



Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais

Tiago Reis Dutra¹, Marília Dutra Massad¹, Priscila Ribeiro Moreira¹, Érika Susan Matos Ribeiro²

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Km 02, Rodovia Salinas, Taiobeiras, CEP 39560-000, Salinas, MG, Brasil

²Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 4, CP 95, CEP 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil

*Autor correspondente:
tiagoreisdutra@gmail.com

Termos para indexação:

Velocidade de germinação
Massa seca total
Estresse

Index terms:

Germination speed
Total dry mass
Stress

Recebido em 18/05/2017
Aprovado em 23/08/2017
Publicado em 29/09/2017

doi: 10.4336/2017.pfb.37.91.1447

Resumo – O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do estresse salino na germinação e crescimento inicial de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) e pau-formiga (*Triplaris americana* L.), além de determinar a máxima tolerância das três espécies arbóreas florestais à presença de NaCl na solução de embebição. Foi adotado delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, no esquema fatorial 3 x 5, sendo estudada a resposta das três espécies a cinco níveis de potencial osmótico (0; -0,3; -0,6; -1,2 e -1,8 MPa), por simulação de estresse salino com NaCl. Aos 28 dias após semeadura foram avaliados: percentagem de germinação; índice de velocidade de germinação (IVG); tempo médio de germinação; comprimento da maior raiz; massa seca da parte aérea, raízes e total. A germinação e o crescimento inicial de plântulas de tamboril e canafistula foram afetados negativamente pelo aumento da concentração salina do meio. Pau-formiga mostrou-se mais tolerante ao estresse salino, apresentando elevação dos valores médios de percentagem de germinação, IVG, comprimento da maior raiz e produção de massa seca total em potenciais osmóticos variando de -0,81 a -1,15 Mpa. Os maiores valores médios de produção de massa seca da parte aérea, raízes e total foram observados em plântulas de tamboril.

Salinity effect on germination and initial growth of seedlings of three forest tree species

Abstract - The objective of this work was to evaluate the effect of saline stress on germination and initial growth of canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) and pau-formiga (*Triplaris americana* L.), in addition to determining the maximum tolerance to the presence of NaCl in imbibitions solution. A completely randomized design with four replicates of 50 seeds was used in factorial scheme 3 x 5. The response of the three species to five levels of osmotic potentials (0.0; -0.3; -0.6; -1.2 e -1.8 MPa) was evaluate, simulating saline stress with NaCl. At 28 days after sowing, germination percentage; germination speed index (GSI); germination time; root length and root shoot s and total dry mass were evaluated. Germination and initial growth of tamboril and canafistula were negatively affected by saline concentration increase of the medium. Pau-formiga showed more tolerance to saline stress, presenting an increase in the mean values of germination percentage, GSI, length of the largest root and total dry mass production in osmotic potentials varying from -0.81 to -1.15 MPa. The highest average production of shoot, roots and total dry mass was observed in tamboril seedlings.

Introdução

O estresse salino é responsável por grande impacto negativo no crescimento vegetal, sendo capaz de promover alterações em funções metabólicas, fisiológicas e também anatômicas das plantas.

Estima-se que a representatividade dos solos salinos em todo o mundo é algo em torno de 397 milhões de ha, e que mais de 6% dos solos mundiais e 30% das áreas irrigadas apresentam problemas de salinização, principalmente, em virtude da intensa evapotranspiração, baixas precipitações, qualidade da água de irrigação e manejo inadequado do sistema de irrigação (Brilhante et al., 2007).

Em muitas espécies, o estresse salino imposto pelo meio de crescimento é capaz de inibir a germinação e o estabelecimento inicial da plântula. Isso ocorre não somente pela redução do gradiente de potencial hídrico entre a semente e o solo, mas também devido à alteração significativa de seu metabolismo, levando à inibição da mobilização das reservas e a distúrbios no sistema de membranas do eixo embrionário (Marques et al., 2011).

O início do processo germinativo é marcado pela absorção de água por embebição. Porém, há necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação que permita a reativação dos seus processos metabólicos (Braga et al., 2009). Nesse sentido, a presença do sal acarreta diminuição do potencial hídrico do meio de crescimento com o conseqüente aumento do gradiente osmótico entre ele e as sementes, o que dificulta o mecanismo de embebição e conduz ao decréscimo do processo germinativo (Melloni et al., 2012).

Além da diminuição na absorção de água, ocorre também a entrada de íons, especialmente de Na^+ e Cl^- , suficientes para provocarem a toxicidade sobre o embrião e/ou células da membrana do endosperma. As concentrações tóxicas desses íons também podem afetar outros processos, como divisão e diferenciação celular, atividade de enzimas e captação e distribuição de nutrientes, ocasionando atraso na emergência das plântulas e da mobilização das reservas, ou até mesmo diminuindo a viabilidade das sementes (Voigt et al., 2009).

O grau com que o estresse salino influencia a germinação e o crescimento inicial de plântulas é dependente de muitos fatores como, por exemplo, a espécie vegetal. A resposta das espécies vegetais à salinidade é um fenômeno complexo, envolvendo

alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos (Fougère et al., 1991).

A resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar, por meio de regulação salina, que excessivas quantidades de sal provenientes do substrato alcancem o protoplasma e também de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (Larcher, 2000). Segundo Taiz & Zeiger (2009), as plantas de ambientes salinos podem ser divididas em dois grandes grupos de tolerância: as glicófitas, que apresentam menor resistência à salinidade, e as halófitas, que vivem em solos com alta concentração de sais por possuírem determinados mecanismos de sobrevivência.

O conhecimento sobre a influência do estresse na germinação de sementes tem importância especial na ecofisiologia, para avaliar os limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies; além disso, a capacidade das sementes de algumas dessas espécies em germinar sob condições de estresse confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis (Lavezo et al., 2015).

Um dos procedimentos mais difundidos para investigação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação em meio de crescimento salino (Lima & Torres, 2009). A redução do poder germinativo, em comparação ao tratamento controle, serve como um indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade (Góis et al., 2008). Segundo Taiz & Zeiger (2009), a avaliação da capacidade germinativa utilizando esse método indica, também, a tolerância das plantas aos sais em estádios subsequentes do desenvolvimento.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito do estresse salino proporcionado pelo uso de NaCl na germinação e crescimento inicial de plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) e pau-formiga (*Triplaris americana* L.), além de determinar a máxima tolerância das três espécies arbóreas florestais à presença de NaCl na solução de embebição.

Material e métodos

As sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e pau-formiga (*Triplaris americana*) foram coletadas em julho de 2014,

no município de Salinas, MG, situado na região Norte de Minas Gerais (22°13'16" S e 54°48'2" W), a 452 m de altitude. O estudo foi realizado por 28 dias durante o mês de agosto de 2014 e conduzido no Laboratório de Sementes e Propagação de Espécies Florestais do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), *Campus Salinas*.

Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 repetições de 25 sementes, no esquema fatorial 3 x 5, sendo estudada a resposta das três espécies (canafístula, tamboril e pau-formiga) em 5 potenciais osmóticos (0; -0,3; -0,6; -1,2 e -1,8 MPa), obtidos com NaCl para simulação de estresse salino. As soluções de NaCl foram preparadas segundo fórmula de Vant'Hoff (equação 1).

$$\Psi_{osm} = -RTC \quad (1)$$

onde: Ψ_{osm} - potencial osmótico (atmosfera); R - constante geral dos gases = 0,082 atm Lmol⁻¹ °K⁻¹; T - temperatura (°K); C - concentração molal (mols de soluto 10⁻³ g⁻¹ de água).

Para superação da dormência tegumentar das sementes de canafístula e tamboril, as mesmas foram submetidas à escarificação mecânica com o uso de lixa n° 60 e, posteriormente, imersas em água quente (95 °C) e deixadas em repouso fora do aquecimento, por 24 h, à temperatura constante de 25 °C (Dutra et al., 2013). Não foi necessária a adoção de métodos de superação de dormência nas sementes de pau-formiga.

Em seguida, procedeu à higienização das mesmas em hipoclorito de sódio (2%) por 3 min, sendo posteriormente semeadas, obedecendo a um espaçamento equidistante, sobre três folhas de papel Germitest®, sendo duas como base e uma para cobrir, umedecidas com o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco com as soluções descritas anteriormente. Em seguida, os papéis foram enrolados e embalados, em sacos plásticos transparentes, vedados, a fim de reduzir a perda de umidade, e mantidos em incubadora do tipo BOD à temperatura de 25 °C ± 1 °C e fotoperíodo de 8 h.

Aos 28 dias após semeadura foram avaliados: percentagem de germinação (G); índice de velocidade germinação (IVG); tempo médio de germinação (TMG); comprimento da parte aérea (cm) e sistema radicular (cm); além das massas seca da parte aérea (MSPA, g planta⁻¹), raízes (MSR, g planta⁻¹) e total (MST = MSPA + MSR, g planta⁻¹).

O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente, sempre no mesmo horário, adotando-se como critério de germinação as sementes que emitiram raiz primária (Brasil, 2009). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962), e o tempo médio de germinação (TMG), segundo fórmula proposta por Laboriau (1983), sendo o resultado expresso em dias após a semeadura. Os comprimentos da parte aérea e do sistema radicular das plântulas foram determinados com auxílio de uma régua milimetrada.

Todas as plântulas, após realização das mensurações anteriores, foram colhidas e separadas em parte aérea e sistema radicular. Posteriormente, as mesmas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a aproximadamente 65 °C, até peso constante, avaliando-se a massa seca da parte aérea, raízes e total.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o efeito da espécie foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05). Os efeitos dos níveis de potenciais osmóticos foram analisados por meio de regressões, e o valor de F corrigido. Foram apresentadas somente as equações cujos coeficientes de maior grau foram significativos (p < 0,05). As análises foram realizadas utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013) do software livre R (R Core Team, 2015). Para a representação gráfica das regressões utilizou-se o software SigmaPlot 11.0.

Resultados

Para as variáveis porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento da maior raiz e massa seca total observou-se o efeito da interação entre o potencial osmótico e as espécies florestais (Tabela 1).

Ao analisar o comportamento das três espécies dentro de cada potencial osmótico testado, pode-se observar que o tamboril e a canafístula, no tratamento com ausência de sal (0 Mpa), apresentaram os maiores valores médios em todas variáveis, exceto para tempo médio de germinação (Tabela 1). Notou-se também que para essas mesmas espécies a elevação da concentração de NaCl proporcionou a queda nos valores médios de IVG e comprimento da maior raiz, atingindo menores valores no tratamento -1,8 MPa (Tabela 1). A maior concentração de sal avaliada no trabalho (-1,8 MPa) também foi responsável por promover o menor valor de IVG de pau-formiga.

A canafístula apresentou uma resposta linear decrescente para as variáveis germinação (Figura 1a), IVG (Figura 1b) e comprimento da maior raiz (Figura 1d). O tamboril também apresentou uma queda linear nos valores de IVG com a diminuição do potencial osmótico (Figura 1b).

Para as três espécies em estudo, a elevação da concentração de NaCl no meio de crescimento foi responsável por proporcionar um aumento do TMG (Figura 1c).

Apesar dos menores valores médios das variáveis em que a interação foi significativa em pau-formiga, em

comparação com tamboril e canafístula, notou-se que aquela espécie apresentou maior tolerância ao estresse salino provocado pelo uso do NaCl (Tabela 1).

O tamboril exibiu valores médios de produção de massa seca da parte aérea equivalentes a 0,926 g planta⁻¹, sendo bem superior aos verificados em canafístula e pau-formiga (0,283 e 0,270 g planta⁻¹, respectivamente) (Figura 2a). O mesmo ocorreu na produção de massa seca de raízes (Figura 2b), onde tamboril apresentou média de 0,485 g planta⁻¹, valor sete vezes superior aos verificados nas demais espécies.

Tabela 1. Comportamento do percentual de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento da maior raiz e massa seca total de plântulas de três espécies arbóreas florestais em resposta a interação entre as espécies estudadas e os potenciais osmóticos avaliados.

Espécie	Potencial osmótico (MPa)				
	0	-0,3	-0,6	-1,2	-1,8
	Germinação (%)				
Tamboril	98,0 A a	98,0 A a	100,0 A a	99,0 A a	96,0 A ab
Canafístula	98,0 A a	94,0 A a	97,0 A a	93,0 AB ab	84,0 B b
Pau-formiga	56,0 B c	71,0 B b	86,0 A a	84,0 B a	79,0 B ab
	Índice de velocidade de germinação				
Tamboril	46,3 A a	46,1 A a	45,7 A ab	40,7 A b	35,1 A c
Canafístula	47,5 A a	44,4 A a	43,5 A a	34,8 B b	27,0 B c
Pau-formiga	25,4 B b	31,7 B a	34,3 B a	31,5 B a	22,8 B c
	Tempo médio de germinação (dias)				
Tamboril	2,7 A c	2,7 A c	2,9 B c	3,8 B b	4,6 C a
Canafístula	2,5 A d	2,7 A d	3,2 B c	4,5 A b	5,6 B a
Pau-formiga	3,1 A c	3,1 A c	4,1 A b	4,4 A b	6,4 A a
	Comprimento da maior raiz (cm)				
Tamboril	5,3 A a	5,9 A a	4,4 A b	4,9 A b	3,9 A c
Canafístula	4,4 A ab	4,7 B a	4,3 A ab	3,3 B b	1,8 B c
Pau-formiga	1,5 B c	4,4 B ab	4,0 A b	5,5 A a	4,4 A ab
	Massa seca total (g planta⁻¹)				
Tamboril	1,473 A ab	1,628 A a	1,305 A b	1,411 A ab	1,241 A b
Canafístula	0,256 B b	0,388 B b	0,571 B a	0,386 B b	0,280 B b
Pau-formiga	0,231 B b	0,341 B a	0,335 B a	0,378 B a	0,277 B b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

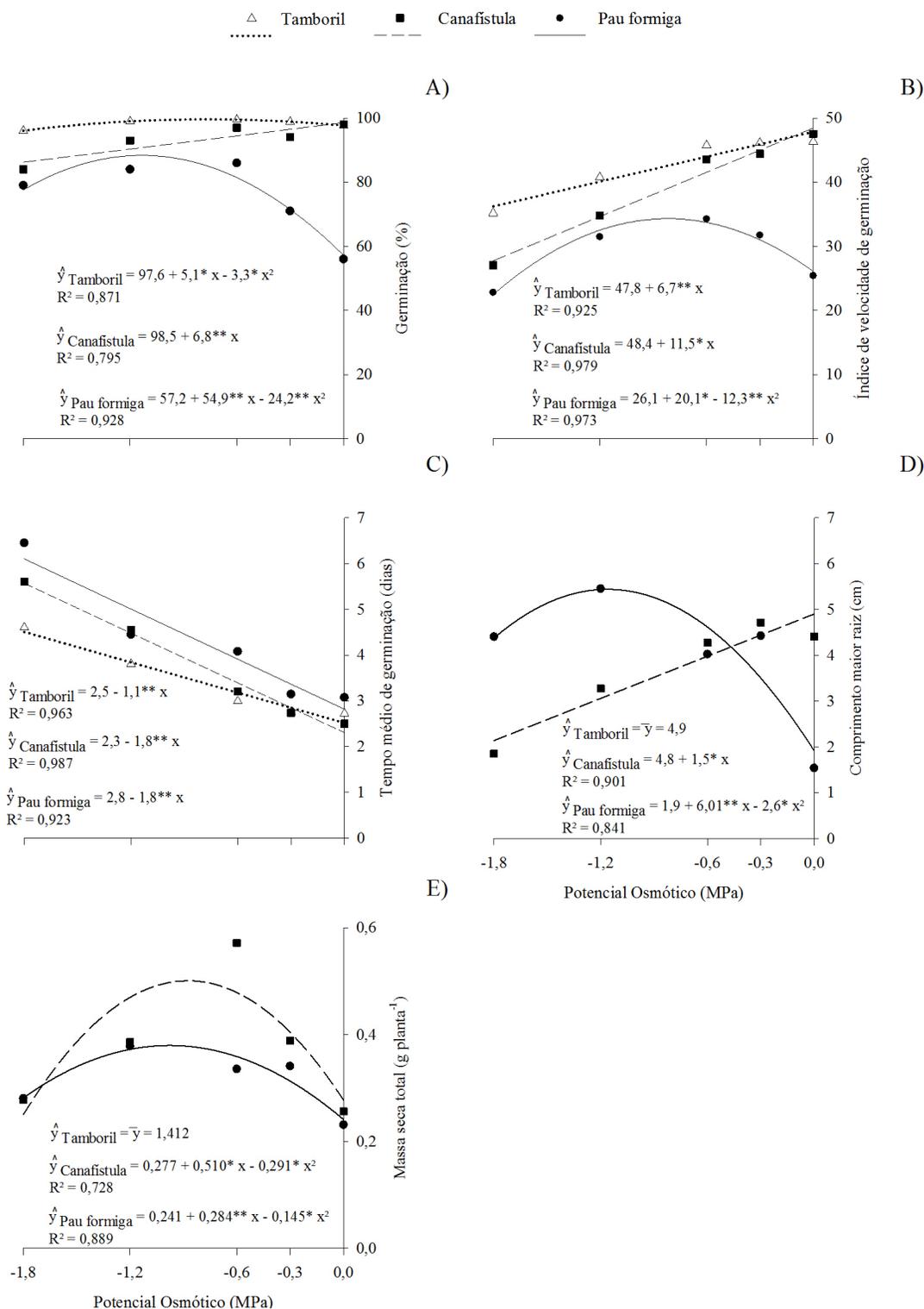


Figura 1. Percentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), tempo médio de germinação (C), comprimento da maior raiz (D) e massa seca total (E) de plântulas de três espécies arbóreas florestais em resposta aos diferentes potenciais osmóticos.

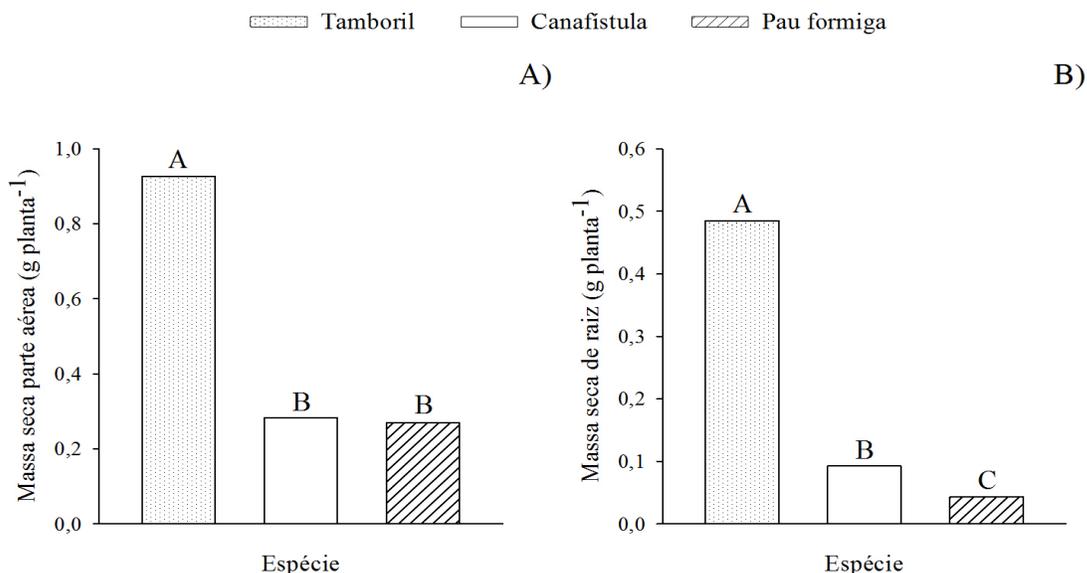


Figura 2. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca de raízes (B) de plântulas de três espécies arbóreas florestais submetidas ao estresse salino.

Discussão

Para o tempo médio de germinação (TMG), observou-se que tamboril apresentou os menores valores nas concentrações mais elevadas do sal no meio de crescimento (Tabela 1), resultando, assim, em um menor número de dias necessários para alcançar 50% de sementes germinadas.

Notou-se que, para a canafistula, as variáveis germinação (Figura 1a), índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 1b) e comprimento da maior raiz (Figura 1d), assim como o IVG (Figura 1b) verificado para tamboril, houve uma queda acentuada nos valores médios à medida que o potencial osmótico diminuía; comportamento também relatado por Dutra et al. (2014) e Nunes et al. (2014) para *Jacaranda pteroides* Silva Manso (carobinha-do-campo) e *Alibertia edulis* (Rich) A. Rich. ex DC. (marmelo), respectivamente.

O excesso dos íons Na^+ e Cl^- pode ter sido responsável por esse comportamento, uma vez que os mesmos tendem a causar a diminuição da intumescência protoplasmática (Ferreira & Borghetti, 2004), afetando a atividade enzimática, resultando, principalmente, na produção inadequada de energia por distúrbios na cadeia respiratória, além do efeito tóxico, devido à concentração de íons no protoplasma (Guedes et al., 2011). Silva et al. (2007) ressaltam que 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 menores comprimentos de plântulas.

Pode-se atribuir a queda nos valores médios de IVG nos potenciais osmóticos mais negativos observados em canafistula e tamboril (Figura 1a) ao fato de que a elevação da concentração de sais no meio de crescimento causa uma redução no potencial hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que geralmente influencia negativamente a capacidade germinativa (Souza et al., 2010), além da possibilidade de ocasionar o rompimento das camadas tegumentares e causar danos ao embrião, podendo levar à morte das sementes (Freitas et al., 2013).

Ao avaliarem o efeito do estresse salino na germinação de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (catingueira) e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), Santos et al. (2016) observaram queda nos valores médios de germinação e IVG das duas espécies quando submetidas aos potenciais osmóticos mais negativos. Comportamento semelhante também foi notado por Lopes et al. (2015) estudando os efeitos da salinidade na germinação de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau d'alho).

O aumento do tempo médio de germinação observado para as três espécies (Figura 1c) com a maior presença de NaCl no meio de crescimento, pode ser explicado pelo

fato do cloreto de sódio ser um sal de alta solubilidade, sendo dessa maneira muito nocivo às sementes (Ferreira & Rebouças, 1992). Ao absorverem água do substrato, as sementes também absorvem o sal, que em excesso provoca toxidez e, conseqüentemente, acarreta distúrbios fisiológicos às sementes. A elevação do TMG com a maior presença do cloreto de sódio no substrato também foi observada por Cruz et al. (2016) e Lavezo et al. (2015) em *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. e *Petiveria alliacea* L., respectivamente.

Para o percentual de germinação (Figura 1a), IVG (Figura 1b), comprimento da maior raiz (Figura 1d) e produção de massa seca total (Figura 1e), pau-formiga apresentou uma resposta quadrática positiva aos potenciais osmóticos avaliados, atingindo seus valores máximos em -1,13; -0,81; -1,15 e -0,91 MPa, respectivamente, demonstrando assim sua maior capacidade de tolerar maiores concentrações de NaCl em seu meio de crescimento. Espécies que apresentam maior tolerância ao estresse salino utilizam alguns mecanismos bioquímicos e fisiológicos para sobreviverem à essa condição adversa. Segundo Gupta & Huang (2014), estes mecanismos incluem a homeostase iônica e compartimentalização, mudanças no transporte e absorção, biossíntese de osmoprotetores e solutos compatíveis, modulação de hormônios e a ativação de enzimas antioxidantes, que promovem desintoxicação celular.

Tolerância ao estresse salino proporcionado pelo uso do NaCl foi observado por outros autores. Pereira et al. (2016) e Farias et al. (2009) relatam que sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (catanduva) e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (gliricídia) toleraram concentrações salinas com potencial osmótico de até -0,6 e -0,5 Mpa, respectivamente.

As variáveis produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas sofreram efeito isolado nas espécies avaliadas (Figura 2), tendo tamboril alcançado os maiores valores médios. Uma explicação para esse comportamento pode estar relacionada ao fato de que a espécie foi capaz de desenvolver um ajustamento osmótico superior ao das outras espécies, colaborando, assim, para a manutenção da absorção de água e turgescência celular, garantindo a ocorrência de processos fisiológicos vitais como, por exemplo, a expansão celular (Sakamoto & Murata, 2002), e possibilitando, maior produção de massa seca.

Conclusões

A germinação e crescimento inicial de plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* foram afetados negativamente pelo aumento da concentração salina do meio.

Triplaris americana L. mostrou-se mais tolerante ao estresse salino, apresentando elevação dos valores médios de percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da maior raiz e produção de massa seca total em potenciais osmóticos variando de -0,81 a -1,15 Mpa.

Entre as espécies estudadas, *E. contortisiliquum* apresentou os maiores valores médios de produção de massa seca da parte aérea, raízes e total.

Referências

- Braga, L. F. et al. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 63-70, 2009. DOI: 10.1590/S1516-05722009000100011.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretária de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- Brilhante, J. C. A. et al. Influência do tempo de aclimação na resposta do cajueiro à salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 173-179, 2007. DOI: 10.1590/S1415-43662007000200007.
- Cruz, F. R. S. et al. Estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1189-1199, 2016. DOI: 10.5902/1980509825110.
- Dutra, T. R. et al. Germinação e crescimento inicial de plântulas de carobinha-do-campo submetido ao estresse hídrico e salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 4, p. 39-45, 2014.
- Dutra, T. R. et al. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafistula. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 72-78, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000100011
- Farias, S. G. G. et al. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 152-157, 2009.
- Ferreira, A. G. & Borguetti, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324 p.
- Ferreira, E. B. et al. **ExpDes.pt: experimental designs package**. R package version (1.1.2). 2013. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes/index.html>>. Acesso: 26 nov. 2013.

- Ferreira, L. G. & Rebouças, M. A. A. Influência da hidratação e desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p. 609-615, 1992.
- Fougère, F. et al. Effects of salt stress on amino acids, organic acids and carbohydrate composition of roots, bacteroids and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Plant Physiology**, v. 96, p. 1228-36, 1991.
- Freitas, A. R. et al. Superação da dormência de sementes de jatobá. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 01-05, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.73.350.
- Góis, V. A. et al. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 64-67, 2008.
- Guedes, R. S. et al. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 279-288, 2011. DOI: 10.1590/S0101-31222011000200010.
- Gupta, B. & Huang, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, Article ID 701596, 18 p. 2014. DOI: 10.1155/2014/701596.
- Laboriau, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 171 p.
- Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- Lavezo, A. et al. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 622-630, 2015. DOI: 10.1590/1983-084X/14_026.
- Lima, B. G. & Torres, S. B. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 93-99, 2009.
- Lopes, J. C. et al. Germinação e vigor de sementes de pau d'álho sob estresse salino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 169-177, 2015. DOI: 10.4336/2015.pfb.35.82.631.
- Maguire, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.
- Marques, E. C. et al. Efeitos do estresse salino na germinação, emergência e estabelecimento da plântula de cajueiro anão precoce. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 993-999, 2011. DOI: 10.1590/S1806-66902011000400023.
- Melloni, M. L. G. et al. Espermidina exógena atenua os efeitos do NaCl na germinação e crescimento inicial de leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 495-503, 2012. DOI: 10.1590/S0101-31222012000300018.
- Nunes, D. P. et al. Germinação de sementes de marmelo: temperatura, luz e salinidade. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1737-1745, 2014.
- Pereira, F. E. C. B. et al. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 649-653, 2016. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n7p649-653.
- R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: < <http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15 abr. 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, p. 163-171, 2002.
- Santos, C. A. et al. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.87.1017.
- Silva, R. N. et al. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 40-44, 2007. DOI: 10.1590/S0101-31222007000100006.
- Souza, Y. A. et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010. DOI: 10.1590/S0101-31222010000200010.
- Taiz, L. & Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.
- Voigt, E. L. et al. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 80-89, 2009. DOI: 10.1016/j.jplph.2008.02.008.