



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS - PB



GEORGE MARTINS DE FRANÇA

**EFEITOS DA SALINIDADE NAS RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E NO
CRESCIMENTO DE MUDAS DE JUREMA-PRETA (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.)**

Patos - PB

2022

GEORGE MARTINS DE FRANÇA

EFEITOS DA SALINIDADE NAS RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JUREMA-PRETA (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.)

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Patos/PB, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

Patos - PB

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SISTEMOTECA/UFCG

F815e

França, George Martins de

Efeitos da salinidade nas relações hídricas, trocas gasosas e no crescimento de mudas de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.) / George Martins de França. – Patos, 2022.
40 f.

Orientador: Antonio Lucineudo de Oliveira Freire.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal.

1. Estresse salino. 2. Semiárido. 3. Condutividade elétrica. I. Freire, Antonio Lucineudo de Oliveira, *orient.* II. Título.

CDU 631.413..3

Bibliotecário-documentalista: Bárbara Costa – CRB-15/806

GEORGE MARTINS DE FRANÇA

EFEITOS DA SALINIDADE NAS RELAÇÕES HÍDRICAS, TROCAS GASOSAS E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JUREMA-PRETA (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.)

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Patos/PB, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Florestal.

APROVADA EM: 14 / 12 / 2022

Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire (UAEF/UFCG/CSTR)

Orientador

Profa. Dra. Ivonete Alves Bakke (UAEF/UFCG/CSTR)

1° Examinador

Profa. Dra. Cheila Deisy Ferreira (UAEF/UFCG/CSTR)

2° Examinador

Dedico...

*Este trabalho aos meus pais, **Cícera Martins e Luciano José de França**, dois agricultores que fizeram de tudo para a realização desse sonho. Esta vitória é fruto de todos os momentos que me motivaram a seguir em frente e daqueles que acreditaram na minha capacidade.*

Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda!

- Mario Sergio Cortella

AGRADECIMENTOS

A Deus, criador do céu e da Terra, por ter me concedido a vida, por todas as bênçãos e valiosas oportunidades, por me dar saúde e a minha família, por guiar meus caminhos ao longo dos cinco anos de curso e em toda minha vida. Obrigado Deus, por essa conquista!

Aos meus pais, Cícera Martins e Luciano José de França, por todo apoio, educação, humildade e respeito. Vocês merecem o mérito dessa conquista, sou eternamente grato.

A todos meus irmãos Cintia Luciely, Lucivânia, Germanio e Gerlândio, sempre me ajudando em tudo, principalmente nos momentos mais difíceis. São exemplos de pessoas para mim.

À minha esposa, amiga e companheira Débora Raquel, pessoa incrível, que sempre esteve ao meu lado, cuidando de mim e colaborando muito com a minha formação. Te amo de verdade! Aos seus pais Francisco e Raquel pelo apoio e todo carinho.

Aos meus sobrinhos que amo tanto Ludimyla, Keven e Raquel, formando minha família, motivo de continuar e enfrentar todas as batalhas.

Ao meu grande amigo Djavan, pelo que fez por mim, não medindo esforços para me ajudar a ingressar no curso de Engenharia Florestal, oferecendo sempre recepção. Também agradeço às suas irmãs Dinara e Daniele pelas orientações de estudos.

À minha família inteira – avós, tios (as), primos (as), padrinhos (as) pelo apoio e torcida por mim. Pelas palavras de motivação nos momentos difíceis e pelos momentos de alegria que vocês me proporcionaram. Amo todos vocês.

Ao professor orientador Antonio Lucineudo, por toda confiança, pela atenção e pelos conhecimentos repassados, orientação durante toda esta graduação e na realização deste trabalho, pelos conselhos e principalmente pela grande amizade que levarei para toda vida.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Ivonete Alves Bakke e Profa. Dra. Cheila Deisy Ferreira, pela disponibilidade e por todas as contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

Agradeço também a Profa. Dra. Naelza De Araújo Wanderley pelas ricas sugestões ao longo da disciplina de trabalho de conclusão de curso. Grato por tudo, professora.

A todos os professores do curso de Engenharia Florestal, que sem dúvidas fizeram parte da minha formação. Gratidão e respeito eternamente por todos.

À minha turma 2018.1, juntos vivenciamos momentos de alegria, aprendizado e muita luta. Vocês foram fundamentais e fazem parte desse vitória.

A todos da residência universitária (RUSAN), em especial aos amigos de quarto e de curso, Antonio Wesly, José Francisco e Rhonan Gustavo, pessoas que ajudaram durante diversos momentos.

A todos os funcionários da UFCG, *Campus Patos*, que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação.

Aos engenheiros florestais que me deram oportunidade de realizar estágios nas suas empresas – Manoel Carlos (ML Florestal), Raphael Almeida (Nordeste Reflore), Alexandre José (Conflora Engenharia), Oscar Marques (Flora Sertão) e a todos da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) de Patos. Agradeço pela confiança e oportunidades.

A todos, minha gratidão!

RESUMO

A salinidade do solo é um dos fatores mais limitantes ao crescimento das plantas e a habilidade das mesmas em sobreviver sob estas condições é importante para sua distribuição geográfica, produção florestal e agricultura nas regiões salinizadas. Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento fisiológico de mudas de jurema-preta sob condições de salinidade. O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/UFMG, 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 das soluções foi alcançada através da adição de uma mistura dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O. Aos 210 dias foram avaliados os parâmetros de altura e diâmetro das plantas, taxa de crescimento em altura, parâmetros estomáticos, teor relativo de água e produção de massa seca. A salinidade afetou negativamente as mudas de jurema-preta, reduzindo todos os parâmetros analisados. A transpiração mostrou-se menos sensível à salinidade do que a condutância estomática e a fotossíntese. Dentre os parâmetros de crescimento, as raízes apresentaram maior sensibilidade aos níveis de salinidade empregados.

Palavras-chave: Estresse salino; semiárido; condutividade elétrica.

ABSTRACT

Soil salinity is one of the most limiting factors for plant growth and their ability to survive under these conditions is important for their geographic distribution, forestry and agricultural production in salinized regions. This work aimed to verify the physiological behavior of 'jurema-preta' saplings under salinity conditions. The experiment was carried out in 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 replications. The salinity of the solution was achieved by adding a mixture of NaCl, CaCl₂.2H₂O, and MgCl₂.6H₂O salts. At 210 days, plant height and diameter parameters, height growth rate, stomatal parameters, relative water content and dry mass production were evaluated. The salinity affected the changes of 'jurema-preta', decreasing all the analyzed parameters. The transpiration rate was less sensitive to salinity than stomatal conductance and photosynthesis. Among the growth parameters, the roots showed greater sensitivity to the employees' salinity levels.

Keywords: Saline stress; semi-arid; electrical conductivities (EC).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detalhe dos vasos Leonard confeccionados.....	20
Figura 2 – Análise das trocas gasosas utilizando-se o IRGA.....	22
Figura 3 – Teor relativo de água (<i>TRA</i>) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.....	24
Figura 4 – Condutância estomática (<i>gs</i>) (A), taxa de transpiração (<i>E</i>) (B), concentração intercelular de CO ₂ (<i>Ci</i>) (C) e taxa de fotossíntese (<i>A</i>) (D) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.....	25
Figura 5 – Altura (A) e Diâmetro do Caule (B) das mudas de jurema-preta aos 210 DAE, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.....	27
Figura 6 – Taxa de crescimento relativo (<i>TCR</i>) das mudas de jurema-preta aos 210 DAE, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.....	28
Figura 7 – 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.....	29
Figura 8 – Aspecto das mudas de jurema-preta, em função dos tratamentos de salinidade, ao final do experimento.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Aspectos da região semiárida do Nordeste brasileiro e do bioma Caatinga.....	14
3.2 Jurema-preta (<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poir.).....	16
3.3 A salinidade e seus efeitos no metabolismo das plantas.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Material vegetal e condições de crescimento.....	20
4.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	21
4.3 Parâmetros avaliados.....	21
- Altura das mudas, diâmetro do caule e Taxa de crescimento relativo (<i>TCR</i>)	21
- Trocas gasosas.....	22
- Teor relativo de água (<i>TRA</i>)	22
- Produção de matéria seca.....	23
4.4 Análises estatísticas.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 Teor relativo de água e parâmetros estomáticos	24
5.2 Crescimento e produção de massa seca das plantas	27
6 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 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). Esse problema tem se agravado devido as mudanças climáticas, o 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).

Dessa forma, a sobrevivência das plantas sob condições salinas se constitui em um importante fator para sua distribuição geográfica e para a agricultura e crescimento de espécies florestais nas regiões salinizadas (COSTA JÚNIOR, 2011). A tolerância ao estresse salino requer o desenvolvimento de uma série de adaptações integradas envolvendo sistemas celulares, metabólicos e bioquímicos que promovam a retenção e/ou 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). Segundo esse autor, essa prática atenderia a dois objetivos principais, tais como a revegetação e a reintegração de áreas com salinidade e a

produção de biomassa e 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 semiáridos e degradados (BEZERRA *et al.*, 2011; AZEVÊDO *et al.*, 2012; ROQUE; LOIOLA, 2013).

Em virtude da sua tolerância à seca, pode ser empregada para 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 sua lixiviação. 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, bioma predominantemente da região semiárida do Nordeste.

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 a partir dos seguintes questionamentos: (a) qual o comportamento fisiológico de mudas de jurema-preta, sob condições de salinidade da solução nutritiva?; (b) quais os efeitos da salinidade no crescimento de mudas dessa espécie?¹

¹ Este trabalho é parte do Projeto desenvolvido pelo autor no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), apresentado à Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Estudar o comportamento de mudas de jurema-preta sob condições de salinidade.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o crescimento e a distribuição de massa seca das plantas mantidas sob salinidade, em solução nutritiva;
- Verificar os efeitos da salinidade nas trocas gasosas e eficiência no uso da água das mudas de jurema-preta;
- Contribuir para a ampliação do conhecimento acerca das potencialidades das espécies arbóreas nativas da Caatinga.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos da região semiárida do Nordeste brasileiro e do bioma Caatinga

No semiárido brasileiro as chuvas ocorrem geralmente com maior intensidade durante 3 a 4 meses por ano, com predominância entre fevereiro e maio, porém com grande irregularidade interanual, ocasionando problemas de secas prolongadas, interferindo negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas e dos animais, havendo a necessidade de desenvolver estratégias morfofisiológicas e bioquímicas que possibilite a sobrevivência. Nessa região, as temperaturas médias anuais variam entre 23°C e 27°C, com insolação anual podendo atingir 2.800 horas, fatores que resultam em elevadas taxas de evapotranspiração, configurando déficit hídrico em quase toda a região (MATALLO JÚNIOR, 2000).

Além desses fatores, algumas áreas apresentam solos salinos, se constituindo em um entrave para o crescimento da maioria das plantas de interesse agrônomo, forrageiro e florestal.

A salinização dos solos pode ser causada pela ocorrência de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, solos com drenagem deficiente e águas subsuperficiais ricas em sais solúveis. Contudo, este processo pode se estabelecer em ambientes anteriormente isentos de sais em níveis tóxicos, em decorrência principalmente, do manejo inadequado do solo, uso de água de má qualidade, emprego de fertilizantes com elevado índice salino, elevada taxa de evapotranspiração e baixa precipitação, tornando os solos improdutivos (OLIVEIRA, 1997).

O excesso de sais promove a retenção de água no solo, tornando-a cada vez menos acessível às plantas, além do efeito tóxico dos íons no protoplasma. É necessário que se utilizem espécies que tolerem essa situação adversa e, se possível, que sejam capazes de melhorar as características físicas e químicas deste solo, o que pode ser conseguido através do plantio de leguminosas arbóreas de crescimento rápido, tolerantes à salinidade.

A utilização destas espécies pode possibilitar a reintegração destes solos salinizados ao sistema produtivo, contribuindo para aumentar a oferta de produtos de

origem vegetal e, quanto ao aspecto florestal, reduzir a pressão sobre a vegetação, diminuindo a degradação da caatinga.

A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro, ocupa aproximadamente 900.000 km² de extensão territorial e é distribuída nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe, Rio Grande do Norte e na região Norte de Minas Gerais (LEAL *et al*, 2005; ALMEIDA, 2018), representando cerca de 11% do território brasileiro. No entanto, apesar da sua incontestável diversidade de espécies e importância, ainda é proporcionalmente a menos estudada e protegida das composições florísticas brasileiras.

Essa vegetação possui diversas adaptações morfológicas, tais como redução no tamanho das folhas, caducifolia nos meses secos, acúmulo de água nos tecidos vegetais, presença de folhas modificadas e de raízes com função de reserva em algumas espécies. Tais adaptações possibilitam sua sobrevivência a condições extremas, como solos rasos e pedregosos e pouca disponibilidade de água ao longo do ano.

A presença e abundância de espécies como o angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), aroeira (*Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl.), cumaru (*Amburana cearenses* (Allemão) A.C.Sm.), imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett), ipê pau-d'arco (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), sipaúba (*Combretum glaucocarpum* Mart.) etc., evidencia a grande importância da vegetação da Caatinga para a exploração florestal, com sua madeira destinada para a confecção de portas, janelas, cancelas e móveis em geral (SOUZA *et al.*, 2018).

Outras espécies como a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.), jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke), faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl), catingueira (*Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis), pau-ferro (*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz) etc., são utilizadas na forma de lenha, fabricação de carvão e de ferramentas (MAIA, 2004), evidenciando o valor econômico das espécies desse bioma, e a necessidade de uma exploração ordenada desses recursos florestais.

Pereira Filho e Bakke (2010) ressaltam que, na maioria dos levantamentos realizados na Caatinga, a ação do homem tem submetido esta vegetação a um processo de sucessão secundária e que a espécie jurema-preta, sendo essa uma das mais frequentes.

3.2 Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.)

A jurema-preta, espécie típica e abundante no semiárido do Nordeste do Brasil, possui inúmeros atributos que evidenciam a sua importância econômica e ambiental para a região. Tem como principal utilidade a extração de madeira para fins energéticos, principalmente para a produção de lenha e carvão, tanto para uso doméstico como para cerâmicas e olarias, tendo em vista que cerca de 40% do uso energético da região provém da lenha (OLIVEIRA, 2003; MAIA, 2004).

Na literatura há relatos do uso da espécie para fins farmacológicos por algumas comunidades rurais (ROQUE; LOIOLA, 2013), sendo retirados extratos etanólicos a partir de suas cascas, o que confirma a atividade antimicrobiana da espécie, bem como o seu potencial terapêutico (BEZERRA *et al.*, 2011).

Carvalho Filho; Salviano (1982) têm relatado o seu potencial forrageiro, essencial principalmente em uma região desafiadora como o semiárido brasileiro. Esses autores acrescentam que suas folhas, galhos finos e frutos são consumidos por ruminantes, contribuindo significativamente para a dieta animal, apesar de sua baixa digestibilidade. Além disso, apresenta a rápida rebrota, após as primeiras chuvas, possibilitando alimento para animais depois de meses de escassez de fonte de alimento devido ao período de seca, que nessa região pode chegar a oito a nove meses.

Avaliando a produção e qualidade da forragem de jurema-preta com e sem acúleos em plantio adensado, Bakke *et al.* (2007) relataram que a poda de galhos finos de jurema-preta no final da estação seca rende até 5.833 kg ha⁻¹ por ano de forragem, constituindo-se em alternativa na dieta de pequenos ruminantes durante o período de escassez de alimentos. A jurema-preta com acúleos produziu mais forragem do que as inermes, mas a qualidade da forragem de ambos os genótipos foi semelhante e a facilidade de coleta e manejo de forragem da característica sem acúleos pode compensar seu menor nível de produção. Os autores ressaltam que o teor de proteína bruta das forrageiras de ambos os genótipos é superior ao mínimo necessário para a manutenção dos animais, mas o alto teor de fibras forrageiras pode refletir negativamente na ingestão e digestibilidade dos alimentos.

Em relação ao aspecto ambiental, é uma espécie comumente indicada para a recuperação de áreas degradadas por preparar o solo para a colonização de espécies mais exigentes e contribuir na melhoria da fertilidade devido à capacidade de fixação do nitrogênio (MAIA, 2004; AZEVÊDO *et al.*, 2012).

Apesar de toda essa importância, é negligenciada do ponto de vista científico, carecendo de mais pesquisas que possam ampliar as suas possibilidades de utilização. Outro aspecto da região semiárida que deve ser considerado, e bastante preocupante, é o fato da pouca preocupação da reposição da vegetação nativa, sendo que a sua exploração desordenada tem acelerado a degradação dos solos e desertificação de grandes áreas.

3.3 A salinidade e seus efeitos no metabolismo das plantas

As plantas estão constantemente expostas a vários tipos de estresses abióticos, tais como térmico, luz, seca, estresse por metais e sal, que podem interferir negativamente no seu crescimento e desenvolvimento.

As áreas afetadas pela salinidade têm aumentado anualmente devido a fatores diversos, como a irrigação inadequada e o uso de água salina para irrigação. Em áreas quentes e secas, a concentração de sal aumenta na camada superior do solo devido a altas perdas de água por evaporação, que excedem a precipitação (EBERT *et al.*, 2002). Estima-se que mais de 7% da área explorada pela agricultura no mundo são afetadas pela salinidade, cobrindo cerca de 800 Mha da área terrestre do mundo (HASAMUZZAMAN *et al.*, 2014), se constituindo em um dos fatores que mais tem afetado o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas (DASGAN *et al.*, 2002; JUAN *et al.*, 2005; GUNES *et al.*, 2007; KHAN *et al.*, 2010).

Um solo é considerado salino quando a concentração de sais na solução do solo chega a interferir no crescimento e produtividade das plantas nativas ou cultivadas pelo homem. Os halobiomas são ambientes que apresentam solos salinos, caracterizados pela presença de plantas que se adaptaram, morfológica e fisiologicamente, ao baixo potencial osmótico e toxicidade, devido a quantidade excessiva de sais solúveis (OLIVEIRA, 1997).

A concentração de sódio na crosta terrestre é cerca de 28 g/kg, enquanto a de potássio é de 26 g/kg e nas regiões semiáridas e áridas, principalmente naquelas

irrigadas, a concentração de sódio está em torno de 50 a 100 mmol/L Na⁺, sendo que a maioria está como NaCl, exercendo efeito depressivo no crescimento da maioria das culturas (MARSCHNER, 1995). No semiárido brasileiro estima-se que a área salinizada seja superior a nove milhões de hectares, localizada principalmente no Polígono das Secas, predominando os sais de sódio, especialmente o NaCl (MIRANDA *et al.*, 2002).

O estresse pela salinidade limita o desenvolvimento das plantas, afetando adversamente várias reações bioquímicas e processos fisiológicos, como fotossíntese, metabolismo antioxidante, homeostase de nutrientes minerais, acúmulo de osmólitos, sinalização hormonal, atividades enzimáticas e germinação de sementes (JUAN *et al.*, 2005; SIDDIQUI *et al.*, 2010; KHAN *et al.*, 2012).

Os efeitos primários do estresse salino são causados pela presença de íons na rizosfera, limitando a extração da água pelas raízes e reduzindo o crescimento das plantas, devido aos efeitos osmóticos, tornando a água cada vez menos disponível para as plantas, enquanto os efeitos secundários são causados pelo desequilíbrio iônico, resultando na inativação de enzimas, inanição de nutrientes, toxicidade iônica nos tecidos e estresse oxidativo. Induz também a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS) (MUNNS; TESTER, 2008; NAZAR *et al.*, 2011; KHAN *et al.*, 2012) que desencadeiam a peroxidação lipídica, danos ao DNA, inibição da fotossíntese e distúrbios no estado de nutrientes minerais (NAZAR *et al.*, 2011).

O excesso de sódio e, em uma proporção ainda maior, de cloro causa intumescimento do protoplasma, afetando a atividade enzimática, promovendo alterações quantitativas e qualitativas no metabolismo, as quais resultam em baixa produção de energia, distúrbios na assimilação do nitrogênio, alterações no padrão de aminoácidos e no metabolismo das proteínas (FREIRE, 2000).

Quando as plantas são expostas a níveis elevados de sal no meio de crescimento, as células vegetais se protegem aumentando a concentração de solutos orgânicos, promovendo redução no potencial osmótico e consequente absorção de água pela planta. Essa diminuição no potencial osmótico leva ao aumento no potencial de turgor, exercendo importante papel no crescimento vegetal, mediante a intensificação do alongamento celular (NEUMANN *et al.*, 1988). Alguns solutos também servem como agentes protetores por estabilizar as estruturas e garantir o

funcionamento de certas macromoléculas, constituindo-se em importante ferramenta para a aclimatação das células a estresses ambientais (SAKAMOTO; MURATA, 2002).

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 CO₂ 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).

Para conseguir sobreviver sob tais condições, as plantas devem desenvolver mecanismos de tolerância, os quais variam entre as espécies e dependem de processos fisiológicos e bioquímicos de interação complexos (ASHRAF; McNEILLY, 2004; MANAA *et al.*, 2011).

Dentre os solutos que as plantas acumulam sob condições de estresse estão açúcares, polióis, aminoácidos, betaínas e compostos relacionados (HASEGAWA *et al.*, 2000), contribuindo para a manutenção da absorção de água e turgescência celular, garantindo processos fisiológicos vitais, como a abertura estomática, fotossíntese e expansão celular (SAKAMOTO; MURATA, 2002; SERRAJ; SINCLAIR, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal e condições de crescimento

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, sob as 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, em areia umedecida com água.

As mudas de jurema-preta foram mantidas em vasos de 'Leonard', confeccionados com garrafas plásticas tipo Pet (2,5 L), contendo areia grossa lavada (1,5 kg) como suporte para as plantas (Figura 1).

Figura 1– Detalhe dos vasos Leonard confeccionados.



Fonte – Dados da pesquisa.

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 dias após

a emergência (DAE) realizou-se o desbaste, deixando-se a plântula mais vigorosa, procurando-se a uniformidade quanto ao tamanho e diâmetro do coleto.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi distribuído em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e um vaso por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em soluções nutritivas com as seguintes condutividades elétricas (CE) 0,5 (Controle); 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹, totalizando 20 parcelas.

As condutividades elétricas 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), as quais foram calculadas de acordo com a fórmula de Rhoades *et al.* (2000) (mmolc L⁻¹ = CEa × 10).

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

4.3 Parâmetros avaliados

- Altura das plantas, diâmetro do caule e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

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

$$TCR = \frac{\ln AF - \ln AI}{\Delta t} \quad \text{Equação (1)}$$

em que AF, AI e Δt correspondem, respectivamente, à altura final, altura inicial e 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.

- Trocas gasosas

Ao final do experimento (210 DAE) foram avaliadas a condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), concentração intercelular de CO_2 (C_i) e taxa de fotossíntese (A), 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 $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Figura 2 – Análise das trocas gasosas utilizando-se o Analisador Portátil de Fotossíntese LCpro-SD IRGA.



Fonte – Dados da pesquisa.

- Teor relativo de água (TRA)

Para a determinação do TRA, quatro folhas por repetição foram colhidas e levadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal do *Campus* CSTR/UFCG, submetidas à pesagem para a determinação do peso da matéria fresca (MF). Em seguida foram colocadas em placas de Petri, sob folha de papel de filtro embebidas em água e mantidos em refrigerador (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 2:

$$TRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

em que: MF: matéria fresca (g); MT: matéria túrgida (g); e MS: matéria seca.

- Produção de matéria seca

Ao final do experimento as mudas foram cortadas, separadas em folhas, caule e 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.

4.4 Análises estatísticas

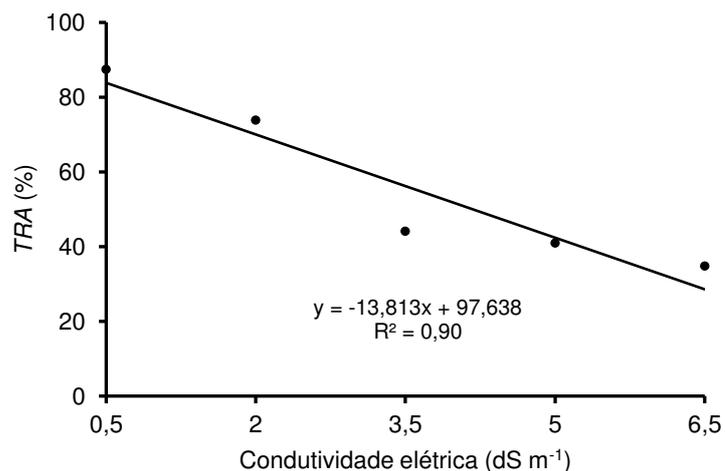
Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teor relativo de água e parâmetros estomáticos

O aumento na salinidade da solução causou reduções lineares no teor relativo de água (*TRA*) das mudas de jurema-preta (Figura 3), verificou-se decréscimo de 16% e 24% no *TRA* quando se compara o tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) com os tratamentos 2,0 e 3,5 dS m⁻¹, respectivamente. O aumento na salinidade para 5,0 e 6,5 dS m⁻¹ intensificou esses efeitos, chegando 53% e 60% de redução.

Figura 3 – Teor relativo de água (*TRA*) das mudas de jurema-preta em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.

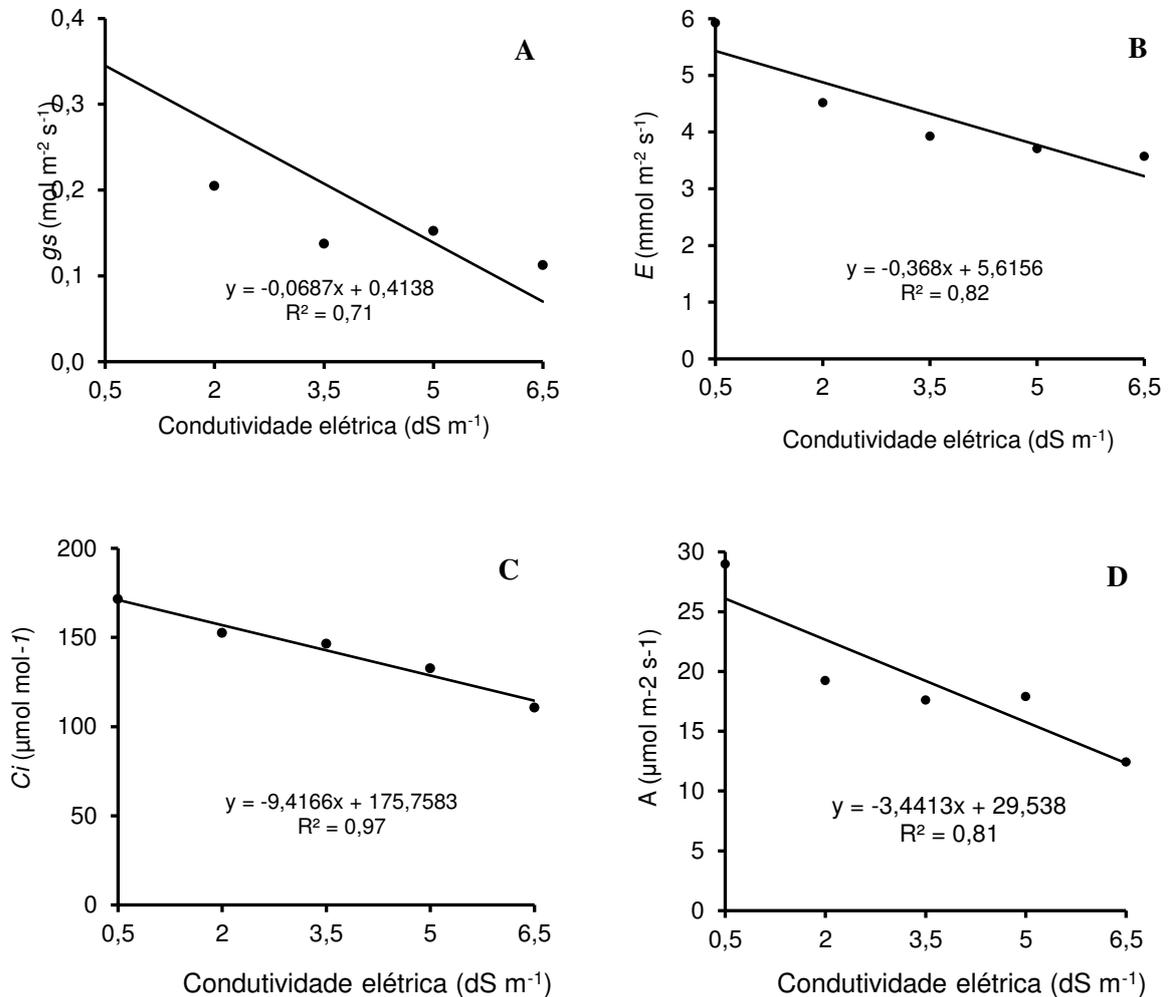


Fonte – Dados da pesquisa.

Percebe-se, então, o efeito negativo de níveis elevados de salinidade na manutenção da hidratação das plantas de jurema-preta, pois sob tais condições o *TRA* foliar decresceu mais da metade do valor obtido nas plantas mantidas em condições não salinas.

À proporção que o estado de hidratação das plantas diminuiu (Figura 3), ocorreu decréscimo na condutância estomática (*gs*) (Figura 4A), transpiração (*E*), (Figura 4B), concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) (Figura 4C) e taxa de fotossíntese (*A*) (Figura 4D).

Figura 4 – 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.



Fonte – Dados da pesquisa.

Os efeitos da salinidade na g_s (Figura 4A) 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 CO_2 (C_i) (Figura 4C) e taxa de fotossíntese (A) (Figura 4D). Em relação à transpiração, verificou-se diminuição de 5,9 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(tratamento controle) para $4,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$), $3,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$), $3,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) e $3,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($6,5 \text{ dS m}^{-1}$), representando depleção de 24, 34, 37 e 39%, respectivamente. A concentração intercelular de CO_2 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).

Dessa forma, pode-se atribuir o fechamento dos estômatos a redução na condutância estomática, transpiração e concentração intercelular de CO_2 aqui verificadas. Em decorrência de menor fluxo de CO_2 para o sítio de carboxilação da Rubisco, ocorreu decréscimo na fotossíntese das plantas (Figura 4). Redução progressiva na condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO_2 e fotossíntese 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 o 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 F_v/F_m e degradação de componentes proteicos dos fotossistemas (FALQUETTO *et al.*, 2007).

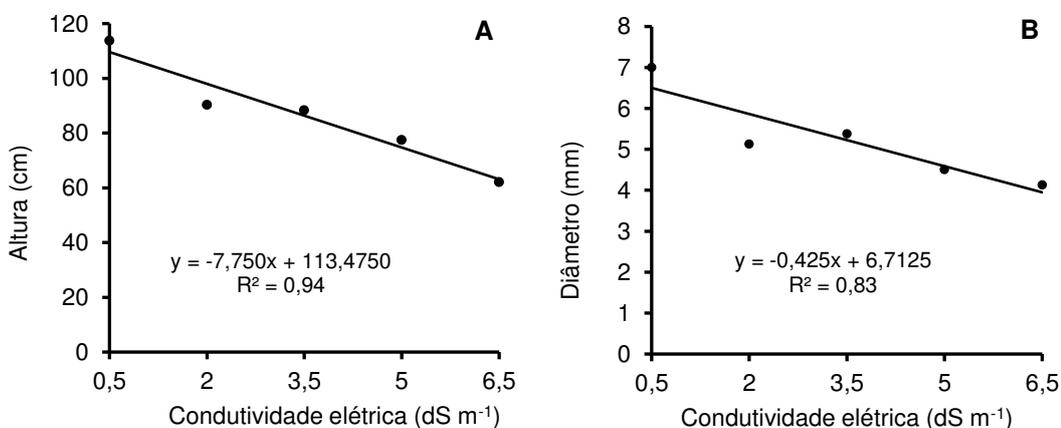
Outro fator que deve ser considerado é a toxicidade ou desbalanço iônico, pois tem sido demonstrada limitação da fotossíntese devido ao acúmulo de íons tóxicos nas células foliares (GREENWAY; MUNNS, 1980; TAVAKKOLI *et al.*, 2011).

5.2 Crescimento e produção de massa seca das plantas

A salinidade causou redução linear na altura e no diâmetro do caule das mudas de jurema-preta (Figura 5), 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 5 – Altura (A) e Diâmetro do Caule (B) das mudas de jurema-preta aos 210 DAE, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.

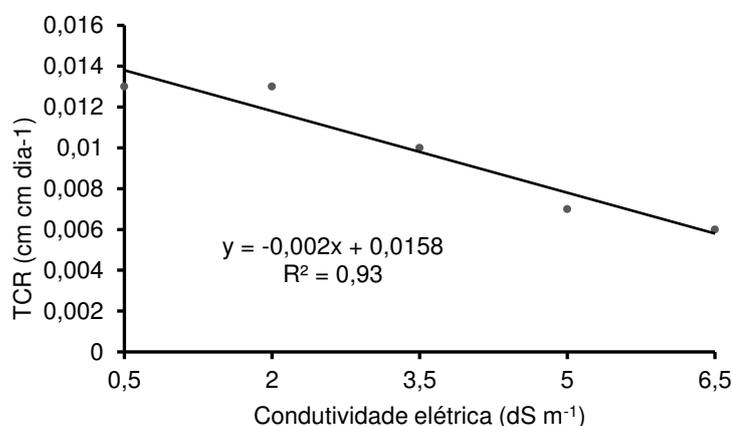


Fonte – Dados da pesquisa

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*, 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%, (Figura 6) nas plantas de jurema-preta submetidas à salinidade de CE 3,5, 5,0 e 6,5 dS m⁻¹. Mesmo com esse decréscimo no *TCR*, proporcionado com o aumento da salinidade, todas as mudas sobreviveram.

Figura 6 – Taxa de crescimento relativo (*TCR*) das mudas de jurema-preta aos 210 DAE, em função da condutividade elétrica da solução nutritiva.

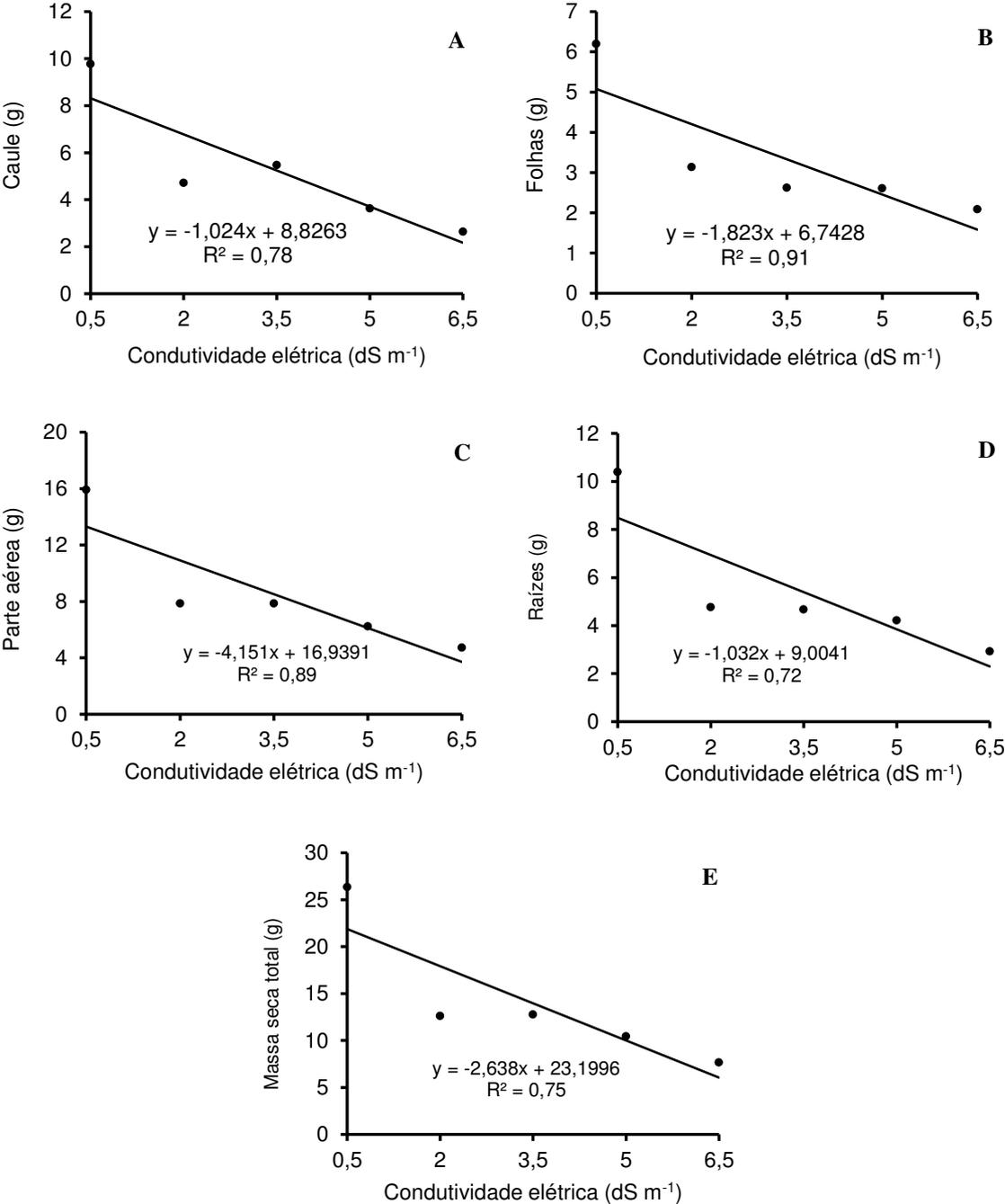


Fonte – Dados da pesquisa

Analisando os efeitos da salinidade no crescimento de duas espécies de palmeira (*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 do gênero *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 7).

Figura 7 – 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.



Fonte – Dados da pesquisa.

Comparando-se as plantas controle com aquelas submetidas aos dois níveis mais elevados de salinidade, na parte aérea verifica-se decréscimo de 61% e 70% na massa seca, respectivamente nos tratamentos CE 5,0 e 6,5 ds m⁻¹, enquanto nas raízes, os valores obtidos foram 60% (CE 5,0 ds m⁻¹) e 72% (CE 6,5 ds m⁻¹). Percebe-se, então, comportamento semelhante 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 (MARGAR *et al.*, 2002) e *Cordia rothii* Roem. & Schult. (RAMOLIYA; PANDEY, 2003). Silva *et al.* (2009), em *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., constataram, para cada incremento de 1,0 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.) Kunth ex Walp., verificaram reduções de matéria seca total para os tratamentos que receberam sais, quando comparado ao tratamento sem adição de sal.

Esses resultados são corroborados por Bessa *et al.* (2017) que, ao analisarem os efeitos da salinidade em seis espécies da Caatinga (*Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Bauhinia unguolata* 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 (Figura 8). 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 conseqüente 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).

Figura 8 – Aspecto das mudas de jurema-preta, em função dos tratamentos de salinidade, ao final do experimento.



Fonte – Dados da pesquisa.

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 condutância estomática (Figura 4A), concentração interna de CO₂ (Figura 4C) e fotossíntese (Figura 4D), resultaram em redução na produção de assimilados e, conseqüentemente, no crescimento (Figuras 5 e 6) e produção de massa seca (Figura 7) 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 CO₂ para o interior do cloroplasto via limitação na abertura estomática, mediada por hormônios (ABA) produzidos pelas raízes e transportado 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 CO₂ 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).

Baseado nos dados obtidos, recomenda-se a condução de outros estudos, adotando-se estratégias que possam possibilitar tolerância das plantas de jurema-preta à salinidade.

6 CONCLUSÕES

- A salinidade promoveu o fechamento dos estômatos, afetando negativamente todos os parâmetros estomáticos analisados;
- A transpiração das plantas foi o menos afetado dos parâmetros estomáticos;
- O aumento na salinidade decresceu o crescimento em altura, o diâmetro e a produção de massa seca das mudas de jurema-preta.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C. P. **Estrutura e Regeneração Natural em Remanescente de Caatinga sob Manejo Florestal, Cuité-PB**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos-PB, 2018.
- ASHRAF, M.; McNEILLY, T. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 23, p. 157–174, 2004.
- AZEVÊDO, 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.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless “jurema-preta” stand. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 341-347, 2007.
- 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**, Maringá, 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**, Curitiba, 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**, Victoria, 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**, Victoria, v. 24, p. 1109–1117, 2004.

CARVALHO FILHO, O. M.; SALVIANO, L. M. C. **Evidências da ação inibidora da jurema preta na fermentação in vitro de gramíneas forrageiras**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1982. 15p. (Boletim de pesquisa, 11).

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 Agrícola**, 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 (*Cnidocolus 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.

DASGAN, H. Y.; AKTAS, H.; ABAK, K.; ÇAKMAK, I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. **Plant Science**, v. 163, p. 695-703, 2002.

EBERT, G.; EBERLE, J.; DINAR, H. A.; LÜDDERS, P. Ameliorating effects of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ on growth, mineral uptake and photosynthesis of NaCl-stressed guava seedlings (*Psidium guajava* L.). **Science Horticultural**, v. 93, p. 125–35, 2002.

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

FALQUETO, A. R.; CASSOL, D.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, A. C.; BACARIN, M. A. Características da fluorescência da clorofila em cultivares de arroz

com ciclo precoce, médio e tardio. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 579-581, 2007.

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**, Viçosa, 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. p. 507-524.

FREIRE, A.L.O. **Fixação de nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Jaboticabal, 2000.

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, n. 1, p. 149–190, 1980.

GUNES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M.; ERASLAN, F.; BAGCI, E. G.; CICEK, N. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 728–736, 2007.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. D. H.; BHOWMIK, P. C.; HOSSAIN, M. D. A.; RAHMAN, M. M.; PRASAD, M. N. V.; OZTURK, M.; FUJITA, M. Potential use of halophytes to remediate saline soils. **BioMed Research International**, v. 2014, Article ID 589341, 2014.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.

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.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER, JR, T. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p. 139-146, 2005.

MAIA, G. N. **Caatinga** - árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo D&Z Computação Gráfica e Editora. p.237-246, 2004.

MANAA, A.; BEN AHMED, H.; VALOT, B.; BOUCHET, J. P.; ASCHI-SMITI, S.; CAUSSE, M.; FAUROBERT, M. Salt and genotype impact on plant physiology and root proteome variations in tomato. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 2797–2813, 2011.

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.

MATALLO JÚNIOR, H. A desertificação no Brasil. In: OLIVEIRA, T. S. de et al. eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, 2000. p. 89-113.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M.; CALDAS, A. L. Silício de cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 957-965, 2002.

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.

NEUMANN, P. M.; van VOLKENBURGH, E.; CLELAND, R. E. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. **Plant Physiology**, v. 88, p. 233-7, 1988.

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, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 122 f. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

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

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais *In*: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Ed.). **Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”**. Campina Grande: UFPB, 1997. pp 1-35.

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.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de forragem de espécies herbáceas da Caatinga. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, p. 145-159, 2010.

PLAŻEK, A.; TATRZAŃSKA, M.; MACIEJEWSKI, M.; KOŚCIELNIAK, J.; GONDEK, K.; BOJARCZUK, J.; DUBERT, F. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread

- and durum wheat cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, n. 8, p. 2513-2523, 2013.
- 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.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.
- 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.
- SAKAMOTO, A.; MURATA, N. The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 163-171, 2002.
- SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 333-341, 2002.
- 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.

SOUZA, A. P.; COSTA, F. C. P.; ALENCAR, R. F.; LIMA, S. F. B. Exploração e utilização do potencial madeireiro da Caatinga no município de Aurora—estado do Ceará. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, Cajazeiras, v. 2, n. 2, p. 158-168, 2018.

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 BRR1 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.