
Trocas gasosas e crescimento inicial de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. mantidas sob condições de salinidade

Gas exchange and initial growth of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. plants under salinity conditions

George Martins de França^{1*}, Antonio Lucineudo de Oliveira Freire¹, Cheila Deisy Ferreira¹, Ivonete Alves Bakke¹, Débora Raquel dos Santos Ferreira França¹

Received: 2023-01-03 | Accepted: 2023-02-05 | Published: 2023-02-13

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento fisiológico e crescimento de mudas de jurema-preta sob condições de salinidade. O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/UFCG, com as plantas mantidas em vasos de 'Leonard'. Os tratamentos de salinidade foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹) e quatro repetições. A salinização da solução foi alcançada através da adição de uma mistura dos sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O. Ocorreu decréscimo progressivo na altura das plantas, diâmetro do caule, taxa de crescimento relativo, teor relativo de água, condutância estomática, taxa de transpiração, taxa de fotossíntese na produção de massa seca das plantas à medida que a CE da solução aumentou. A transpiração mostrou-se menos sensível à salinidade do que a condutância estomática e a fotossíntese das mudas. Dentre os parâmetros de crescimento, as raízes foram as mais afetadas pela salinidade.

Palavras-chave: Estresse salino; Semiárido; Condutividade elétrica

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the physiological behavior and growth of jurema-preta seedlings under salinity conditions. The experiment was conducted at the Forestry Nursery of the Academic Unit of Forestry Engineering/UFCG, with the plants kept in 'Leonard' pots. The salinity treatments were distributed in a completely randomized design, with five levels of electrical conductivity (EC) of the nutrient solution (0.5; 2.0; 3.5; 5.0 and 6.5 dS m⁻¹) and four repetitions. The salinization of the solution was achieved by adding a mixture of NaCl, CaCl₂.2H₂O and MgCl₂.6H₂O salts. There was a progressive decrease in plant height, stem diameter, relative growth rate, relative water content, stomatal conductance, transpiration rate, photosynthesis rate in the dry mass production of the plants as the EC of the solution increased. Transpiration was less sensitive to salinity than stomatal conductance and seedling photosynthesis. Among the growth parameters, the roots were the most affected by salinity.

Keywords: Salt stress; Semiarid; Electrical conductivity

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, PB.

*E-mail: georege.martins.aurora9@gmail.com

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 33% da superfície da Terra é ocupada por regiões áridas e semiáridas, caracterizadas por períodos de escassez hídrica, seja decorrente da baixa precipitação pluviométrica ou da distribuição irregular das chuvas, além das altas temperaturas, que possibilitam uma grande demanda evaporativa. Além desses fatores, tem-se a salinidade do solo, que afeta cerca de mais de 397 milhões de hectares de terra, representando aproximadamente 3,1% da área total do planeta (FAO/AGL, 2000). No entanto, esse problema está se agravando devido ao aquecimento global, que tem causado aumento na evaporação da água dos oceanos e elevação no nível do mar, e a diferentes ações antrópicas, como a utilização de água rica em sais, imprópria para a irrigação (PARIHAR et al., 2015; TAHJIB-UL-ARIF et al., 2018).

A presença de áreas salinas, no Brasil, é verificada mais frequentemente nas regiões dos perímetros irrigados da região Nordeste (SÁ, 2016). Esse excesso de sais afeta o estabelecimento e o crescimento das plantas devido à retenção de água no solo, tornando-a cada vez menos acessível às plantas, além do efeito tóxico de alguns íons no protoplasma. Além disso, interfere na nutrição mineral das plantas, afetando negativamente as atividades dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes (FARIAS et al., 2009). A tolerância ao estresse salino requer o desenvolvimento de uma série de adaptações integradas envolvendo sistemas celulares, metabólicos e bioquímicas que promovam a retenção e/ou a aquisição de água, resguardando as funções fotossintéticas e conservando a homeostase iônica (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

A adoção de técnicas e/ou práticas de recuperação de solos salinos é, na maioria das vezes, inviável economicamente (BESSA, 2012) e o plantio de espécies arbóreas que tolerem estas condições de sais se constitui em uma alternativa viável (COSTA JÚNIOR, 2011). Tal procedimento atenderia a dois objetivos principais, tais como a revegetação e a reintegração de áreas com salinidade e a produção de biomassa visando a recuperação da fertilidade e dos atributos físicos desses solos.

No entanto, para que se obtenha sucesso ao se adotar essa alternativa, é necessário que se conheçam os efeitos da salinidade na espécie a ser empregada, bem como a sua capacidade de crescer sob essa condição adversa. Além disso, é essencial que se utilize espécies típicas da região afetada pela salinidade, uma vez que elas já estão adaptadas às suas condições edafoclimáticas.

A jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.), da família Fabaceae, planta típica da região semiárida do Brasil, é uma espécie pioneira que possui uso múltiplo e elevada capacidade de se desenvolver em ambientes áridos e degradados (BEZERRA et al., 2011; AZEVÊDO et al., 2012; ROQUE; LOIOLA, 2013).

Em virtude da sua tolerância à seca, poderia ser avaliada no sentido de revegetar áreas afetadas pela salinidade, visando tanto a sua recuperação através da deposição de massa seca com

a queda das folhas e pelo sistema radicular das plantas, penetrando na camada quase impermeável formada pelo excesso de sais, possibilitando a lixiviação dos sais. Em se obtendo sucesso na adoção dessa alternativa, haveria uma diminuição na pressão sobre a vegetação de outras áreas existentes, reduzindo o desmatamento e a degradação tão evidente e marcante na Caatinga. No entanto, é necessário que se conheça o grau de tolerância dessa espécie à salinidade e, em virtude da carência de informações a esse respeito, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de verificar o crescimento, produção de massa seca e as trocas gasosas de mudas de jurema-preta, sob condições de salinidade da solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/UFCG), *Campus* de Patos – PB, coordenadas geográficas 7°1'28'' S e 37°16'48'' O, e 242 m de altitude.

As sementes de jurema-preta, provenientes de matrizes crescendo no *Campus* de Patos/UFCG, foram selecionadas quanto ao tamanho e sanidade, desinfestadas com hipoclorito de sódio a 5%, durante 5 minutos e lavadas com água destilada para retirada do excesso do hipoclorito. Em seguida foram submetidas à quebra da dormência tegumentar em água quente (85 °C) por 30 segundos (BAKKE et al., 2006) e colocadas para germinar nos vasos de Leonard, confeccionados com garrafas plásticas tipo Pet (2,5 L), contendo areia grossa lavada (1,5 kg) como suporte para as plantas.

Aos 10 dias após a emergência (DAE) passou-se a substituir a água pela solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) (meia força iônica) e aos 30 DAE realizou-se o desbaste, deixando-se a plântula mais vigorosa, procurando-se a uniformidade quanto ao tamanho e diâmetro do coleto.

O experimento foi distribuído em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em soluções nutritivas com condutividades elétricas (CE) de 0,5 (Controle); 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹, as quais foram obtidas através da adição de uma mistura de sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O à solução nutritiva, mantendo-se a proporção 7:2:1 (OLIVEIRA et al., 2015), calculadas de acordo com a fórmula de Rhoades et al. (2000) (mmolc L⁻¹ = CEa × 10).

Os tratamentos de salinidade tiveram início aos 60 DAE, com as soluções sendo trocadas semanalmente a fim de se manter o nível de salinidade e a adequada concentração de nutrientes.

No início (60 DAE) e no final (210 DAE) dos tratamentos salinos foram realizadas as medições da altura das plantas, correspondendo às alturas inicial (AI) e final (AF), respectivamente, utilizando-se régua graduada. De posse desses dados foi calculada a taxa de

crescimento relativo (TCR), através da equação $TCR = (LnAF - LnAI) / \Delta t$, sendo que Δt corresponde ao intervalo de tempo entre as medições. O diâmetro do caule, medido a um centímetro do nível do substrato, foi mensurado aos 210 DAE com auxílio de paquímetro digital.

Para a determinação do TRA, quatro folhas por repetição foram colhidas e levadas rapidamente ao laboratório, submetidas à pesagem para a determinação do peso da matéria fresca (MF). Em seguida foram colocados em placas de Petri, sob folha de papel de filtro embebidas em água e mantidos em geladeira (5°C) por 72 horas. Decorrido esse período, foram retiradas e secas levemente com papel absorvente e pesadas, obtendo-se o peso da matéria túrgida (MT). Posteriormente, levadas para secagem em estufa à temperatura de 65 °C durante 72 horas, e submetidas à pesagem para a determinação do peso da matéria seca (MS). O teor relativo de água foi calculado de acordo com a equação $TRA = (MF - MS) / (MT - MS) \times 100$.

A condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), concentração intercelular de CO₂ (C_i) e taxa de fotossíntese (A) foram analisadas utilizando-se o analisador portátil de fotossíntese LCpro-SD (IRGA) (ADC BioScientific Ltd.). Essas leituras foram realizadas em folhas completamente expandidas inseridas no segundo ou terceiro nó a partir do ápice das plantas, entre 10:00 e 11:00 horas da manhã (Figura 2), com a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) do equipamento ajustada para 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Ao final do experimento as plantas foram cortadas, separadas em folhas e caule, as raízes foram lavadas sobre peneira em água corrente. Em seguida, todo o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel, colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 65 °C, durante 72 horas, posteriormente submetidos à pesagem, determinando-se assim o peso da matéria seca desses componentes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

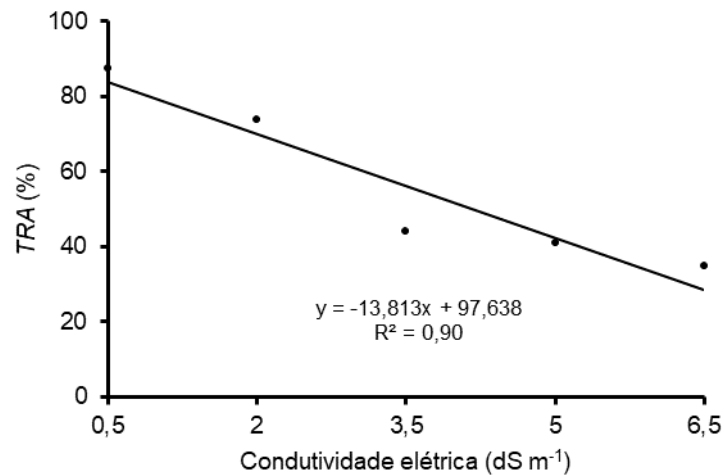
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor relativo de água e parâmetros estomáticos

Aumento na salinidade da solução causou reduções lineares no teor relativo de água (TRA) (Figura 1). Ocorreu decréscimo de 16% e 24% no TRA quando se comparou o tratamento controle (0,5 dS m^{-1}) com os tratamentos 2,0 e 3,5 dS m^{-1} , respectivamente. Aumento na salinidade para 5,0 e 6,5 dS m^{-1} intensificou esses efeitos, chegando 53% e 60% de redução. Percebe-se, então, o efeito negativo de níveis elevados de salinidade na manutenção da hidratação

das mudas de jurema-preta, pois sob tais condições o *TRA* foliar decresceu mais da metade do valor obtido nas plantas mantidas em condições não salinas.

Figura 1 – Teor relativo de água (*TRA*) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva

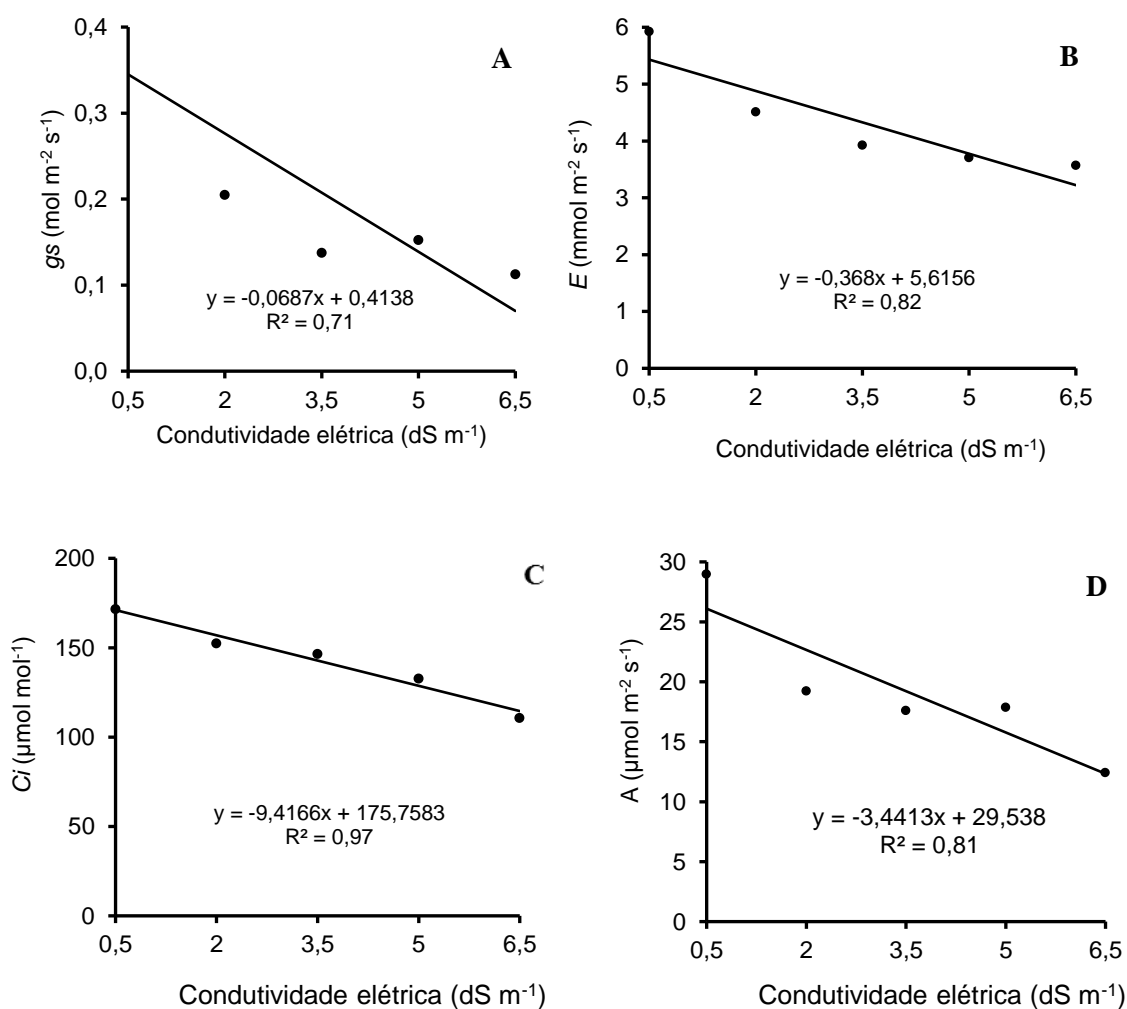


Os efeitos da salinidade na condutância estomática (Figura 2A) foram bastante expressivos, com decréscimos de 55%, 82% e 92%, respectivamente, nos tratamentos CE 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹, em relação ao controle, significando forte influência dos níveis de sal no comportamento estomático. Esse fator refletiu diretamente nos parâmetros transpiração (*E*) (Figura 4B), concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) (Figura 4C) e taxa de fotossíntese (*A*) (Figura 4D). Em relação à transpiração, verificou-se diminuição de 5,9 mmol m⁻² s⁻¹ (tratamento controle) para 4,5 mmol m⁻² s⁻¹ (2,0 dS m⁻¹), 3,9 mmol m⁻² s⁻¹ (3,5 dS m⁻¹), 3,7 mmol m⁻² s⁻¹ (5,0 dS m⁻¹) e 3,6 mmol m⁻² s⁻¹ (CE 6,5 dS m⁻¹), representando depleção de 24%, 34%, 37% e 39%, respectivamente. A concentração intercelular de CO₂ decresceu linearmente em função da salinidade, porém em percentuais menores do que os verificados na transpiração. Em comparação com as plantas do tratamento controle, ocorreram reduções de 11%, 15%, 23% e 35% respectivamente nos tratamentos 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹. Quanto à fotossíntese, o efeito da salinidade foi mais intenso, com decréscimos de 34%, 39%, 38% e 57% à medida que se elevou a quantidade de sal na solução nutritiva.

O decréscimo nos parâmetros acima relatados (Figura 4) podem ser decorrentes dos efeitos osmóticos dos sais adicionados à solução nutritiva, reduzindo assim a disponibilidade de água e, conseqüentemente, a absorção de água pelas plantas, promovendo assim diminuição no *TRA* (Figura 3). A ocorrência da provável redução no potencial hídrico (Ψ_w) nas raízes em decorrência do acúmulo de sais em torno delas proporcionou aumento na sinalização química entre essas e a parte aérea, promovendo aumento na síntese e transporte de ácido abscísico (ABA)

para as folhas (JAMES et al., 2002). Ao chegar nas células-guarda, esse liga-se a receptores de ABA (JULKOWSKA; TESTERINK, 2015; FERNANDO; SCHROEDER, 2016; COTELLE; LEONHARDT, 2019), ativando o canal de efluxo aniônico, resultando no fechamento estomático (HEDRICH; SHABALA, 2018).

Figura 2 – Condutância estomática (g_s) (A), taxa de transpiração (E) (B), concentração intercelular de CO_2 (C_i) (C) e taxa de fotossíntese (A) (D) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva



Em decorrência de menor fluxo de CO_2 para o sítio de carboxilação da Rubisco, resultante do fechamento estomático, ocorreu decréscimo na fotossíntese das plantas. Redução progressiva em g_s , E , C_i e A em função do aumento na salinidade também foram verificadas em estudos com outras espécies, a exemplo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp (SOUZA et al., 2011), *Sorghum bicolor* L. (NETONDO; ONYANGO; BECK, 2004), *Avena sativa* L. (ZHAO; MA; REN, 2007), *Psidium guajava* L. (TÁVORA; FERREIRA; HERNANDEZ, 2001) e *Citrus limonea* (L.) Osbeck (CRUZ et al., 2003).

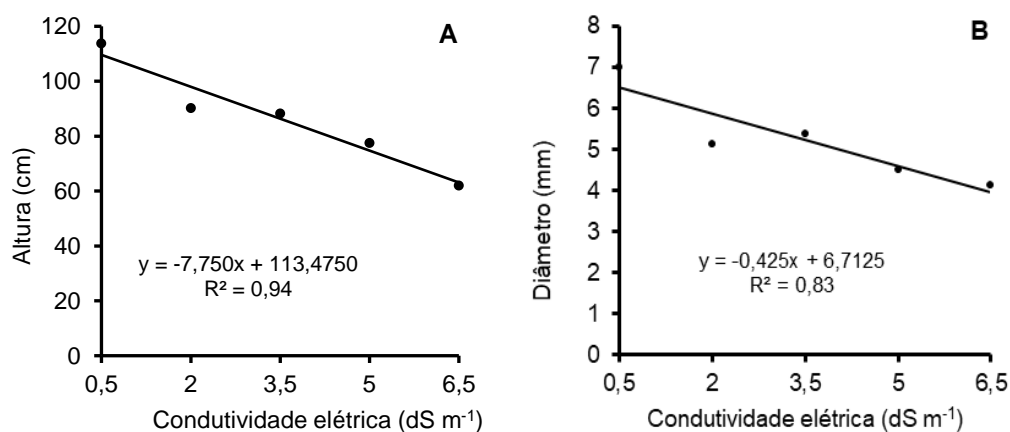
No entanto, aspectos não estomáticos resultantes da salinidade devem ser considerados, uma vez que aumento na concentração de sais pode causar danos no aparato fotossintético das plantas, diminuindo a eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII) (FREIRE et al., 2014), com redução na sua eficiência quântica potencial (SILVA et al., 2010; CHA-UM; KIRDMANEE, 2011; SILVA et al., 2011; TAVAKKOLI et al., 2011; FREIRE et al., 2014), além de reduções nos pigmentos fotossintéticos (TAVAKKOLI et al., 2011) e na razão Fv/Fm e degradação de componentes proteicos dos fotossistemas (FALQUETTO et al., 2007).

Outro fator que deve ser considerado é a toxicidade ou desbalanço iônico, pois tem sido demonstrada limitação da fotossíntese devido ao acúmulo de íons tóxicos nas células foliares (GREENWAY; MUNNS, 1980; TAVAKKOLI et al., 2011).

Crescimento e produção de massa seca das plantas

A salinidade causou redução linear na altura das plantas e no diâmetro do caule (Figura 3), apresentando comportamentos semelhantes quanto aos percentuais de redução em relação ao tratamento controle. A altura das plantas submetidas aos níveis CE 2,0, 3,5, 5 e 6,5 dS m⁻¹ reduziu cerca de 21%, 22%, 32% e 45%, respectivamente, em relação ao tratamento controle, tiveram crescimento máximo de 125 cm ao final do experimento (210 DAE). No diâmetro do caule, seguindo-se a mesma comparação, ocorreram decréscimos de 27%, 23%, 36% e 41% nos valores.

Figura 3 – Altura (A) e Diâmetro do Caule (B) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva

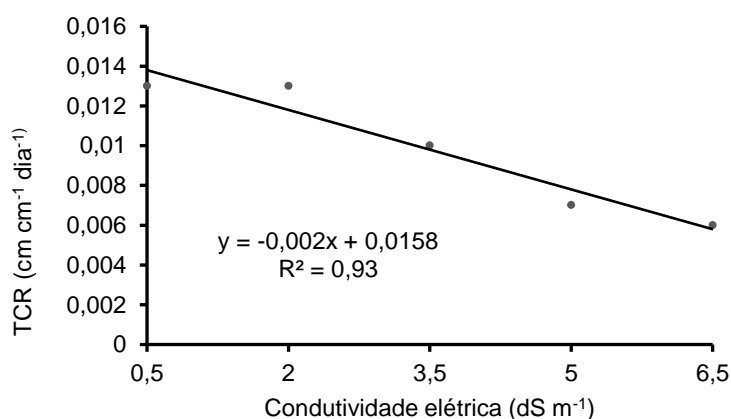


Redução na altura e diâmetro do caule em função da salinidade é um dos efeitos mais visíveis e relatados na literatura, independentemente de serem plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas. Em *Ricinus comunis* L., Cavalcanti et al. (2005) verificaram decréscimo linear no número de folhas, diâmetro do caule, altura de planta e fitomassa da parte aérea, com aumento da

salinidade. Em *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (SILVA et al., 2009) e *Erythrina velutina* Willd. (SILVA et al., 2019) a salinidade afetou negativamente a altura da planta e o diâmetro do coleto. Resultados semelhantes foram obtidos em vários genótipos de porta-enxertos de citros (BRITO et al., 2014) e em *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz (BEZERRA et al., 2020).

Quanto à TCR (Figura 4), não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos controle e CE 2,0 dS m⁻¹, ocorrendo redução linear a partir desse, com decréscimos, em relação ao controle, 23%, 46% e 54%, nas plantas submetidas à salinidade de CE 3,5, 5,0 e 6,5 dS m⁻¹.

Figura 4 – Taxa de crescimento relativo (TCR) das mudas de jurema-preta aos 210 DAE, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva



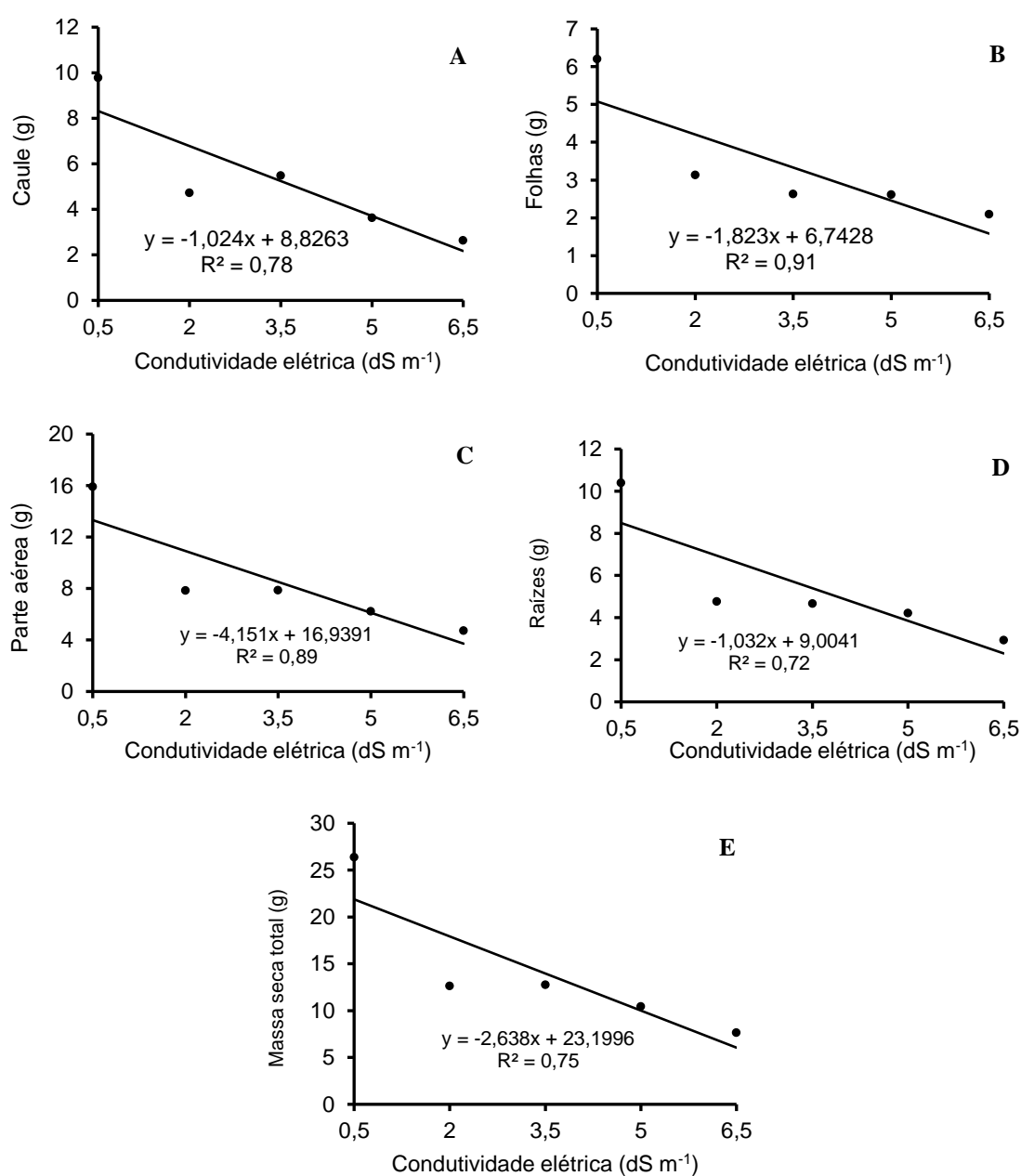
Analisando os efeitos da salinidade no crescimento de duas espécies das palmeiras *Chamaerops humilis* L. e *Washingtonia robusta* H. Wendl., Nieves et al. (2011) relataram decréscimo na TCR das plantas, atribuindo esses resultados ao decréscimo na taxa assimilatória líquida. Conclusões semelhantes foram obtidas em plantas de citros (CÁMARA-ZAPATA; NIEVES; CERDÁ, 2003, 2004).

O aumento nos níveis de salinidade impostos e seus efeitos na fotossíntese resultaram em decréscimo na produção de massa seca das plantas (Figura 5). Comparando-se as plantas controle com aquelas submetidas aos dois níveis mais elevados de salinidade, verifica-se decréscimo de 61% e 70% na massa seca da parte aérea, respectivamente nos tratamentos CE 5,0 e 6,5 dS m⁻¹, enquanto que nas raízes, os valores obtidos foram 60% (CE 5,0 dS m⁻¹) e 72% (CE 6,5 dS m⁻¹). Percebe-se comportamento idêntico desses componentes em relação à salinidade, com um efeito um pouco maior nas raízes na salinidade a CE 6,5 dS m⁻¹. Dentre os componentes da parte aérea analisados, o efeito mais prejudicial da salinidade foi verificado no caule, com redução de 73% na sua massa seca quando exposta ao nível mais elevado de salinidade.

Em decorrência dos efeitos negativos na massa seca da parte aérea e das raízes em função da salinidade, a produção de massa seca total também decresceu 52% (CE 2,0 dS m⁻¹), 51% (CE 3,5 dS m⁻¹), 61% (CE 5,0 dS m⁻¹) e 71% (CE 6,5 dS m⁻¹).

Redução na produção de massa seca das folhas, da parte aérea e das raízes foi verificada em mudas de *Eucalyptus grandis* (W. Hill) (MARCAR et al., 2002) e *Cordia rothii* Roem. & Schult. (RAMOLIYA; PANDEY, 2003). Silva et al. (2009), em *Mimosa caesalpinifolia* Benth., constataram, para cada incremento de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ na salinidade da água de irrigação, decréscimo de 16,79% na massa seca da parte aérea das plantas. Da mesma forma, Farias et al. (2009), em *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), verificaram reduções de matéria seca total para os tratamentos que receberam sais, quando comparado ao tratamento sem adição de sal.

Figura 5 – Massa seca do caule (A), massa seca das folhas (B), massa seca parte aérea (C), massa seca das raízes (D) e massa seca total (E) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva



Comportamento semelhante foram verificados por Bessa et al. (2017) que, ao analisar os efeitos da salinidade em seis espécies da Caatinga (*Myracrodruon urundeuva* Fr Allemao, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), *Bauhinia unguiculata* L., *Erythrina velutina* Willd., *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Luetzelburgia auriculata* (Allemao) Ducke), obtiveram plantas com menor produção de massa seca do que as mantidas sob condições não salinas.

Diversos aspectos afetam negativamente o crescimento e a produção de massa seca das plantas quando mantidas sob condições salinas. Um deles é o efeito osmótico, em que concentrações elevadas de sais no solo diminuem a absorção de água por promover elevação da pressão osmótica do meio e consequente redução na disponibilidade de água às plantas, afetando a divisão e alongamento celular, interferindo negativamente na emissão de folhas e, conseqüentemente, no crescimento das mudas (MUNNS; TESTER, 2008; SILVA et al., 2011; PLAZEK et al., 2013).

Os efeitos osmóticos do estresse salino, acima relatados, são tidos como efeitos primários, enquanto os efeitos secundários são causados pelo desequilíbrio iônico, resultando na inativação de enzimas, redução na absorção de nutrientes, estresse oxidativo devido à produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS) (MUNNS; TESTER, 2008; NAZAR et al., 2011; KHAN et al., 2012). Esses últimos desencadeiam a peroxidação lipídica, danos ao DNA e inibição da fotossíntese (NAZAR et al., 2011). Esses aspectos, associados à toxidez de íons pela absorção excessiva de Na e Cl e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e/ou distribuição dos nutrientes (MUNNS; TESTER, 2008), causam redução no crescimento das plantas.

O fechamento estomático e as concomitantes diminuições na g_s (Figura 2A), C_i (Figura 2C) e A (Figura 2D), resultaram em redução na produção de assimilados e, conseqüentemente, no crescimento (Figuras 3 e 4) e produção de massa seca (Figura 5) das plantas de jurema-preta em função da salinidade. Além disso, aspectos relacionados à redução na atividade fotoquímica das plantas em decorrência Tais aspectos são amplamente relatados na literatura, mostrando a salinidade afetando a fotossíntese, a produção de massa seca e o crescimento das plantas devido à restrição da difusão do CO_2 para o interior do cloroplasto via limitação na abertura estomática, mediada por hormônios (ABA) produzidos pelas raízes e transportados para a parte aérea (NETONDO; ONYANGO; BECK, 2004; ZHAO et al., 2007; SOUZA et al., 2011; FARIA, 2017). Com isso, ocorrem alterações em várias reações bioquímicas e processos fisiológicos, como fotossíntese, metabolismo antioxidante e atividades enzimáticas (JUAN et al., 2005; KHAN et al., 2010; SIDDIQUI et al., 2010).

Como resultado desses efeitos, interferindo na absorção de água e íons, assim como no metabolismo dos açúcares, ocorre redução no crescimento e na produção das plantas (SERRATO VALENTI et al., 1991). Não apenas a área foliar diminui em função da salinidade, mas também a fixação líquida do CO_2 por unidade de área foliar, enquanto a respiração aumenta, promovendo

redução drástica na assimilação líquida de CO₂ por unidade de área foliar por dia. Menores taxas de fixação líquida de CO₂ podem ser causadas por deficiência hídrica, fechamento parcial dos estômatos e perda de turgescência das células do mesófilo, devido ao acúmulo de sais no apoplasto, ou efeitos tóxicos de íons (MARSCHNER, 1995).

CONCLUSÕES

- A salinidade promoveu o fechamento dos estômatos, reduzindo todos os parâmetros estomáticos analisados, sendo a transpiração das plantas menos afetado pela salinidade;
- Aumento na salinidade afetou negativamente a altura, o diâmetro e a produção de massa seca das mudas de jurema-preta.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, S. M. A.; BAKKE, I. A.; BAKKE, A. O.; FREIRE, A. L. O. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 150-160, 2012.
- BAKKE, I. A.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.
- BESSA, M. C. **Estabelecimento de plantas nativas da caatinga em um gradiente de salinidade do solo, sob condições controladas**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 157-165, 2017.
- BEZERRA, D. A. C.; RODRIGUES, F. F. G.; COSTA, J. G. M.; PEREIRA, A. V.; RODRIGUES, O. G.; SOUSA, E. O. Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum. Biological Science**, v. 33, n. 1, p. 99-106, 2011.
- BEZERRA, L. T.; SANTOS, A. R. C. S.; FARIAS, A. S.; SOUTO, P. C.; FERREIRA, V. M.; NETO, J. C. A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Libidibia ferrea* (Mart. exTul) em diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1126-1140, 2020.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 17 – 27, 2014.
- CÁMARA-ZAPATA, J. M.; NIEVES, M.; CERDÁ, A. 2003. Improvement in growth and salt resistance of lemon (*Citrus limon*) trees by an interstock-induced mechanism. **Tree Physiology**, v. 23, p. 879–888, 2003.

CÁMARA-ZAPATA, J. M.; NIEVES, M.; CERDÁ, A. 2004. Interstock-induced mechanism of increased growth and salt resistance of orange (*Citrus sinensis*) trees. **Tree Physiology**, v. 24, p. 1109–1117, 2004.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 57-61, 2005.

CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 4, p. 406-410, 2011.

COSTA JÚNIOR, J. E. V. **Crescimento, acúmulo de massa seca e de solutos orgânicos em plantas de faveleira (*Cnidioscolus quercifolius* Pohl et Baile) crescidas em solução salina**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos PB, 2011. 31 p.

COTELLE, V.; LEONHARDT, N. ABA signaling in guard cells. **Advances in Botanical Research**, v. 92, p.115-170, 2019.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; DIAS, A. T.; PAES, R. A. Produção e partição de matéria seca e abertura estomática do limoeiro ‘cravo’ submetido a estresse salino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 528-531, 2003.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeitos da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 6, 2008.

FAO/AGL. More information on Salt-affected soils | FAO SOILS PORTAL | Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2000. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/>. Acesso em 10 nov 2022.

FARIA, G. F. A. F. **Aspectos ecofisiológicos de espécies lenhosas nativas da Caatinga associadas a fungos micorrízicos arbusculares sob condições de seca e salinidade**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

FARIAS, S. G. G. D.; SANTOS, D. R. D.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 1499-1505, 2009.

FERNANDO, V. C. D.; SCHROEDER, D. F. Role of ABA in Arabidopsis salt, drought, and desiccation tolerance. IN: SHANKER, A. K.; SHANKER, C. **Abiotic and biotic stress in plants**. Cap. 22. 2016. pp. 507-524.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149–190, 1980.
- HEDRICH, R.; SHABALA, S. Stomata in a saline world. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 46, p. 87-95, 2018.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. California Agriculture Experimental Study. 1950 (Circular, 347).
- JAMES, R. A.; RIVELLAR, R.; MUNNS, R.; VON CAEMMERER, S. Factors affecting CO₂ assimilation leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat. **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 1393-1403, 2002.
- JUAN, M.; RIVERO, R. M.; ROMERO, L.; RUIZ, J. M. Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, v. 54, p. 193–201, 2005.
- JULKOWSKA, M. M.; TESTERINK, C. Tuning plant signaling and growth to survive salt. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 9, p. 586-594, 2015.
- KHAN, M. I. R.; SYEED, S.; NAZAR, R.; ANJUM, N. A. An insight into the role of salicylic acid and jasmonic acid in salt stress tolerance. In: KHAN, N.; NAZAR, R.; IQBAL, N.; ANJUM, N. (eds). **Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants**. Berlin: Springer, 2012.
- KHAN, M. N.; SIDDIQUI, M.; MOHAMMAD, F.; NAEEM, M.; KHAN, M. M. Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 32, p. 121-132, 2010.
- MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; SAUNDERS, A.; MATHESON, A. C; ARNOLD, R. A. Genetic variation among and within provenances and families of *Eucalyptus grandis* W. Hill and E. globulus Labill. subsp. globulus seedlings in response to salinity and waterlogging. **Forest Ecology and Management**, v. 162, p.231–249, 2002.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Reviews Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.
- NAZAR, R.; IQBAL, N.; SYEED, S.; KHAN, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mungbean cultivars. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, p. 807-815, 2011.
- NETONDO, G. W.; ONYANGO, J. C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v. 44, n. 03, p. 806-811, 2004.
- NIEVES, M.; NIEVES-CORDONES, M.; POORTER, H.; SIMÓN, M. D. Leaf nitrogen productivity is the major factor behind the growth reduction induced by long-term salt stress. **Tree Physiology**, v. 31, p. 92–101, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; RÉGIS, L. R. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 4056–4075, 2015.

RAMOLIYA, P. J.; PANDEY, A. N. Effect of salinization of soil on emergence, growth and survival of seedlings of *Cordia rothii*. **Forest Ecology and Management**, v. 176, n. 1–3, p. 185–194, 2003.

ROQUE, A. A.; LOIOLA, M. I. B. Potencial de uso dos recursos vegetais em uma comunidade rural no Semiárido Potiguar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p.88-98, 2013.

SÁ, F. V. S. **Morfofisiologia de plantas de feijão-caupi sob estresse salino e adubação fosfatada**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

SERRATO VALENTI, G.; FERRO, M.; FERRARO, D.; RIVEROS, F. Anatomical changes in *Prosopis tamarugo* Phil. seedlings growing at different levels of NaCl salinity. **Annals of Botany**, v. 68, p. 47-53, 1991.

SIDDIQUI, M.; MOHAMMAD, F.; KHAN, M. N.; AL-WHAIB, M. H.; BAHKALI, A. H. A. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. **Agricultural Sciences in China**, v. 9, p. 671–680, 2010.

SILVA, E. C. A.; COSTA, J. R. S.; COSTA, P. C. F.; ALCÂNTARA, A. M. A. C.; SANTOS, C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Salinidade na emergência e no crescimento inicial de mulungu. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2019.

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

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, F. L.; LACERDA, C. F. D.; SOUSA, G. G. D.; NEVES, A. L.; SILVA, G. L. D.; SOUSA, C. H. Interaction between water salinity and bovine biofertilizer on the cowpea plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.

SILVA, M. B. R.; VIÉGAS, R. A.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S. A. R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586-592, 2011.

TAVAKKOLI, E.; FATEHI, FOAD.; COVENTRY, S.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 6, p. 2189–2203, 2011.

TAHJIB-UL-ARIF, M. D.; ROY, P. R.; SOHAG, A. A. M.; AFRIN, S.; RADY M. M.; HOSSAIN, M. A. Exogenous calcium supplementation improves salinity tolerance in BRRI dhan28; a salt-susceptible high-yielding *Oryza sativa* cultivar. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 21, p. 383–394, 2018.

TÁVORA, F. J. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 39-46, 2001.

ZHAO, G. Q.; MA, B. L.; REN, C. Z. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence, and ion content of Naked oat in response to salinity. **Crop Science**, v. 47, p. 123-131, 2007.