



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS IV**

LUCAS DA SILVA GALDINO

ESTUDO DO EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DE PINHÃO MANSO

**CATOLÉ DO ROCHA-PB
2016**

LUCAS DA SILVA GALDINO

ESTUDO DO EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DE PINHÃO MANSO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias como requisito parcial para a obtenção do grau de **Licenciado em Ciências Agrárias**.

Orientador: Prof. Dr. Josemir Moura Maia

**CATOLÉ DO ROCHA-PB
2016**

G149e Galdino, Lucas da Silva.

Estudo do efeito da salinidade na germinação do pinhão manso [manuscrito] / Lucas da Silva Galdino. - 2016.
23 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Josemir Moura Maia, Departamento de Agrarias e exatas".

1. *Jatropha Curcas* L. 2. Padronização experimental. 3. Salinidade. I. Título.

21. ed. CDD 633.85

LUCAS DA SILVA GALDINO

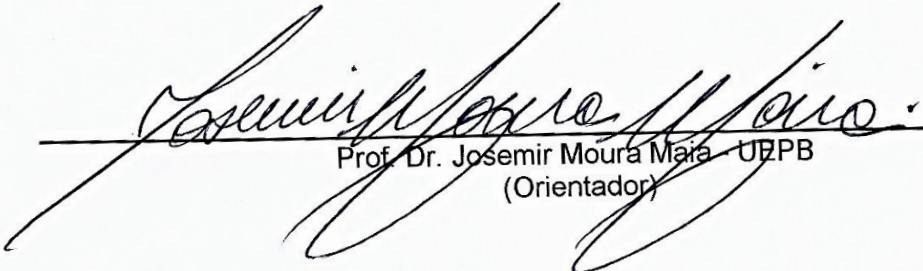
ESTUDO DO EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DE PINHÃO MANSO

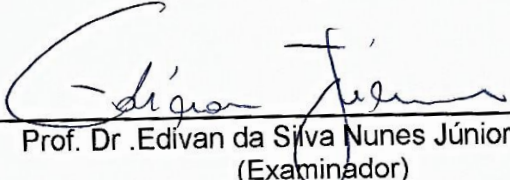
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias como requisito parcial para a obtenção do grau de **Licenciado em Ciências Agrárias**.

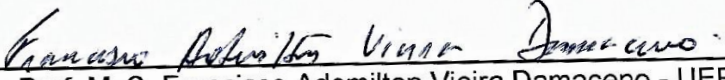
Orientador: Prof. Dr. Josemir Moura Maia

Aprovado em: 19/05/2016

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Josemir Moura Maia - UEPB
(Orientador)


Prof. Dr. Edivan da Silva Nunes Júnior - UEPB
(Examinador)


Prof. MsC. Francisco Ademilton Vieira Damaceno - UEPB
(Examinador)

ESTUDO DO EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO DE PINHÃO MANSO

Lucas da Silva Galdino¹, Josemir Moura Maia²

RESUMO

O presente trabalho propôs padronizar as doses de NaCl utilizadas em ensaios experimentais com pinhão manso com até 8 dias após a semeadura. Os resultados apresentados nesse estudo focam em descritores fenológicos para definir as doses de NaCl como doses severas e moderada a partir do conceito de dose letal. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologias da Produção Vegetal da Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV no município de Catolé do Rocha. Esta foi realizada utilizando-se 2 acessos de pinhão manso (CNPAPM-X e CNPAPM-III). Para tanto o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em fatorial 2x5, onde o primeiro fator corresponde as cultivares estudadas e o segundo fator, às concentrações de NaCl utilizadas (0; 50; 100; 150; 200 mM de NaCl); perfazendo assim um total de 10 tratamentos com 5 repetições cada. Avaliou-se a taxa de germinação, altura, diâmetro do caule, massa fresca e o conteúdo de Na⁺, K⁺ além da razão K⁺/Na⁺ de folhas, caules e raízes. Com base no exposto, compreendeu-se que as doses padronizadas para o estudo de salinidade em pinhão manso no estágio de desenvolvimento adotado nesse experimento foi de 150 mM e 75 mM (dose severa e moderada, respectivamente). Além disso, o estudo da compartimentalização de íons Na⁺ e K⁺ refletem o efeito do NaCl observado a partir dos descritores fenológicos adotados.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., padronização experimental, salinidade.

¹Graduando em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias – Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV – Catolé do Rocha-PB. lucas-pb2007@hotmail.com

²Professor do Departamento de Agrárias e Exatas – Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV – Catolé do Rocha-PB. jmouram@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona e da mandioca. Para a EMBRAPA (2010), esta planta vem sendo considerada como matéria prima potencial para o Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB). Ainda segundo a EMBRAPA (2010), a espécie possui algumas características desejáveis e que a torna interessante ao Programa, tais como: potencial de altos rendimentos de grãos e óleo; boa qualidade do óleo para produção de biodiesel; adaptabilidade a diferentes regiões; precocidade e longevidade; alternativa para diversificação de cultivos em diversas regiões; possibilidade de inserção na cadeia produtiva da agricultura familiar, entre outras.

Com isso o cultivo do pinhão manso, na região nordeste do Brasil é bem favorável em relação às demais regiões, pois é uma região semiárida, com baixa pluviosidade e com elevada evaporação, sendo dessa forma uma cultura com desenvolvimento de forma espontânea em áreas de solos pouco férteis e de clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais (MIRAGAYA, 2005; OLIVEIRA et al., 2010). Estas características tornam a oleaginosa uma alternativa de complemento de renda para a agricultura familiar (ARRUDA et al., 2004; MARTINS et al., 2008). E com a possibilidade do uso do óleo de pinhão manso para a produção de biodiesel, Drumond et al. (2010) enfatizam a viabilidade do aumento das áreas de plantio com essa cultura, pois, em regiões áridas e semiáridas, o excesso de sais no solo tem limitado a produção agrícola.

Os solos salinos geralmente deixam de ser rentáveis aos seus proprietários e conseqüentemente são abandonados, pois, esse excesso de sais acaba por comprometer as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, causando estresse osmótico, o que resulta em distúrbios das relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais além do acúmulo de íons tóxicos (CALVET et al., 2013). A solução para a reutilização dessas áreas está na seleção de espécies rentáveis e que sejam tolerantes as condições preexistentes; uma alternativa seria o aproveitamento desses solos para a produção de matéria prima para os biocombustíveis dada à importância da produção de energia de formas alternativas, tendo em vista a crise no mercado energético, onde a maior parte da energia consumida no planeta deriva de fontes não renováveis, a exemplo do petróleo, carvão mineral e gás natural. Neste contexto, as plantas oleaginosas, como o pinhão

manso, ganham destaque, pois podem ser utilizadas como fontes de energia que além de renováveis, poluem muito menos que os derivados do petróleo contribuindo assim com o meio ambiente (MAIA et al., 2014). O pinhão manso é uma planta perene bastante resistente a condições climáticas adversas como seca e salinidade (SINGH et al., 2007), o que lhe torna uma espécie compatível com as condições de clima e solo brasileiro, principalmente quando se observa as características edafoclimáticas da região nordeste.

Apesar da grande potencialidade observada na cultura do pinhão manso para a produção de biodiesel, ainda são poucas as pesquisas voltadas para a domesticação dessa espécie que ainda é considerada selvagem e pouco se sabe sobre suas respostas fisiológicas e bioquímicas, principalmente quando expostas a condições de salinidade durante a germinação e o desenvolvimento da plântula, fases que segundo Borges (2003) são consideradas chaves para a estabilização e manutenção da cultura no campo. Contudo, o acúmulo de compostos de reservas (carboidratos, proteínas, lipídios) em sementes é uma dos processos mais importantes na adaptação das plantas a condições adversas, essas reservas tem a função de servir como fonte de energia e como fonte de esqueletos de carbono para a formação dos tecidos da plântula (BUCKERIDGE et al., 2004; BERNARDES, 2010). Sabe-se, ainda, que a salinidade causa alterações significativas no metabolismo inibindo a mobilização das reservas e alterando o sistema de membranas do eixo embrionário, porém torna-se imprescindível esclarecer a que se deve de fato esse processo (MARQUES et al., 2011; ARAÚJO, 2013).

Na literatura existem relatos sobre os prejuízos que a salinidade pode ocasionar a germinação e ao estabelecimento de plântulas de pinhão manso (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2012; CUNHA et al., 2013), porém ainda são poucas as informações sobre os mecanismos utilizados por essa espécie na regulação da mobilização das reservas sob este estresse salino. Essa carência de informações torna importante o estudo dos danos que a salinidade provoca a mobilização de reservas nessa espécie visto que a fase de germinação e estabelecimento de planta é crucial para o sucesso da produção (via produção de mudas por semente) e compreender esses mecanismos possibilitará a domesticação da espécie bem como o melhoramento genético da mesma o que a tornará rentável e competitiva no campo.

Os efeitos da salinidade envolvem em primeira instância alterações na mobilização e compartimentalização de Na^+ e K^+ . As estratégias para manter níveis adequados de K^+ e Na^+ no citosol variam amplamente entre espécies e cultivares, e esse fator (relação K/Na) tem sido utilizado como marcador fisiológico na seleção de plantas mais resistentes à salinidade (FLOWERS, 2004; ASHLEY et al., 2006; MUNNS & TESTER, 2008). O K^+ tem sido amplamente considerado como elemento de maior mobilidade na planta e passa de uma célula para outra e do xilema para o floema, razão pela qual é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos que envolvem absorção e armazenamento de água pelas plantas (PIMENTEL, 2004). Quando submetido à salinidade e combinado com altas temperaturas o aumento da oferta de potássio atenua os efeitos do estresse por reduzir a absorção de sódio (RODRIGUES et al., 2009), indicando a ocorrência de forte concorrência do Na^+ pelo sítio de absorção de potássio o que pode comprometer o trabalho de algumas enzimas.

Vários trabalhos dissertam sobre a imposição e os efeitos de tratamentos salinos em diversas espécies vegetais, embora poucos expliquem como definiram as doses de salinidade adotadas para os experimentos. Todavia, é possível considerar o conceito de dose letal para se padronizar a dose máxima de salinidade suportável pela espécie. Considera-se como dose Letal (DL50) o conceito adaptado de Barros & Arthur (2005), sendo a dose necessária de uma dada substância ou tipo de radiação para matar 50% de uma população teste. Sendo que a DL50 varia de espécie para espécie e tem consequências diferentes dependendo do tempo de exposição ao agente, da dose que é administrada e do modo como é administrada (BARROS & ARTHUR, 2005). Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo padronizar as doses de NaCl utilizadas em ensaios experimentais com pinhão manso com até 8 dias após a semeadura. Os resultados apresentados nesse estudo focam em descritores fenológicos para definir as doses de NaCl como doses severa e moderada a partir do conceito de (DL50).

MATERIAL E METODOS

A pesquisa foi realizada no período entre 28 de Maio a 05 de Junho de 2015 no Laboratório de Tecnologias da Produção Vegetal da Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV no município de Catolé do Rocha. Esta foi realizada utilizando-

se 2 genótipos de pinhão manso oriundos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) mantido pela UEPB e Embrapa Algodão/FINEP/CNPq/MCTI no Setor de Fruticultura da UEPB, no mesmo município. A área do BAG esta nas coordenadas geográficas 6°20'38"S de latitude e 37°44'48"W de longitude e altitude de 275 m. O clima do município, de acordo com a classificação de Koppen é do tipo BSW_h', ou seja, quente e seco do tipo estepe.

Para o semeio as sementes foram escarificadas em lixa 0,50 na carúncula até o aparecimento do endosperma e posteriormente foram embebidas em água deionizada durante 12 horas, após este período as sementes foram semeadas em substrato de areia lavada (MARTINS et. al., 2008; PASCUALI et. al., 2012) em bandejas de plástico com medidas 365x 235x 70 mm, sendo 30 sementes por bandeja. A reposição hídrica foi realizada diariamente com água destilada em todas as parcelas até o 4° dia após a semeadura, mantendo-se a umidade do substrato a 60% da capacidade de campo. O monitoramento do teor de umidade do substrato foi realizado através de pesagens diárias das bandejas.

Ao 4° DAS iniciou-se a aplicação dos tratamentos de NaCl diariamente até o 8° DAS, fase de protófilo (PIMENTA et. al, 2014). Após observações diárias do percentual de germinação, medições de altura, diâmetro do caule, massas seca e fresca de folhas, caules e raízes foram tomadas. A partir desses resultados observados, e através das equações obtidas nas análises de regressões, calculou-se a dose letal de NaCl para 50% das plântulas (DL50). Esta foi calculada a partir das concentrações de NaCl obtidas pela determinação dos pontos máximos (para parábolas onde $a < 0$) e dos pontos mínimos (para parábolas onde $a > 0$) utilizando as equações:

$$\text{eq. 1: } x = -\frac{b}{2a}$$

$$\text{eq. 2: } x = -\frac{(b^2-4ac)}{4a}$$

Onde: a, b e c são valores extraídos da equação de segundo grau $ax^2 + bx + c = 0$

Considerou-se ainda mensurações de Na⁺ e K⁺ conforme metodologia descrita por (MALAVOLTA et al. 1989). Para análise do material foram utilizados tubos de ensaio contendo 0,3g da matéria seca, adicionado 10 mL de água deionizada, sendo os tubos mantidos hermeticamente fechados a 100°C, em banho-maria, durante 1 h. O sobrenadante foi filtrado em algodão e armazenado a -4°C até

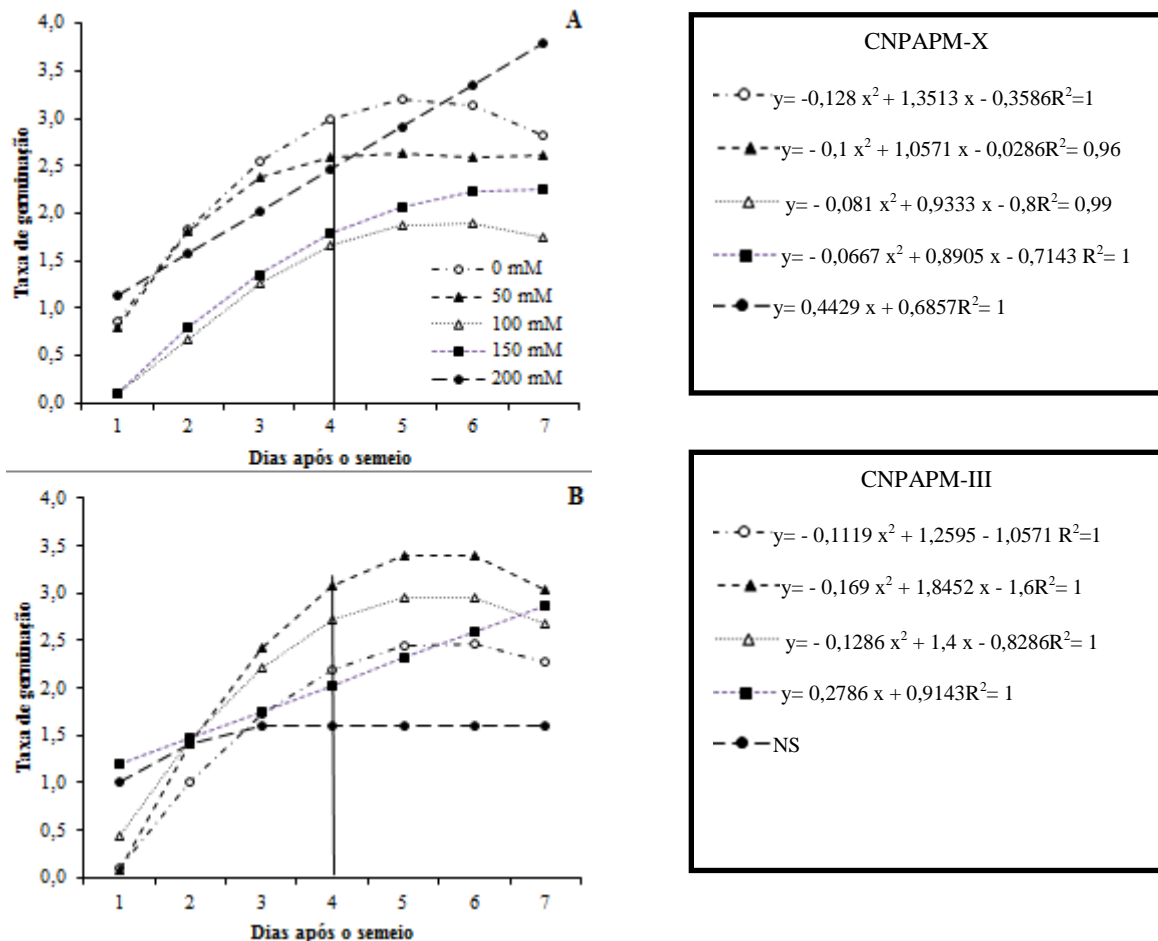
sua utilização, sendo o precipitado descartado. Os teores de Na^+ e K^+ foram determinados segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989), com o auxílio de um fotômetro de chama.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 2x5 onde o primeiro fator corresponde as cultivares estudadas (CNPAPM-X e CNPAPM-III); e o segundo fator, às concentrações de NaCl utilizadas (0; 50; 100; 150; 200 mM de NaCl); perfazendo assim um total de 10 tratamentos com 5 repetições cada, totalizando 50 unidades experimentais. Os resultados foram analisados pelo teste de ANOVA e as diferenças significativas entre médias foram determinadas pelo Teste de Tukey a 5% de confiança. Dados contínuos foram avaliados por teste de regressão para ajuste das curvas, quando necessário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plântulas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) foram germinadas e aos 8 DAS foram cultivadas sob tratamentos salinos, avaliando-se a germinação, o crescimento e a mobilização de íons em folhas, caules e raízes. Ao final da contagem de germinação a dose de NaCl que proporcionou o maior número de plantas germinadas para o genótipo CNPAPM-X foi a de 200 mM e para o genótipo CNPAPM-III foi a de 50 mM conferindo um incremento em germinação de 25,39% e 25,08%, respectivamente, quando comparadas ao controle, revelando certo nível de tolerância da cultura do pinhão manso a salinidade, umas vez que outras euforbiáceas como por exemplo a mamona, podem ter seu processo germinativo comprometido por níveis de salinidade muito menores ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), como foi observado por Lima et al. (2014) (Figura 1). Comparando-se os dois genótipos observou-se uma maior tolerância do genótipo CNPAPM-X à salinidade durante o processo germinativo, pois as sementes germinaram mesmo sob o tratamento com 200 mM, o que corresponde a $19,98 \text{ dSm}^{-1}$. De acordo com Silva et al. (2012) a capacidade das sementes absorverem água suficiente para a germinação e posterior emergência mesmo sob altas concentrações salinas representa um processo alternativo para perpetuação da espécie.

Figura 1: Taxa de germinação de plântulas de pinhão manso dos genótipos CNPAPM-X (A) e CNPAPM-III (B) submetidas a 5 concentrações de NaCl (0; 50; 100; 150 e 200 mM) de NaCl aos 7 DAS.



Adicionalmente, é possível que a alta concentração salina do tratamento com 200 mM de NaCl tenha proporcionado uma elevação do potencial osmótico da solução de irrigação, suficiente para retardar a taxa de embebição da semente, aumentando, por conseguinte a eficiência na germinação. Esse processo é comumente utilizado para otimizar o processo germinativo pois permite uma embebição lenta em meio com baixo potencial hídrico. A embebição lenta permite a ativação de mecanismos de reparo do sistema de membranas e evita os danos causados pela embebição rápida. O uso de soluções com diferentes potenciais osmóticos, tal como o NaCl, regula a velocidade de hidratação das sementes e, desta forma, permite a ativação dos processos metabólicos das fases iniciais da germinação, evitando a protrusão da raiz primária. Dessa maneira, quando as sementes são retiradas do condicionamento osmótico e semeadas, apresentam uma

redução do tempo de germinação e aumento na velocidade de emergência (MASETTO et al., 2014).

O efeito da salinidade também foi visivelmente perceptível mesmo após a germinação. Conforme a Figura 2 observou-se que apesar do genótipo CNPAPM-X apresentar um maior número de sementes germinadas, a concentração de 200 mM inibiu o crescimento das plântulas quando comparada aos demais tratamentos. Esta inibição no crescimento pode ter ocorrido devido a mudanças no fluxo de massa ou por uma toxicidade causada pela alta concentração de sal. Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2010) para esta mesma espécie na mesma fase fenológica quando os autores utilizaram em seu experimento soluções de NaCl com condutividade elétrica acima de 6 dS.m^{-1} . No experimento apresentado a dose de 200 mM de NaCl corresponde a $19,98 \text{ dSm}^{-1}$.

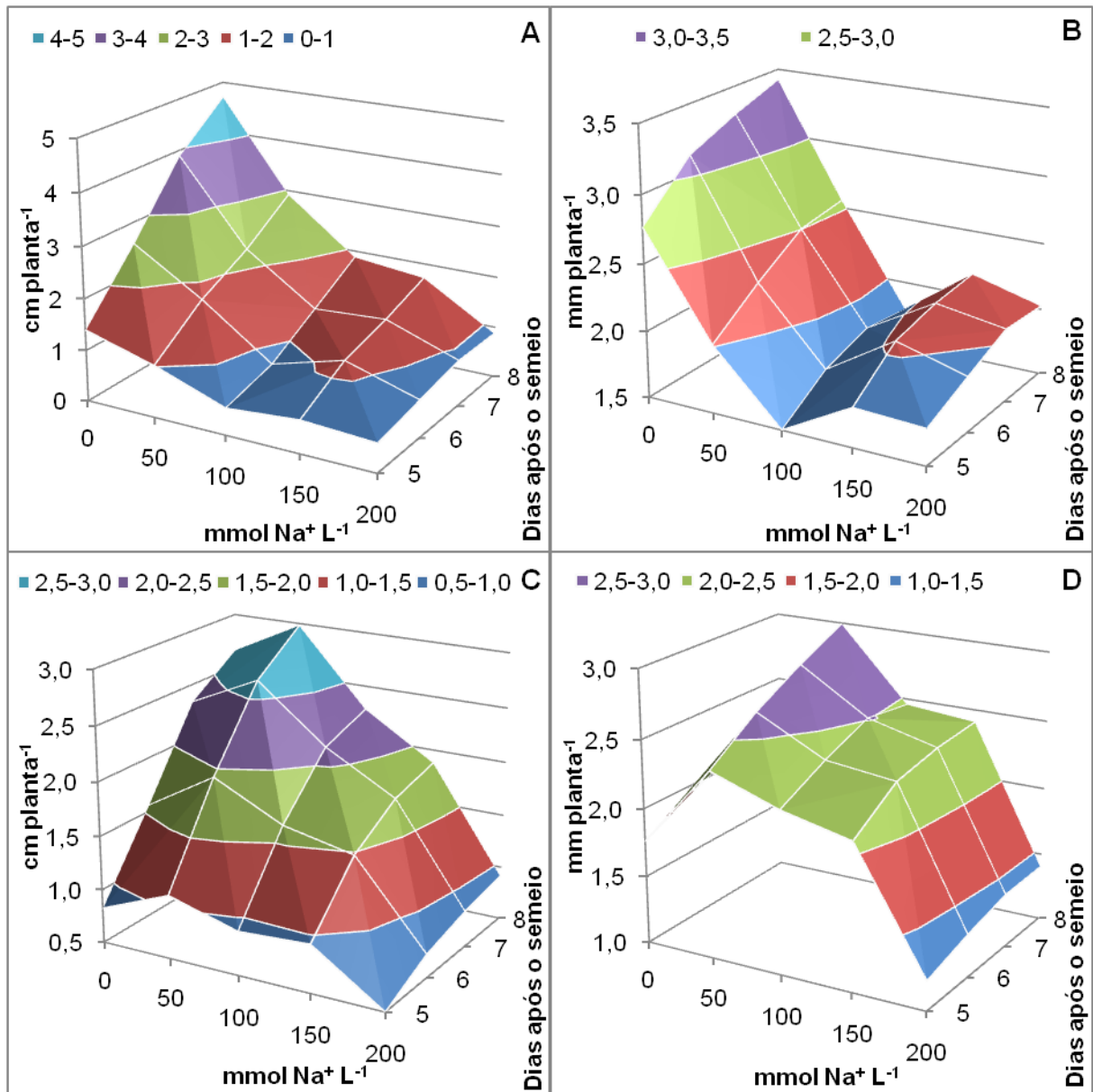
Os prejuízos decorrentes da salinidade também foram observados no comprimento e diâmetro do caule em ambos os acessos (Figura 3). Em plântulas do acesso CNPAPM-X houve um decréscimo no comprimento caulinar que foi proporcional ao aumento da dose de sal. Todavia, o aumento dos dias diminuiu os efeitos na variável, pois percebeu-se a manutenção do crescimento, embora em uma taxa inferior à das plantas sob condição controle (Figura 3A).

No diâmetro caulinar das plântulas do acesso CNPAPM-X observou-se que ocorreu decréscimo à medida que se aumentou as doses de NaCl. No entanto, com o aumento dos dias houve continuação no crescimento, sendo que as maiores doses do NaCl nas plântulas foram inferiores à dose controle (Figura 3B). Esse comportamento é possivelmente devido o estresse salino proporcionar déficit hídrico o que pode ter acometido o desenvolvimento das plântulas. Matos et al. (2013) corroboraram com os resultados encontrados, onde as variáveis de crescimento (altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e área foliar), avaliadas em plantas de pinhão-manso, foram fortemente afetadas pelo estresse salino. O processo de crescimento é particularmente sensível ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento pode servir de critério para avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta de superá-lo (LARCHER, 2004).

Figura 2: Plântulas de pinhão manso dos genótipos CNPAPM-X e CNPAPM-III aos 8 DAS submetidas aos tratamentos 0, 50, 100, 150 e 200 mM de NaCl.



Figura 3: Altura (A e C) e Diâmetro do caule (B e D) de plântulas de pinhão manso dos genótipos CNPAPM-X (A e B) e CNPAPM-III (C e D) aos 8 DAS, submetidas aos tratamentos 0; 50; 100; 150; 200 mM de NaCl.

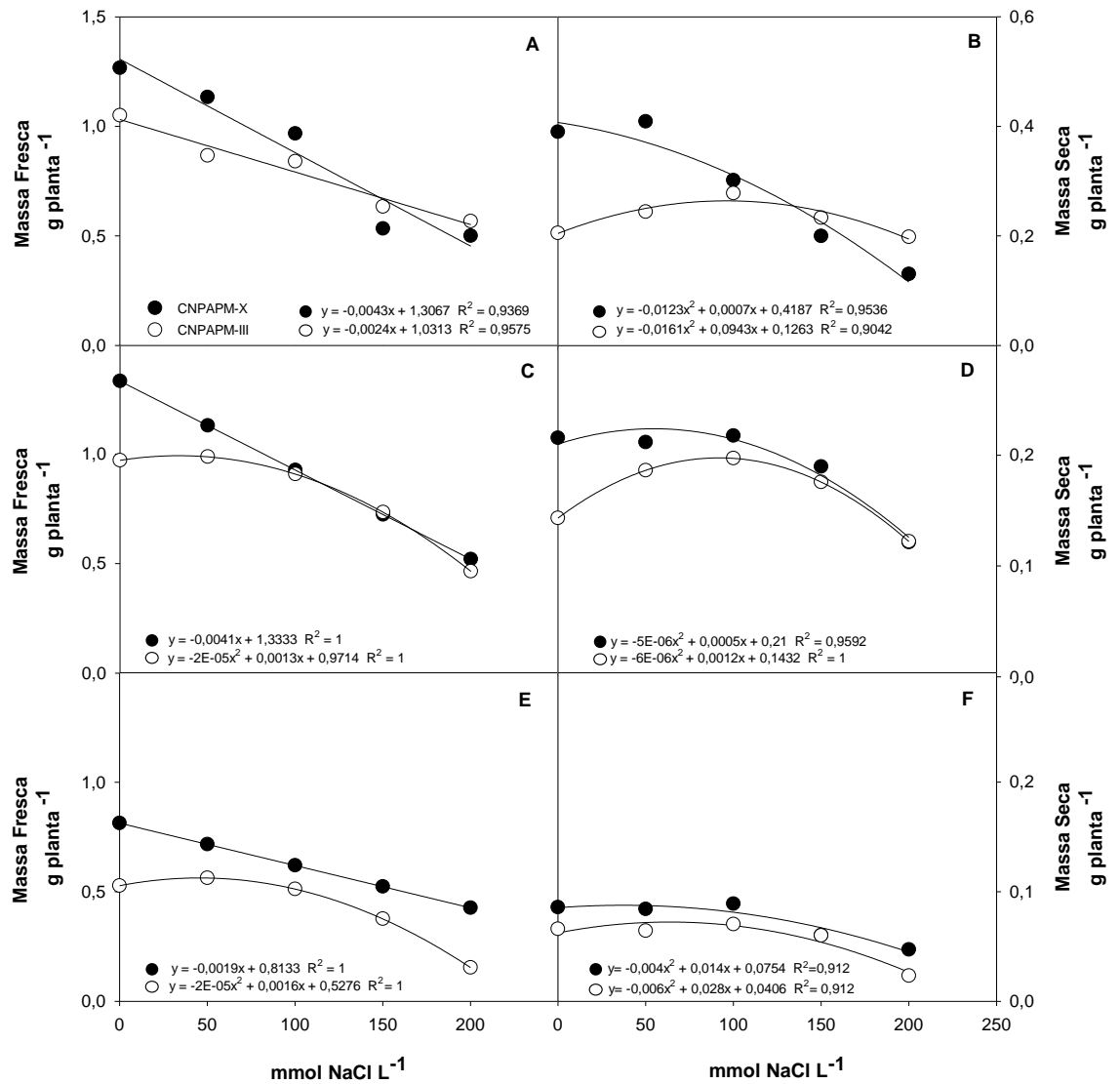


Nas plântulas do acesso CNPAPM-III houve acréscimo no comprimento caulinar até a dosagem de 50 mM de NaCl onde a partir da mesma houve diminuição, embora o desenvolvimento das plântulas ao longo dos dias não foi afetado (Figura 3C). Já as plântulas do acesso CNPAPM-X obtiveram acréscimo no diâmetro caulinar da dose controle até 50 mM de NaCl, onde a partir dessa dosagem houve decréscimo, embora o efeito salino não afetou no desenvolvimento das plântulas de pinhão-manso ao longo dos dias (Figura 3D).

A suculência do caule aliado ao metabolismo C3-CAM existente nessa espécie confere elevada tolerância ao déficit hídrico e/ou salinidade, por manter as folhas hidratadas em condição de baixa disponibilidade de água no solo, o que foi observado em plantas submetidas até a dosagem de 50 mM de NaCl (MATOS et al., 2013). Devido a diferença de comportamento entre os acessos, percebeu-se, ainda, a diversidade da tolerância entre acessos da mesma espécie.

Os efeitos decorrentes da salinidade também foram observados a massa fresca (MF) e seca (MS) de folhas, caule e raiz de pinhão manso. Para massa fresca de folhas (Figura 4A) verificou-se um ajuste de regressão linear com redução gradativa conforme o aumento das concentrações de NaCl para os dois genótipos chegando a uma perda de 60,84% no genótipo CNPAPM-X que foi o mais afetado para esta variável na concentração de 200 mM. O comportamento observado entre os genótipos diferiu em relação a massa fresca de caule (Figura 3C) e raiz (Figura 3E), onde o genótipo CNPAPM-X ajustou-se linearmente a regressão e o genótipo CNPAPM-III teve um ajuste quadrático. Porém em ambos observou-se redução nos níveis de MF nas concentrações mais elevadas de sal. As raízes do genótipo CNPAPM-III foram as mais afetadas e sofreram redução de até 70,75% no estresse mais severo, enquanto a redução no genótipo CNPAPM-X foi de 47,54%. Esta redução de MF pode ser resultante de uma queda na disponibilidade de água nos tecidos vivos, em consequência da elevação dos níveis de NaCl (SILVA et. al., 2012), e pode ainda indicar que não houve ajustamento osmótico das plântulas com o aumento das concentrações de sal.

Figura 4: Massa Fresca e Seca de folhas (A; B), caule (C; D) e raiz (E; F) de plântulas de pinhão manso aos 8 DAS submetidas aos tratamentos 0; 50; 100; 150; 200 mM de NaCl.



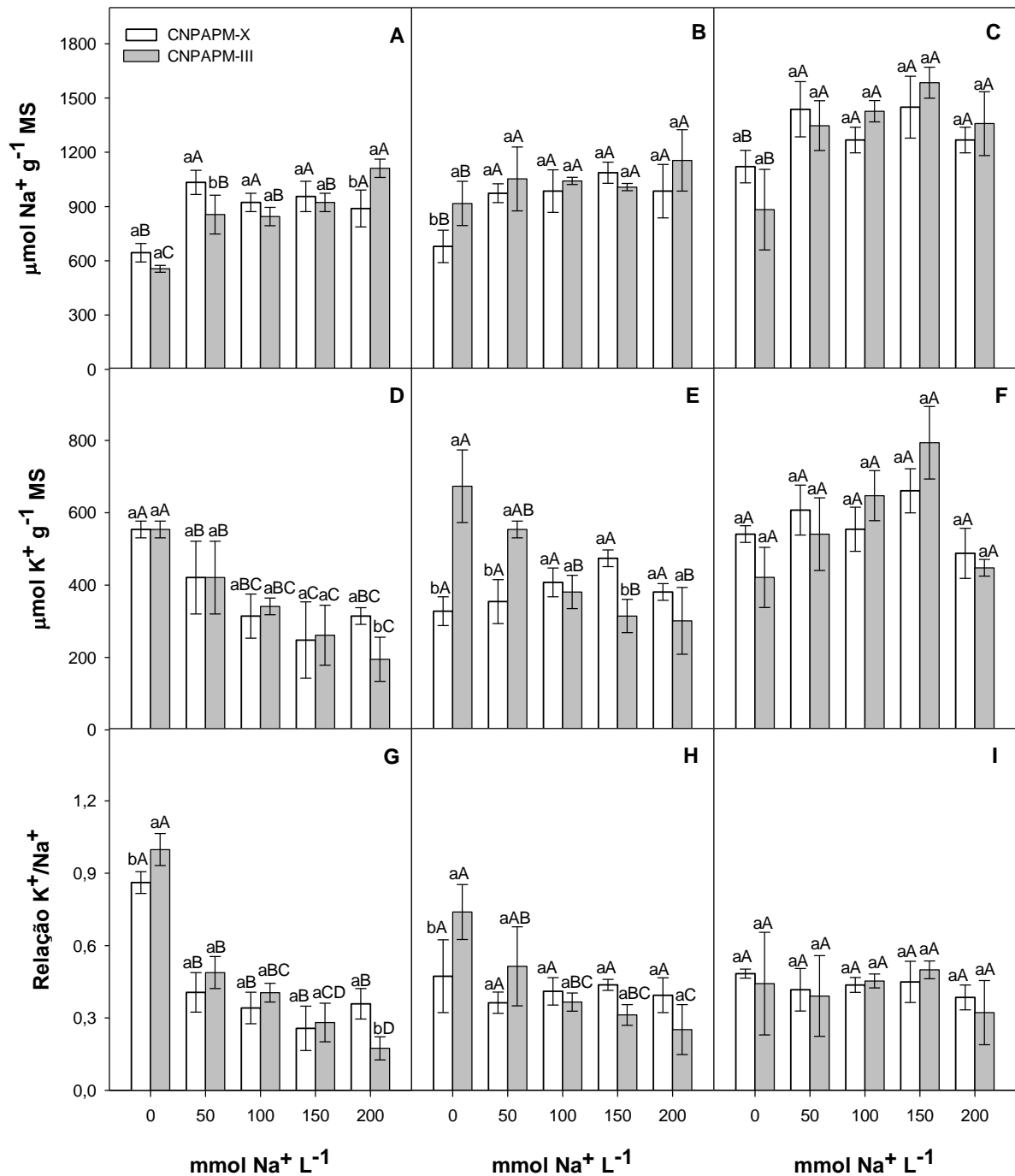
Para a massa seca de folhas (Figura 4B), caules (Figura 4D) e raízes (Figura 4F) observou-se ajustes de regressão quadráticos das equações para os dois genótipos. A maior diferença no percentual de massa seca entre os genótipos foi observada nas folhas, onde o genótipo CNPAPM-X teve uma redução de 66,61% e o genótipo CNPAPM-III teve uma redução de 3,50% na concentração mais elevada de NaCl em relação ao controle. Os efeitos do NaCl sobre a massa seca de todos os órgão das plântulas foram semelhantes, atingindo o ponto máximo da curva nas concentrações de 50 mM (CNPAPM-X) e 100 mM (CNPAPM-III) em folhas; 100 mM em caule e raiz; e ponto mínimo na concentração de 200 mM para todos os órgãos.

Essa redução na produção de biomassa seca em concentrações mais elevadas de NaCl para a cultura do pinhão manso também foi observada por Matsumoto et al. (2014). A diminuição no percentual de massa seca pode ocorrer devido à redução do ganho de carbono e ao gasto energético para adaptação à salinidade, envolvendo processos de regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células, a síntese de solutos orgânicos para osmorregulação e a manutenção da integridade das membranas celulares (LARRÉ et al., 2011).

Tomando os dados das figuras 2, 3 e 4, definiu-se a DL50 a partir da média dos resultados positivos das equações 1 e 2, obtendo-se valor médio de 166,25. Assim, sendo 150mM a dose mais próxima do valor obtido, definiu-se a dose de 150 mM de NaCl como a dose severa e metade desta concentração (75 mM) como dose moderada para os dois genótipos.

Para corroborar o efeito direto da salinidade na compartimentalização iônica foram realizadas análises de Na^+ , K^+ e da relação K^+/Na^+ em folhas, caules e raízes de plântulas de pinhão manso. A queda na concentração de K^+ pode estar relacionada com o aumento na concentração de Na^+ no meio externo, pois o aumento da salinidade compromete a absorção de K^+ gerando uma deficiência deste íon o que acarreta em distúrbios metabólicos resultantes da competição entre o Na^+ com o K^+ pelos sítios ativos das enzimas (RODRIGUES et al., 2012). Conforme o observado, em folhas e raízes (Figuras 5A e D) houve acréscimo de 50% nos níveis de Na^+ até a dose de 200 mM de NaCl para o CNPAPM-III. Já no CNPAPM-X houve aumento do teor de Na^+ de 37,63% até a concentração de 50 mM, sendo que, a partir da mesma percebeu-se uma tendência de declínio do teor de Na^+ , embora não tenha sido significativo. Em relação ao K^+ observou-se declínio significativo no acúmulo desse íon (43,21% para CNPAPM-X; 64,82% para CNPAPM-III) em folhas do tratamento mais severo quando comparado ao controle. A redução na concentração de K^+ com o aumento das concentrações salinas em pinhão manso também foi observada por Silva et al. (2009) e Cunha et al. (2013); em maracujazeiro amarelo (CRUZ et al., 2006); em jatobá (NASCIMENTO et al., 2015) e faveleira (OLIVEIRA, 2012).

Figura 5: Conteúdo de Na^+ e K^+ em folhas (A, D) Caule (B; E) e raiz (C; F); e Relação K^+/Na^+ em folhas (G), caule (H) e raiz (I) de mudas de pinhão manso aos 8 DAS submetidos a tratamentos de 0; 50; 100; 150 e 200 mM de NaCl. As letras maiúsculas nas barras indicam as diferenças entre as doses de NaCl e as minúsculas indicam diferenças entre os genótipos testados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Com relação aos níveis de Na^+ e K^+ no caule (Figura 5B e E) observou-se que houve acréscimo nos níveis de Na^+ (31,03% para CNPAPM-X; 20,58% para CNPAPM-III) e declínio do conteúdo de K^+ no acesso CNPAPM-III (55,27%).

Contudo, o acesso CNPAPM-X apresentou acréscimo de K^+ (13,96%) no tratamento 200 mM de NaCl em relação ao controle. Estes resultados reforçam a hipótese de Silva (2009) de que o pinhão-mansão é uma planta incluída fato que, de certa forma, deve estar relacionada a uma competição de Na^+ por K^+ , em nível de membrana celular, durante o processo de absorção. Porém, é importante salientar que também ocorre um aumento da síntese de uma ampla variedade de proteínas em resposta ao estresse salino, as quais podem também atuar, principalmente na estabilização das membranas celulares e na sinalização de respostas a esse estresse (TESTER & DAVENPORT, 2003).

Nas raízes, os conteúdos de Na^+ e K^+ foram superiores aos demais órgãos (Figura 5C e F) observando um incremento de 22,65% no Na^+ para o CNPAPM-X e de 44,28% para o CNPAPM-III até a dose de 150 mM de NaCl. O K^+ no acesso CNPAPM-X apresentou decréscimo de 10,91%, enquanto que no acesso CNPAPM-III houve incremento de 5,94% relacionando a maior dosagem (em relação ao controle), demonstrando assim que o acesso CNPAPM-III, apesar da elevada absorção de Na^+ não sofreu prejuízos no acúmulo de K^+ nas raízes. Na maioria das espécies, a redução no conteúdo de K^+ causado pelo NaCl é muito mais intensa nas raízes do que nas folhas, sendo essa observação divergente ao presente estudo (FERREIRA-SILVA et al., 2008).

A relação K^+/Na^+ em todos os órgãos da plântula tratadas com NaCl apresentaram decréscimo relativamente proporcional ao aumento da dose de sal, quando comparado ao controle (Figura 5G; H e I), principalmente nas folhas. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), uma relação K^+/Na^+ menor que 1 e concentrações altas de sais totais aumentam a probabilidade de inativação enzimática e inibição da síntese proteica. Segundo esses autores, em termos de desordem nutricional um dos principais efeitos deletérios do íon sódio é o de deslocar o íon cálcio da membrana protoplasmática das células radiculares, com a consequente perda da seletividade iônica das raízes. A membrana protoplasmática, em condições normais, tem uma alta especificidade por K^+ , a qual é reduzida ou perdida devido o deslocamento do íon Ca^{+2} , ocasionado pelo íon Na^+ .

Devido o pinhão-mansão ser uma planta caducifólia os caules e raízes são tipicamente estruturas de reserva de nutrientes (PACHECO et al., 2009). É, portanto, presumível que oferta de nutrientes, no ambiente de crescimento das raízes, acima daquela considerada fisiológica sinalize menor necessidade de acúmulo de

compostos de reservas para estocagem nas estruturas caulinares e radiculares com reflexos no peso global de ambos os órgãos. Nesse âmbito, verificou-se que o pinhão manso, sob as condições experimentais impostas, pode ser classificada como espécie incluidora de íons. Além disso, ressalta-se que os teores de Na^+ e K^+ , além da razão K^+/Na^+ corroboram as demais análises, considerando que na maioria dessas observações plantas tratadas com 200 mM de NaCl encontravam-se estatisticamente semelhantes às plantas tratadas com 150 mM de NaCl.

CONCLUSÃO

O acesso CNPAPM-X foi evidenciado como o mais resistente a salinidade nas condições experimentais impostas. As doses padronizadas para o estudo de salinidade em pinhão manso no estágio de desenvolvimento adotado nesse experimento foi de 150 mM e 75 mM (dose severa e moderada, respectivamente). O estudo da compartimentalização de íons Na^+ e K^+ refletem o efeito do NaCl observado a partir dos descritores fenológicos adotados.

STUDY OF EFFECT OF SALINITY ON JATROPHA GERMINATION

ABSTRACT

This study was proposed to standardize doses of NaCl used in experimental studies with *Jatropha* with up to 8 days after sowing. The results presented in this study focus on phenological descriptors to define the NaCl doses as severe and moderate doses from lethal dose concept. The survey was conducted in the Laboratório de Tecnologias da Produção Vegetal da Universidade Estadual da Paraíba - Campus IV in Catolé do Rocha. This was performed using 2 *Jatropha* genotypes (CNPAPM-X and CNPAPM-III). For both the experimental design was completely randomized (DIC) in a factorial 2x5 where the first factor corresponds to the cultivars and the second factor, the NaCl contents used (0; 50; 100; 150; 200 mM NaCl); thus making a total of 10 treatments with 5 repetitions each. Were evaluated the germination rate, height, stem diameter, fresh weight and content of Na^+ , K^+ , K^+/Na^+ ratio of leaves, stems and roots. Based on the above, it was understood that the standard doses for the study of salinity in adopted development stage of *Jatropha* in this experiment was 150 mM and 75 mM (severe and moderate dose, respectively). Moreover, the study of compartmentalization of Na^+ ions and K^+ reflected the effect of NaCl seen from the phenological descriptors adopted.

Keywords: experimental standardization, *Jatropha curcas* L., salinity.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual da Paraíba pelo apoio infra-estrutural para a realização deste trabalho e à Embrapa Algodão por ceder o material vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. L. O. **Mobilização de reservas durante o crescimento pós-germinativo em girassol sob estresse salino e osmótico aplicados de forma isolada e combinada**. Mossoró, 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia: fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semi-árido- UFERSA

ARRUDA, F. P. *et al.* Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n. 01, p. 789-799, 2004.

ASHLEY, M. K.; GRANT, M.; GRABOV, A. Plant responses to potassium deficiencies: A role for potassium transport proteins. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 425-436, 2006.

BARROS, A.C.; ARTHUR, V. Determinação experimental da dose de redução do crescimento (GR₅₀) e da dose letal (LD₅₀) de soja irradiada por raios gama. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.2, p.249-253, abr./jun., 2005.

BERNARDES, R. S. A. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.) submetidas ao aumento de temperatura**. Manaus, 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica). Programa de Pós-Graduação em Botânica. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia- INPA.

BORGES, E.E.L. **Comportamento bioquímico e fisiológico de sementes florestais nativas durante a embebição**. 2003. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos- UFSCAR.

BUCKERIDGE, M. S. AIDAR, M. P. M. SANTOS, H. P. TINÉ, M. A. S. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G. BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 163- 188.

CALVET, A. S. F.; PINTO, C. M.; LIMA, R. E. M.; MAIA-JOCA, R. P. M.; BEZERRA, M. A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-caupi Irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 1, p. 148-159, 2013.

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

CUNHA, P. C.; MENDES, B. S. S.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de plântulas de pinhão-manso sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 46 – 52, 2013.

DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R.; MARTINS, J. C.; ANJOS, J. B.; EVANGELISTA, M. R. V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão manso no semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.40, p.44-47, 2010.

EMBRAPA. **Pinhão Manso**: Matéria-prima potencial para produção de biodiesel no Brasil. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/pinhao-manso-materia-prima-potencial-para-producao-de-biodiesel-no-brasil>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

FERREIRA-SILVA, S.L.; SILVEIRA, J.A.G.; VOIGT, E.L.; SOARES, L.S.P.; VIÉGAS, R.A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.20, p.51-59, 2008.

FLOWERS, T.J. **Improving crop salt tolerance**. J. Exp. Bot., 55:307-319, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LARRÉ, C. F. MORAES, D. M. LOPES, N. F. Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, n. 1 p. 086 - 094, 2011.

LIMA, G. S. NOBRE, R. G. GHEYI, H. R. SOARES, L. A. A. SILVA, S. S. Respostas morfofisiológicas da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 130-136, 2014.

MAIA, J. T. L. S. BONFIM, F. P. G. GUANABENS R. E. M. TRENTIN, R. MARTINEZ, H. E. P. PEREIRA, P. R. G. FONTES, P. C. R. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-manso cultivadas em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.5, p. 723-731, 2014.

MALAVOLTA, E. VITTI, G. C. OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201p.

MARTINS, C. C. MACHADO, C. G. CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão manso. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 863-868, 2008.

MARQUES, E. C. FREITAS, V. S. BEZERRA, M. A. PRISCO, J. T. GOMES-FILHO, E. Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 993-999, 2011.

MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; REZENDE, R. K. S.; OBA, G. C.; GAMBATTI, M.G.; PATRÍCIO, V. S. Germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.: efeito de salinidade e condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 127-131, jul./set. 2014.

MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TINOCO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 947-954, 2013.

MATSUMOTO, H. YEASMIN, R. KALEMELAWA, F. WATANABE, T. ARANAMI, M. NISHIHARA, E. Evaluation of NaCl tolerance in the Physical Reduction of *Jatropha Curcus* L. Seedlings. **Agricultural Science**, v. 2, n. 3, p. 23-35, 2014.

MIRAGAYA, J. C. G. **Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MORAIS, E. B. S. D. **Padronização do teste de germinação e qualidade de sementes de pinhão- manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento**. Janaúba, 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual de Montes Claros.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Revista Plant Biology**., v. 59, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, C. A. FREIRE, C. S.; SILVA, M. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.4, p.641-653, 2015.

OLIVEIRA, E. L.; FARIA, M. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MELO, P. C. Resposta do pinhão-manso à aplicação de níveis de irrigação e doses de adubação potássica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 593–598. 2012.

OLIVEIRA, I. R. S.; OLIVEIRA, F. N.; MEDEIROS, M. A.; TORRES, S. B.; TEIXEIRA, F. J. V. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.

PACHECO, D. D.; SATURNINO, H. M.; MENDES, L. D.; PRATES, F. B. S.; SOARES, F. R.; PAULA, T. O. M.; SOUZA, L. C. A. **Produção de massa vegetal e**

composição mineral de plantas de pinhão-manso. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

PASCUALI, L. C. SILVA, F. S. PORTO, A. G. SILVA FILHO, A. MENEGHELLO, G. E. Germinação de sementes de pinhão manso em diferentes temperaturas, luz e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1435-1440, 2012.

PIMENTA, A. C. ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. LAVIOLA, B. G. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Jatropha curcas*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 1, p. 73 - 80, 2014.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica: Edur, 2004,191p.

RODRIGUES, C. R. F.; SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, E. N.; DUTRA, A. T. B.; VIÉGAS, R. A. Transporte e Distribuição de Potássio atenuam os Efeitos Tóxicos do Sódio em plantas Jovens de Pinhão-Manso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.223-232, 2012.

RODRIGUES, C. R. F.; SOUZA, R. H. V.; LIMA, C. S.; SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A. Particionamento de K⁺ em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob estresses combinados de salinidade e temperatura elevada. **Anais...I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso**, Brasília, 2009.

SILVA, E. M. SOARES, J. A. PEREIRA FILHO, R. R. SOUSA JUNIOR, J. R. NOBRE, R. G. Emergência e crescimento inicial de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivado sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v. 7, n. 4, p. 44-50, 2012.

SILVA, E. N. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SINGH, R. A. KUMAR M. HAIDER, E. Synergistic cropping of summer groundnut with *Jatropha curcas* – A new two-tier cropping system for Uttar Pradesh. **Journal of SAT Agricultural Research**, v.5, p.1-2, 2007.

SOUZA, Y. A. PEREIRA, A. L. SILVA, F. F. S. REIS, R. C. R. EVANGELISTA, M. R. V. CASTRO, R. D. DANTAS, B. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol.32 no.2, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613p.

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