



Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Ochroma pyramidale*

Viviane da Silva da CRUZ¹, Oscar Mitsuo YAMASHITA^{1*}, Isane Vera KARSBURG¹,
Marco Antonio Camillo de CARVALHO¹, Rivanildo DALLACORT²,
Ana Aparecida Bandini ROSSI¹, Ivone Vicira da SILVA¹

¹Faculdade Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, MT, Brasil.

(ORCID: 0000-0002-9624-7969; *; 0000-0003-3625-1656; 0000-0003-4966-1013; 0000-0002-8318-5375; 0000-0003-0281-0608)

²Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, MT, Brasil. (ORCID: 0000-0002-7634-8973)

*E-mail: yama@unemat.br (ORCID: 0000-0001-6715-626X)

Recebido em 26/04/2019; Aceito em 22/01/2020; Publicado em 13/04/2020.

RESUMO: No presente trabalho, foi avaliado o efeito da salinidade sobre a germinação de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Ochroma pyramidale* através de três agentes osmóticos (NaCl, CaCl₂ e KCl), em dois experimentos. No primeiro, foi avaliado o estresse salino na germinação em esquema fatorial de 3 x 6, utilizando NaCl, CaCl₂ e KCl, e seis potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa). No segundo experimento, estudou-se o crescimento inicial de plântulas, utilizando os mesmos agentes osmóticos, em quatro potenciais osmóticos (0,0; -0,1; -0,2 e -0,3 MPa), no delineamento inteiramente ao acaso esquema fatorial 3 x 4. O efeito da salinidade interferiu na germinação de sementes *O. pyramidale*, havendo redução à medida que os potenciais se tornaram mais negativos à produção de massa seca de plântula, percentual de germinação e velocidade do processo germinativo. No potencial osmótico de -0,8 MPa, ocorreu inibição total, evidenciando que o CaCl₂ apresentou um efeito inibitório mais acentuado que o NaCl, seguido pelo KCl. No desenvolvimento de plantas, o NaCl provocou maior sensibilidade, comparando-se ao CaCl₂ nos maiores potenciais osmóticos.

Palavras-chave: Pau-de-balsa; germinabilidade; potencial osmótico; estresse salino.

Effect of salinity in the germination and development of *Ochroma pyramidale* seedlings

ABSTRACT: In the present study, the effect of salinity on seed germination and post-seminal development of *Ochroma pyramidale* was evaluated through three osmotic agents (NaCl, CaCl₂ and KCl) in two experiments. In the first experiment, salt stress in germination was evaluated in a factorial scheme 3 x 6, using NaCl, CaCl₂ and KCl; and six osmotic potentials (0.0, -0.1, -0.2, -0.4, -0.6 and -0.8 MPa). In the second experiment, the initial development of plants, using the same osmotic agents, was studied in four osmotic potentials (0.0; -0.1; -0.2 and -0.3 MPa), in a completely randomized design 3 x 4 factorial scheme. The effect of salinity interfered on the germination of *O. pyramidale* seeds, with reduction as the potentials became more negative for the production of dry seedling mass, percentage of germination and germination speed. In the osmotic potential of -0.8 MPa, total inhibition occurred, evidencing that CaCl₂ had a stronger inhibitory effect than NaCl, followed by KCl. In the development of plants, NaCl caused greater sensitivity when compared to CaCl₂ in the highest osmotic potentials.

Keywords: Pau-de-Balsa wood; germinability; osmotic potential; saline stress.

1. INTRODUÇÃO

A *Ochroma pyramidale* (Cav.) Urb., popularmente conhecida como pau-de-balsa, é uma espécie florestal nativa da parte ocidental da Amazônia brasileira (LORENZI, 2014) da família Bombacaceae que ocorre com frequência na Amazônia. É uma espécie arbórea, semidecídua, característica da floresta equatorial Amazônica de terras firmes. Ocorre tanto no interior da floresta primária densa como nas formações secundárias (VIEIRA; LOCATELLI, 2016).

É considerada uma boa opção para seu cultivo em áreas degradadas ou de preservação permanente, devido ao rápido crescimento e capacidade de tolerar luminosidade em áreas

abertas (LEÃO et al., 2008). Apresenta potencial de uso tanto em áreas de florestamento como de reflorestamento; além de uso em sistemas agroflorestais (BALSA RORAIMA, 2016). Por este conjunto de características, a espécie poderia ser cultivada em diferentes condições, visando a recomposição florestal e produção de madeira como fonte de renda para produtores rurais.

Dada a extensão territorial brasileira, as condições de solo são as mais diversas, variando desde solos férteis até aqueles impróprios para o cultivo. Destes últimos, o que impera em diversos locais é aqueles onde a salinidade excessiva impede a exploração agrícola (PEDROTTI et al., 2015). Essa condição é agravada a medida que o nível de degradação

desse ambiente é aumentado seja devido a processos naturais intrínsecos ao próprio solo da região de ocorrência ou causado por atividades antrópicas (AHMED; QAMAR, 2004). Assim, espécies com potencial para cultivo em ambientes salinos poderiam ser utilizados para que, mesmo com limitações, estas áreas possam ser exploradas.

Diversos estudos têm sido conduzidos para elucidar os mecanismos de adaptação de espécies à salinidade presente no ambiente de desenvolvimento das plantas. Um dos métodos mais utilizados para a determinação da tolerância aos sais é a porcentagem de germinação, assim como os testes de vigor, em condições salinas, através do uso de soluções osmóticas. Essas avaliações são importantes para estimar o potencial das sementes no campo, em condições ambientais salinas (FARIAS et al., 2009).

As plantas podem ser divididas em dois grupos com base na sua resposta às altas concentrações de sais. As halófitas são nativas de solos salinos e completam seu ciclo de vida naqueles ambientes. As glicófitas, ou não halófitas, não têm resistências ao sal no mesmo grau que as halófitas (TAIZ; ZEIGER, 2004). A absorção de sais por plantas não-halófitas ou espécies halofóbicas acarreta uma forte, ou até mesmo severa, limitação do crescimento (LARCHER, 2004).

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água, além da ação dos íons sobre o protoplasma (ASHRAF; HARRIS, 2004). A água fica retida na solução salina, onde o aumento da concentração dos sais torna a água cada vez menos disponível (ESTEVEZ; SUZUKI, 2008). O excesso de Na^+ e, sobretudo, um excesso de Cl^- no protoplasma ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico (K^+ e Ca^{2+} em relação ao Na^+), bem como o efeito específico dos íons sobre as enzimas e membranas (KINRAIDE, 1999).

A exposição de sementes a condições de excesso de sais pode induzir a manifestação de efeitos tóxicos cuja magnitude depende do grau de tolerância e, ou resistência à salinidade, os quais dependem não só da espécie utilizada como também do tipo de sal (BETONI et al., 2011). Fonseca; Perez (2001) observaram que o sal cloreto de potássio apresenta efeito tóxico maior às sementes, seguido pelo cloreto de sódio e pelo cloreto de cálcio.

Objetivou-se na presente pesquisa, avaliar o efeito da salinidade na germinação de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Ochroma pyramidale* através de três agentes osmóticos (NaCl , CaCl_2 e KCl).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia (LaSeM) da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta, MT. Foram conduzidos dois experimentos, em condições de laboratório. As sementes utilizadas de *O. pyramidale* foram coletadas no município de Feliz Natal/MT em agosto de 2011, sendo armazenadas em ambiente refrigerado (temperatura aproximada de 5 °C) em recipiente de vidro.

Para a superação da dormência das sementes, o método utilizado foi por imersão em água quente a 80 °C (FOWLER; BIANCHETTI, 2000). As sementes foram mantidas na água até a temperatura atingir 25 °C.

Para simular o estresse salino, foram utilizados três tipos de sais: NaCl (PM 58,44), CaCl_2 (PM 110,00) e KCl (PM 74,56).

2.1. Estresse salino na germinação das sementes de *O. pyramidale*

Foi adotado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x6, onde as sementes de *O. pyramidale* foram submetidas à germinação em função dos três sais (NaCl , CaCl_2 e KCl) em seis potenciais.

Para simular o estresse salino da espécie estudada, foram utilizadas as soluções dos três sais nos potenciais de 0,0 (controle); -0,1; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa, preparadas a partir da equação de Van't Hoff, citada por Farias et al. (2009). Como controle dos tratamentos, utilizou-se água destilada, sem adição de sal.

Para cada potencial, utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes, distribuídas sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas com 2,5 vezes o seu peso com cada solução proposta e mantidas dentro de caixas de acrílico transparente, tipo gerbox. As avaliações de germinação foram realizadas diariamente, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentavam extensão radicular igual ou superior a 2,0 mm. Foi avaliado o número sementes germinadas por tratamento/repetição após 21 dias. Assim, determinou-se a germinação total, o IVG (índice de velocidade de germinação) e a massa seca de plântulas.

Para avaliação da matéria seca, as plântulas de cada repetição sob diferentes potenciais osmóticos foram acondicionadas em saco de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65 °C, durante 72 horas. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balança de precisão, sendo que os resultados foram determinados em miligramas de matéria seca por plântula e foi considerada, para o cálculo da média de cada repetição, a população de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os dados quantitativos, foram confeccionados gráficos de regressão.

Com base nos resultados obtidos no primeiro experimento, foram selecionados três potenciais osmóticos dos três sais que apresentaram dados significativos, sendo estes os que constituíram os tratamentos utilizados no experimento II.

2.2. Salinidade do substrato no desenvolvimento de plantas de *O. pyramidale*

Foi adotado delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x4, ou seja, as plântulas de *O. pyramidale* foram submetidas aos três sais (NaCl , CaCl_2 e KCl) em quatro potenciais (0,0; -0,1; -0,2; -0,3 MPa), com 4 repetições.

As sementes foram mantidas em caixas gerbox sobre papel mata-borrão e levadas para câmara de germinação por quatro dias. Após a germinação, as plântulas foram transplantadas em recipientes plásticos com capacidade de 500 mL, a uma profundidade de 1,0 cm, contendo solo com textura franco argilosa.

Os potenciais osmóticos utilizados foram: 0,0 (controle); -0,1; -0,2 e -0,3 MPa, cujas soluções foram preparadas da mesma maneira descrita no primeiro experimento, sendo que para o controle, também foi utilizada água destilada. Foram transplantadas oito plântulas por recipiente e após 15 dias, realizou-se o desbaste, mantendo-se quatro plântulas por recipiente. Os recipientes foram mantidos dentro de bandejas

plásticas, sendo irrigados diariamente, buscando-se manter a umidade próxima à capacidade de campo.

Trinta dias após a semeadura, realizou-se a salinização. A salinização do solo foi realizada uma única vez, com o preparo da solução para cada concentração e adicionou-se 30 mL de cada solução em cada recipiente. As avaliações foram realizadas aos 7, 14, 21 e 28 dias. As regas posteriores eram realizadas sempre que necessário, utilizando-se apenas água destilada.

A cada 7 dias eram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta (cm), estado físico visual (escala de notas de 0 a 7), diâmetro do caule (mm) e número de folhas. No último dia de avaliação, também foi mensurada a extensão radicular (cm) e a massa seca (g) de caules + folhas + raízes. A altura da planta e a extensão radicular foram determinadas com auxílio de régua graduada em cm. A nota de estado físico foi determinada por aspectos visuais, sendo 0 a ausência de sintomas de intoxicação e 7 a morte da planta. O diâmetro do caule foi determinado com auxílio de um paquímetro digital.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos fatores qualitativos (sal) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo que para o fator quantitativo (potencial osmótico) foi realizado o teste de regressão polinomial. Tanto no 1º como no 2º experimento, foi utilizado o Software estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2014). Os valores das variáveis 'massa seca de plântula', 'germinação' e 'IVG', que seguiram distribuição assimétrica, foram transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$.

3. RESULTADOS

3.1. Estresse salino na germinação das sementes de *O. pyramidale*

Na Tabela 1, estão apresentados os quadrados médios dos valores de massa seca de plântula, % de germinação e o IVG (índice de velocidade de germinação). Dos fatores observados, houve significância para a interação entre sal e potencial ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas.

Os efeitos sobre a massa seca de plântulas decresceram significativamente desde o primeiro potencial osmótico testado, independentemente do sal testado, indicando que esta variável foi muito sensível à ação negativa do potencial osmótico no desenvolvimento destas (Figura 1).

Tabela 1. Quadrado médio dos valores de massa seca de plântula, de germinação (%) e IVG de sementes de *O. pyramidale* submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos.

Table 1. Mean square dry seedling, germination (%) and IVG values of *O. pyramidale* seeds submitted to different salts and osmotic potentials.

Fatores	Variáveis		
	Massa seca de plântula	Germinação	IVG
Sal	0,000130ns	0,234731ns	0,07323ns
Potencial	0,004164**	85,79916**	17,28643**
Sal * Potencial	0,004338*	18,576896*	0,42978*
Resíduo	0,000186	0,780974	0,180478
C.V. (%)	1,87	22,19	19,71

* e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

ns – não-significativo

Valores transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$.

Verifica-se que houve uma tendência de redução na capacidade de acúmulo de massa seca dos organismos na

medida em que o potencial osmótico era reduzido, evidenciando o prejuízo que estes sais estão provocando nas plântulas, especialmente quando se testou o CaCl_2 , cuja redução em relação à testemunha, no potencial $-0,4\text{MPa}$, foi de 71%. Neste mesmo potencial, NaCl provocou redução de 39% da massa seca das plântulas e, quando testado KCl , a redução foi de 15%.

Nos dois menores potenciais osmóticos testados, o efeito dos sais foi tão drástico que não houve acúmulo de massa seca de plântulas, devido à não germinação das sementes.

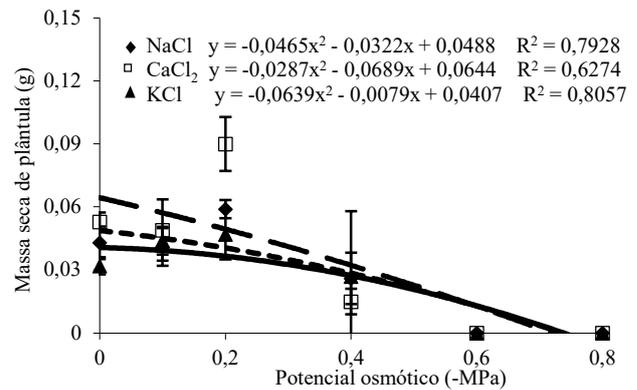


Figura 1. Massa seca de plântulas de *O. pyramidale* cujas sementes foram submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos. Os traços verticais indicam desvio-padrão das médias.

Figure 1. Dry mass of *O. pyramidale* seedlings whose seeds were submitted to different salts and osmotic potentials. Vertical dashes indicate standard deviation of the means.

Quando ao IVG, observou-se que a mesma tendência verificada na variável anterior, se repetiu. Vale ressaltar que é claramente perceptível que as reduções já se iniciaram a partir do primeiro potencial osmótico testado para todos os sais. De maneira similar ao observado no acúmulo de massa seca, o sal CaCl_2 foi o mais prejudicial à variável IVG, provocando redução de 80% neste índice, ao se comparar a testemunha com $-0,4\text{MPa}$. O NaCl reduziu em 68% e o KCl em 36%.

Avaliando-se os valores de porcentagem de germinação encontrados para *O. pyramidale* em diferentes sais e potenciais osmóticos, observa-se que ocorreu redução quando o potencial osmótico se tornava mais negativo, sendo que há maior evidência no potencial $-0,1$ e $-0,2$ MPa para o CaCl_2 e o NaCl e $-0,4$ MPa para o KCl (Figura 3). NaCl reduziu a germinação das sementes em 68% até o potencial osmótico de $-0,4\text{MPa}$. A partir desse potencial, não mais houve germinação das sementes. Para o sal CaCl_2 , a redução foi pouco superior a 60%, até o mesmo potencial osmótico. Já para o sal KCl , a paralização significativa dos eventos germinativos também ocorreu no potencial $-0,4\text{MPa}$, mas provocou redução menor se comparado aos demais sais, aproximando-se de 39% em relação à condição de ausência de sal.

Assim, para germinação das sementes, o limite máximo de tolerância ao estresse salino simulado com NaCl , CaCl_2 e KCl foi verificado em soluções com potencial osmótico de $-0,4$ MPa (Figura 3). Os resultados de germinabilidade das sementes submetidas a substrato embebido com sais também indicam que nos dois menores potenciais, não houve germinação das sementes, independente do sal.

Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Ochroma pyramidale*

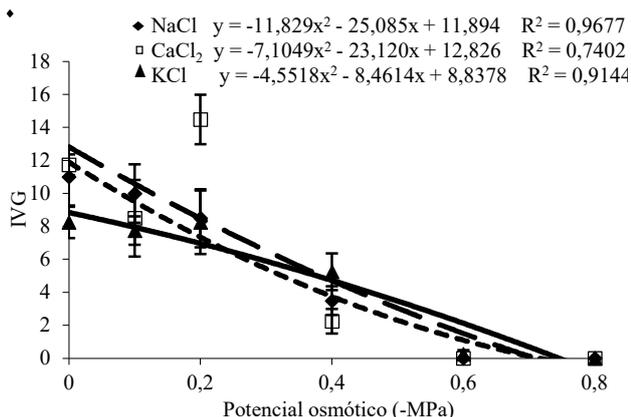


Figura 2. IVG (índice de velocidade de germinação) de plântulas de *O. pyramidale* cujas sementes foram submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos. Os traços verticais indicam desvio-padrão das médias.

Figure 2. IVG (germination speed index) of *O. pyramidale* seedlings whose seeds were submitted to different salts and osmotic potentials. Vertical dashes indicate standard deviation of the means.

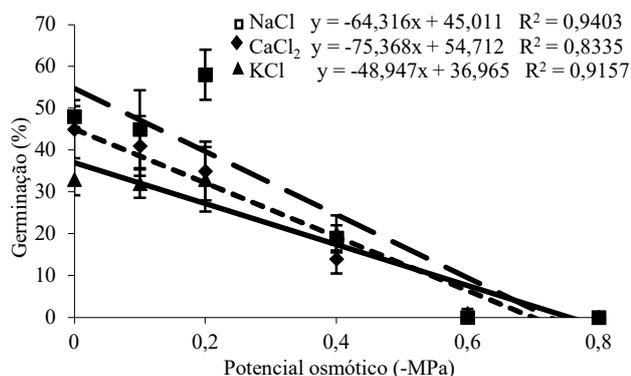


Figura 3. Germinação de sementes (%) de *O. pyramidale* cujas sementes foram submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos. Os traços verticais indicam desvio-padrão das médias.

Figure 3. Seed germination (%) of *O. pyramidale* whose seeds were submitted to different salts and osmotic potentials. Vertical dashes indicate standard deviation of the means.

3.2. Salinidade do substrato no desenvolvimento de plantas de *O. pyramidale*

Na Tabela 2 é apresentado o quadrado médio dos valores de altura (ALT), fitointoxicação (FITO), diâmetro de caule (DIA), número de folhas (FOLHA), comprimento da raiz (RAIZ) e massa seca de plântulas (MSP).

Dos fatores apresentados, houve significância para o sal isoladamente apenas para a variável 'fitointoxicação'. Já para o fator 'potencial osmótico' isoladamente para as seguintes variáveis: 'altura', 'fitointoxicação' e 'número de folhas'; e para a interação entre sal e potencial, apenas para 'fitointoxicação'.

As variáveis 'diâmetro do caule', 'comprimento da raiz' e 'massa seca de plântulas' de *O. pyramidale* não sofreram influência da ação de sais e potenciais osmóticos.

Quanto menor foi o potencial osmótico da solução usada para irrigar as plântulas de *O. pyramidale*, maior foi o seu crescimento em estatura. Entretanto, vale ressaltar que os maiores valores coletados nesses tratamentos tratavam-se de estiolamento das plântulas. Nos potenciais de -0,2 e -0,3 MPa notou-se o crescimento anormal, que culminou no seu

estiolamento. Nesta condição, também verificou-se um desenvolvimento anormal e reduzido no número de folhas das plântulas.

Tabela 2. Quadrado médio dos valores de altura (ALT), fitointoxicação (FITO), diâmetro de caule (DIA), número de folhas (FOL), comprimento da raiz (RAIZ) e massa seca de plântulas (MSP) de *O. pyramidale* submetidas a diferentes sais (S) e potenciais osmóticos (P).

Table 2. Mean square height (ALT), phytointoxication (FITO), stem diameter (DIA), number of leaves (FOL), root length (RAIZ) and dry mass of seedlings (MSP) of *O. pyramidale* submitted to different salts (S) and osmotic potentials (P).

Fator	ALT	FITO	DIA	FOL	RAIZ	MSP
S	0,175 ^{ns}	6,2708**	0,057 ^{ns}	0,0625 ^{ns}	1,3089 ^{ns}	0,002 ^{ns}
P	0,794**	143,694*	0,032 ^{ns}	1,076**	0,3333 ^{ns}	0,004 ^{ns}
S*P	0,113 ^{ns}	4,0486**	0,029 ^{ns}	0,1181 ^{ns}	0,5373 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Res.	0,1126	1,0555	0,0021	0,1736	0,6704	0,0026
C.V.	15,01	21,44	3,98	18,02	25,73	27,93

* e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente
ns – não-significativo

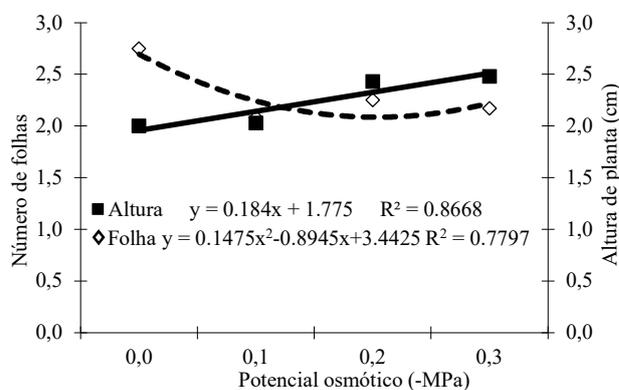


Figura 4. Altura e número de folhas de *O. pyramidale* submetidas a diferentes potenciais osmóticos.

Figure 4. Height and number of leaves of *O. pyramidale* submitted to different osmotic potentials.

Na Figura 5 é possível observar que quanto maior foi o tempo de exposição e menor o potencial osmótico, maiores foram os efeitos da fitointoxicação nas plântulas.

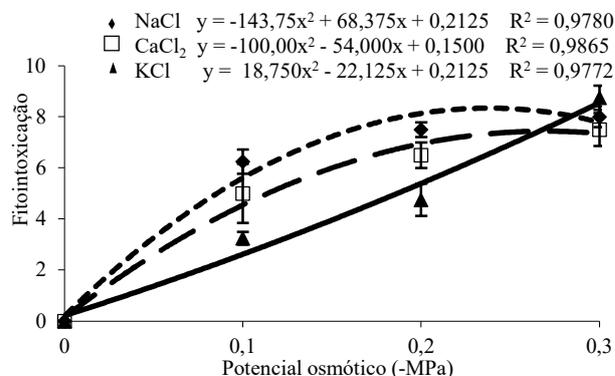


Figura 5. Fitointoxicação de plântulas de *O. pyramidale* submetidas a diferentes sais e potenciais osmóticos. Os traços verticais indicam desvio-padrão das médias.

Figure 5. Phytointoxication of *O. pyramidale* seedlings submitted to different osmotic salts and potentials. Vertical dashes indicate standard deviation of the means.

Entre os agentes osmóticos foi possível verificar diferenças significativas, tais como para o NaCl, que provocou maior sensibilidade da espécie nos potenciais -0,1 e -0,2 MPa quando comparado ao CaCl₂. Já para o KCl, verificou-se que esse foi o sal que causou menor efeito tóxico até o potencial -0,2 MPa. Porém, no menor potencial osmótico (-0,3 MPa), este sal se tornou o mais significativo, seguido pelo NaCl e CaCl₂.

4. DISCUSSÃO

4.1. Estresse salino na germinação das sementes de *O. pyramidale*

A menor absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes desse meio, com menor grau de umidade, apresentam menor desenvolvimento, caracterizado por redução na germinabilidade das sementes e menor acúmulo de peso da matéria seca (TAIZ; ZEIGER, 2004), provocando os efeitos que culminaram nos resultados encontrados neste trabalho.

De acordo com Lima; Torres (2009), o elevado teor de sais, especialmente de NaCl, pode inibir a germinação devido a diminuição do potencial osmótico, ocasionando prejuízos as demais fases do processo. Quando o conteúdo de NaCl no solo é alto, a absorção de nutrientes minerais é reduzida, especialmente NO³⁻, K⁺ e Ca²⁺ (LARCHER, 2004).

A maioria das espécies florestais é afetada negativamente pela salinidade do substrato, que afeta o seu desenvolvimento, entretanto, germinação, emergência e crescimento inicial são as fases mais prejudicadas pela presença de algum agente salino (ARAÚJO et al., 2016; PEREIRA et al., 2016), como ocorreu nesta pesquisa, com as plântulas de *O. pyramidale*.

O aumento na concentração salina do substrato provocou a redução na capacidade de absorção de água pelas sementes, influenciando negativamente na capacidade germinativa destas, mesmo que estas apresentassem condições de elevado vigor. Além disso, é comum ocorrer rompimento das camadas tegumentares, gerando danos significativos no embrião, que podem levar à (ANDRÉO-SOUZA et al., 2010; DUTRA et al., 2017).

Resultados semelhantes também foram constatados por Torres et al. (2007) em sementes de melancia, os quais observaram que as plântulas em solução de NaCl tiveram redução na massa seca quando o potencial se tornou mais negativo. Resultados semelhantes também foram observados por Nery et al. (2009) e Oliveira et al. (2010b), em crescimento inicial do pinhão-manso, ao qual observaram que com o aumento do potencial osmótico a biomassa era reduzida.

Quanto à redução na velocidade de germinação das sementes de *O. pyramidale*, outras pesquisas também verificaram resultados similares. Em semente de *Gliricidia sepium* submetidas ao estresse salino de NaCl, Farias et al. (2009) observaram que o IVG se tornou menor à medida que o potencial osmótico ficou mais negativo. Reduções na velocidade de germinação também foram observados por Braga et al. (2008) em sementes de *Schizolobium amazonicum* no potencial osmótico de -0,1 MPa para NaCl e CaCl₂; assim como Stefanello et al. (2006) em funcho (*Foeniculum vulgare*).

Nota-se que na medida em que se elevavam as concentrações dos sais, menor era a velocidade de germinação. Moura et al. (2011) verificaram resultados semelhantes na germinação de *Mimosa caesalpinifolia*. As sementes, em geral, necessitam de um maior tempo em contato com a solução para ocorrer o processo de embebição e absorção de águas suficiente para o início do processo de germinação. E a presença de sais nas sementes pode ter provocado alterações no metabolismo destas plântulas, reduzindo ainda mais a velocidade do processo.

Quanto à germinabilidade das sementes, resultados semelhantes também foram relatados por Braga et al. (2008), afirmando que a germinação de sementes de *S. amazonicum* era reduzida já a partir de -0,1 MPa em solução de CaCl₂ e -0,2 MPa em solução de NaCl. Moterle et al. (2006) verificaram que a germinação de sementes de três cultivares de milho-pipoca em solução de KCl, apresentaram decréscimos de germinação e de plântulas normais para todas as cultivares, promovendo inibição total quando as sementes foram submetidas ao menor potencial (-0,9 MPa). Assim também foi constatada para *O. pyramidale*, que nos menores potenciais testados, houve inibição total tanto na solução de KCl quanto para as soluções de NaCl e CaCl₂.

O efeito inibitório causado pelas soluções de CaCl₂, como verificado no presente estudo, pode estar associado ao fato do Ca²⁺ ser um importante mensageiro secundário da transdução de sinais, portanto, pequenas flutuações na concentração de Ca²⁺ citossólico acabam alterando as atividades de diversas enzimas antioxidantes e também alguns hormônios vegetais (OLIVEIRA et al., 2010a).

Dalberto; Braga (2013) também relataram resultados semelhantes em sementes de *O. pyramidale*, pois observaram que o limite máximo de tolerância variou entre -0,3 e -0,4 MPa em solução de CaCl₂ e entre -0,4 e -0,5 MPa em soluções de NaCl e KCl.

A inibição do crescimento ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, que causa a seca fisiológica, como ao efeito tóxico ocasionado pela concentração de íons no protoplasma (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A salinidade afeta a germinação não só dificultando a cinética de absorção da água, mas também facilitando a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes embebidas (LIMA; TORRES, 2009). Assim, impediram a germinação das sementes de *O. pyramidale*. Fonseca; Perez (2001) também observaram que com o aumento das concentrações de KCl, NaCl e CaCl₂ em meio germinativo de sementes de *A. pavonina* promoveram decréscimo na germinação.

A água foi osmoticamente retida em uma solução salina, ao qual com o aumento da concentração dos sais torna a água cada vez menos disponível a planta. Um excesso de íons, como o Na⁺ e Cl⁻, causa distúrbios no protoplasma, afetando a atividade enzimática e produção inadequada de energia, como consequência, a assimilação de nitrogênio é limitada (LARCHER, 2004).

4.2. Salinidade do substrato no desenvolvimento de plantas de *O. pyramidale*

A ação de íons em determinadas concentrações pode induzir o crescimento da planta, como é o caso do Na⁺. Possivelmente, a causa para o crescimento anormal das plântulas de *O. pyramidale*, tenha sido pelo desequilíbrio e os distúrbios funcionais e posteriores injúrias que causaram

alterações nos processos fisiológicos e fotossintéticos destas. Além disso, o elevado conteúdo de sais como o NaCl, pode provocar alteração na absorção de outros elementos minerais essenciais para o desenvolvimento das plantas, causando desequilíbrio e, em alguns casos, o estiolamento temporário até a exaustão da energia da plântula, causando posteriormente sua morte (AVRELA et al., 2019). Afinal, ultrapassando determinados limites, a planta pode ter seu crescimento afetado negativamente (FURTADO et al., 2007).

O acúmulo de sal no substrato e a consequente redução do potencial osmótico pode provocar danos no desenvolvimento inicial das plantas e promover redução na produção e no crescimento foliar (KINRAIDE, 1999). Assim, este fato foi verificado para o número de folhas no presente estudo, ao qual na medida em que o potencial osmótico se tornava mais negativo, menor foi a quantidade de folhas produzida (Figura 4).

Resultados semelhantes aos observados em *O. pyramidale* também foram relatados por Nery et al. (2009) que, avaliando o crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) sob irrigação com águas salinas em solo com matéria orgânica, afirmaram que a salinidade prejudicou a emissão de folhas das plantas jovens.

Esse efeito deve-se ao fato das sementes serem sensíveis à salinidade, quando semeadas em soluções salinas, pois inicialmente ocorre uma diminuição na absorção de água. A partir daí, sob restrição hídrica, a planta tende a sofrer constante fechamento estomático e consequentemente menor sequestro de CO₂. Nesta situação, há menor produção do fotoassimilado e assim, reduzindo a taxa de desenvolvimento, resultando em folhas menores e em menor número (ESTEVES; SUZUKI, 2008). Em segundo plano, a fitointoxicação causada pela absorção dos íons e a competição com outros nutrientes proporciona um quadro de danos que pode levar à morte da planta.

Nesta pesquisa, verificou-se que o sal CaCl₂ provocou maiores efeitos, mesmo nos menores potenciais, se comparado ao NaCl. O KCl foi o sal que provocou menores efeitos tóxicos. Fonseca; Perez (2001) também relataram diferenças entre os sais, sendo que em sementes de *A. pavonina*, o sal KCl foi o que apresentou maior efeito tóxico seguido pelo NaCl e pelo CaCl₂.

5. CONCLUSÕES

A salinidade interfere na germinação de sementes *Ochroma pyramidale*, havendo redução à medida que os potenciais se tornam mais negativos.

O limite máximo de tolerância ao estresse salino na germinação pelos agentes osmóticos NaCl, CaCl₂ e KCl é inferior a -0,1 MPa, sendo inibida a partir de -0,6 MPa.

No desenvolvimento de plantas de *Ochroma pyramidale*, o CaCl₂ é o sal que provoca maiores efeitos negativos, seguido pelo NaCl e o KCl.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à equipe do LaSeM/Ceptam/Unemat pelo apoio para realização das atividades necessárias à implantação e realização da pesquisa. Agradecimento aos Pesquisadores Marcio Takeo Yamashita e Renata Yonaha Zocante pelo aporte técnico para o desenvolvimento da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- AHMED, M.; QAMAR, I. A. Rehabilitation and productive use of salt affected lands through afforestation. **Science Vision**, Islamabad, v.9, n.1, p.178-191, 2004.
- ANDRÉO-SOUZA, Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S.; RIBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R. V.; VASTRO, 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, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000200010>
- ARAÚJO, E. B. G.; SA, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.11, n.2, p.462-471, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1726>
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, London, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>
- AVRELA, E. D.; EMER, A. A.; PAIM, L. P.; FIOR, C. S.; SCHEFER, G. Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 74, p. e2019004, 2019. DOI: <http://doi.org/10.21826/2446-82312019v74e2019004>
- BALSA RORAIMA. **Conheça o pau de balsa (*Ochroma pyramidale*)**. Disponível em: <<http://balsa-rr-projoupverde.blogspot.com.br/2011/04/conhecendo-o-pau-de-balsa.html>>. Acesso em: 28 mar. 2016.
- BETONI, R.; SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Sterculiaceae). **Revista Árvore**, Lavras, v. 35, n. 3, p.605-616, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400004>
- BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; CESARO, A. S.; LIMA G. P. P.; GONÇALVES, A. N. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.78, p.157-163, 2008.
- BRASIL_MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SAND/DNDV/CLAV, 2009. 365 p.
- DALBERTO, D. S.; BRAGA, L. F. Estresse osmótico e putrescina na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam) Urb (Malvaceae). **Cientifica**, Jaboticabal, v. 41, p. 99-110, 2013.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MOREIRA, P. R.; RIBEIRO, E. S. M. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 91, p. 323-330, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1447>
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FARIAS, S. G. G.; FREIRE, A. L. O.; SANTOS, D. R.; BAKKE I. A.; SILVA, R. B. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.152-157, 2009.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenantha pavonina* L.): ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 14-20, 2001.
- FOWLER, A. J. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 40).
- FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 224-227, 2007.
- KINRAIDE, D. Interactions among Ca_2^+ , Na^+ and K^+ in salinity toxicity: quantitative resolution of multiple toxic and ameliorative effects. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 338, p. 1495-1505, 1999. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/jxb/50.338.1495>
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.
- LEÃO, N. V. M.; FREITAS, A. D. D.; CARRERA, R. H. A. **Pau-de-balsa: *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban**. Manaus: INPA, 2008. 2 p. (Informativo técnico Rede de Sementes da Amazônia, 19).
- LIMA, B. G.; TORRES, S. B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum, Nova Odessa, 2014. 381 p.
- MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2006. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000300024>
- MOURA, M. R.; LIMA, R. P.; FARIAS, S. G. G., ALVES A. R.; SILVA, R. B. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 230-235, 2011.
- NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 551-558, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000500007>
- OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-16, 2010a.
- OLIVEIRA, I. R. S.; OLIVEIRA, 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, 2010b.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.19, n.2, p.1308-1324, 2015.
- PEREIRA, F. E. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; TORRES, S. B.; MARTINS C. C.; BRITO, S. F. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 7, p. 649-653, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n7p649-653>
- STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. L.; MUNIZ, M. F. B.; WRASSE, C. F. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 135-141, 2006. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222006000200018>
- TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. Editora: Artmed, 3. ed. Porto Alegre, 2004. 719 p.
- TORRES, S. B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 77-82, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000300010>
- VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M. **Pau de balsa (*Ochroma pyramidale*) fam. Bombacaceae**. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=96>>. Acesso em: 28 mar. 2016.