não houve diferença significativa entre os tipos de sais ($P < 0,05$) para a evapotranspiração da cultura (Figura 2).

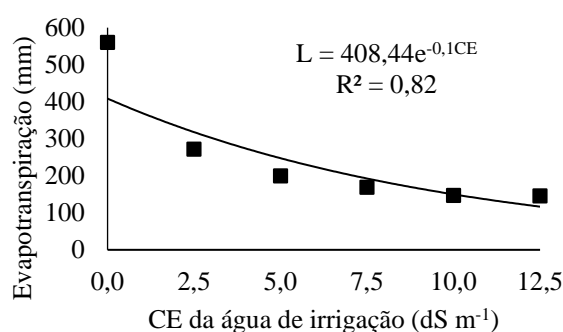


Figura 2. Evapotranspiração da cultura no feijão-caupi irrigado com água salina em função da condutividade elétrica da água de irrigação

A diminuição da gs com o aumento da CE da água de irrigação, indica mais estômatos fechados em relação a CEa 0 dS m^{-1} . Consequentemente menor é a transpiração da planta, o que contribui para a diminuição do processo de evapotranspiração. Silva et al. (2013) e Souza et al. (2014) verificaram que o aumento da concentração salina das águas também afetou a condutância estomática, diminuindo a transpiração da cultura do feijão-caupi.

A evapotranspiração da cultura diminuiu 67% em média com desvio padrão de 9%. Na CE $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ essa diminuição foi de 51% e na CE $12,5 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 74%.

Uma redução brusca já na CE mais baixa com tratamento salino indicando que os efeitos da salinidade foram cumulativos sobre a gs e resultaram na diminuição da evapotranspiração.

Essa diminuição da gs e da evapotranspiração resultou em alterações no acúmulo de massa e de água pela planta, como corroboram os dados de massa específica e suculência foliar.

EFEITO DO ESTRESSE SALINO E DA COMPOSIÇÃO IÔNICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO CAUPI

A massa específica e a suculência foliar não apresentaram diferença significativa para os tipos de sais ($P < 0,05$) (Figura 3).

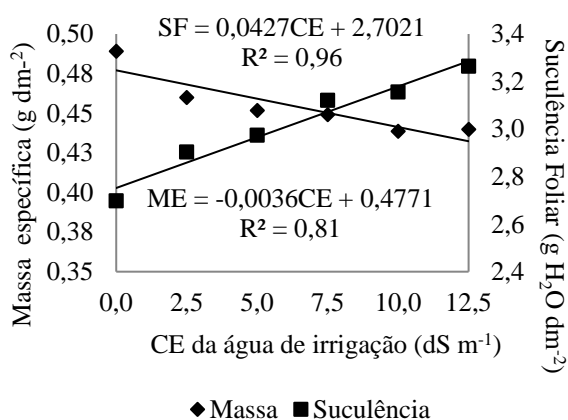


Figura 3. Massa específica e suculência foliar no feijão-caupi em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

As CEa 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 dS m⁻¹ ocasionaram redução da massa específica foliar de 6, 8, 8, 10 e 10% no feijão-caupi respectivamente. Para a suculência foliar ocorreu aumento desse parâmetro com o aumento da CEa da ordem de 8, 10, 16, 17 e 21% respectivamente para as mesmas CEa.

A diminuição da massa específica foliar e o aumento da suculência em feijão-caupi cultivados com água salina também foi observado por diversos autores Lacerda et al. (2006) e Trindade et al. (2006). A diminuição da matéria seca é indicativo do decaimento da massa da planta com o aumento da CEa. Para a suculência os valores maiores observados com o aumento da salinidade é importante para diluir a concentração de sais no tecido foliar evitando o efeito tóxico do acúmulo de sais em condições de salinidade. O aumento da suculência indica capacidade de adaptação ao estresse (SILVEIRA et al., 2009).

CONCLUSÃO

Aos 20 e 24 dias após o plantio a salinidade provocou diminuição da condutância estomática no feijão-caupi em função do acréscimo da condutividade elétrica da água de

irrigação e de forma diferente para NaCl e para a mistura de sais.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação provoca diminuição da evapotranspiração da cultura em feijão-caupi.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação provoca diminuição da massa específica foliar e inversamente o aumento da suculência foliar em feijão-caupi.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o auxílio financeiro do CNPq (Projeto Universal nº 473817/2013-6) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE.

BIBLIOGRAFIA

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água para irrigação**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BARROS, M. A.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.48, n.4, p.403-410, 2013.
- CAVALCANTI, F. J. A. (Ed.) **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 2 ed. rev. Recife: IPA, 1998. 147 p.
- DELF, E. M. Transpiration in succulent plants. **Annals of Botany**, v.2, s.n., p.409-442, 1912.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013. 353 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. D. M.; SILVA, K.; NOGUEIRA, M.; Rodrigues, E. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. **IV Reunião nacional de Biofortificação**. Teresina, PI. 2011.
- KRONZUCKER, H. J.; BRITTO, D. T. Sodium transport in plants: a critical review. **New Phytologist**, v.189, n.1, p.54-81, 2011.
- KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.5, p.775-781, 2012.
- LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, J. O.; LEMOS FILHO, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; GUIMARÃES, F. V. A.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, n.4, p.455-465, 2006.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**. v.2, n.2, p.79-86. 2007.
- MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, n.1, p.9-14, 1999.
- MUDGAL, V.; MADAAN, N.; MUDGAL, A. Biochemical Mechanisms of Salt Tolerance in Plants: A Review. **International Journal Botany**, v.6, n.2, p.136-143, 2010.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. D. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.853-860, 2011.
- OLIVEIRA, W. J. D.; SOUZA, E. R. D.; CUNHA, J. C.; SILVA, Ê. F. D. F.; VELOSO, V. D. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.32-37, 2017.
- PÉREZ-LÓPEZ, U.; ROBREDO, A.; LACUESTA, M.; MENA-PETITE, A.; MUÑOZ-RUEDA, A. Elevated CO₂ reduces stomatal and metabolic limitations on photosynthesis caused by salinity in *Hordeum vulgare*. **Photosynthesis research**, v. 111, n.3, p.269-283, 2012.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. 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.
- QADIR, M.; TUBEILEH, A.; AKHTAR, J.; LARBI, A.; MINHAS, P. S.; KHAN, M. A. Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. **Land degradation & development**, v.19, n.4, p.429-453, 2008.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p.
- RODRIGUES, C. R. F.; SILVA, E. N.; MOURA, R. M.; ANJOS, D. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; VIÉGAS, R. A. Physiological adjustment to salt stress in *R. communis* seedlings is associated with a probable mechanism of osmotic adjustment and a reduction in water lost by transpiration. **Industrial Crops and Products**, v.54, n.1, p.233-239, 2014.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas

EFEITO DO ESTRESSE SALINO E DA COMPOSIÇÃO IÔNICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO SOBRE
VARIÁVEIS MORFOFISIOLÓGICAS DO FEIJÃO CAUPI

e produtividade de feijão-caupi. **Irriga**, v.18, n.2, p.304-317, 2013.

SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÉGAS, R. A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex numulária*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, n.1, p.1-8, 2009.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. 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.

THOMAS, G. W. Exchangeable cations. In: *Methods of soil analysis. Part-2 chemical*

methods. American Society of Agronomy, p.159-165, 1982.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. D.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A.; PRISCO, J. T. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.804-810, 2006.

VIJAYKUMAR, A.; SAINI, A.; JAWALI, N. Phylogenetic analysis of subgenus *Vigna* species using nuclear ribosomal RNA ITS: evidence of hybridization among *Vigna unguiculata* subspecies. **Journal of Heredity**, v.101, n.2, p.177-188, 2010.