

Estresse osmótico na germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes

Osmotic stress in the germination of *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes seeds

Ramon Negrão Santos Junior^I, Aderbal Gomes da Silva^{II}

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de quatro osmorreguladores sob diferentes concentrações na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Samanea tubulosa*. As sementes foram dispostas em "gerbox" e umedecidas com 20 mL das seguintes soluções: manitol, PEG-6000, NaCl e KCl, nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa. Ao final do experimento realizaram-se os cálculos de IG e IVG. As plântulas consideradas normais foram selecionadas para medição de massa fresca, massa seca, comprimento da raiz e da parte aérea. Observou-se que o tratamento com PEG-6000 apresentou as maiores alterações no IG e IVG, obtendo uma redução de 81% da germinação já na concentração de -0,3 MPa. Com o manitol, os maiores efeitos sobre a redução na germinação só foram observados a partir de -0,9 MPa. Os tratamentos com NaCl e KCl obtiveram comportamentos semelhantes. A testemunha apresentou o maior percentual de plântulas normais, ao passo que o tratamento com -0,3 MPa de KCl apresentou o crescimento da raiz 22% e a parte aérea 14% maior que a testemunha. Ao fim do experimento, constatou-se que as sementes e plântulas de *Samanea tubulosa* são moderadamente tolerantes ao estresse provocado por NaCl e KCl, entretanto são levemente sensíveis ao estresse causado por manitol e extremamente sensíveis ao estresse provocado por PEG-6000. Ademais, concluiu-se que para a espécie estudada o manitol não foi eficiente em simular o estresse hídrico, sendo recomendado o PEG-6000 para simular esse estresse em estudos futuros.

Palavras-chave: Bordão-de-velho; Estresse hídrico; Estresse salino; Sementes florestais

Abstract

The objective of this work was to evaluate the effects of four osmoregulators under different concentrations on seed germination and seedling growth of *Samanea tubulosa*. The seeds were placed in gerbox and moistened with 20 mL of the following solutions: mannitol, PEG-6000, NaCl and KCl, in osmotic potentials 0.0; -0.3; -0.6; -0.9 and -1.2 MPa. At the end of the experiment, GI and GIS calculations were performed. The seedlings considered normal were selected to measure fresh mass, dry mass, root and shoot length. It was observed that the treatment with PEG-6000 was the one that presented the greatest changes in the GI and GIS obtaining a reduction of 81% in the germination already in the concentration of -0.3 MPa. With mannitol, the greatest effects on the reduction in germination were only observed from -0.9 MPa. The treatments with NaCl and KCl obtained similar behaviors. The control presented the highest percentage of normal seedlings, while the treatment with -0.3 MPa of KCl showed root growth 22% and shoot 14% higher than the control. At the end of the experiment, it was observed that the seeds and seedlings of *Samanea tubulosa* are moderately tolerant to stress caused by NaCl and KCl, however, they are slightly sensitive to the stress caused by mannitol and extremely sensitive to the stress caused by PEG-6000. Furthermore, it was concluded that for the studied species mannitol was not efficient in simulating water stress, being recommended PEG-6000 to simulate this stress in future studies.

Keywords: Bordão-de-velho; Water stress; Salt stress; Forest seeds

^I Engenheiro Florestal, M., Doutorando em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, CEP 29075-910, Vitória (ES), Brasil. ramonnegrão@outlook.com (ORCID: 000-0001-9047-7758)

^{II} Engenheiro Florestal, Dr., Professor na Universidade Federal de São João del-Rei, Rod. MG-424, km 47, CEP 35701-970, Sete Lagoas (MG), Brasil. aderbalsilva@ufsj.edu.br (ORCID: 0000-0002-9915-9550)



Introdução

Bordão-de-velho [*Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes] é uma espécie arbórea da família Fabaceae, que ocorre na Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai (LORENZI, 2002). É uma árvore heliófila e pioneira, recomendada para sistemas agroflorestais (CARVALHO, 2006). Sua madeira é utilizada para confecção de móveis, lenha de boa qualidade e seu fruto é muito apreciado pelo gado e, além disso, é bastante utilizada para fins ornamentais (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006). Tal como outras espécies vegetais, está sujeita às intempéries do campo, sendo a falta d'água a maior delas (SPADETO *et al.*, 2012). Isso porque a água é fundamental em diversas etapas do metabolismo vegetativo como, por exemplo, a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A carência desse recurso promove condições desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento vegetal, conhecidas como estresse hídrico. Esse estresse pode ocorrer tanto pela seca, isto é, falta d'água ou então pela alta concentração de sais que atua osmoticamente na retenção da mesma, deixando-a presa na solução salina e indisponível para a planta (NASR *et al.*, 2012). Portanto, em função do forte impacto no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas, causado pela regulação osmótica (MONTEIRO *et al.*, 2014) tornam-se necessários estudos que ampliem o conhecimento sobre o comportamento ecofisiológico das mais variadas espécies. Diante disso, diversos estudos estão sendo conduzidos nos últimos anos, entretanto, para *Samanea tubulosa*, espécie com múltiplos usos, pouco se conhece sobre a tolerância ao estresse de suas sementes e plântulas. Para simular esses estresses em laboratório são utilizados diferentes compostos como o manitol e polietilenoglicol-6000 (PEG-6000), para condições de seca (FERREIRA *et al.*, 2017) e KCl e NaCl para condições salinas (GHANAD *et al.*, 2016).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos osmorregulatórios de diferentes concentrações de manitol, PEG-6000, KCl e NaCl na germinação de sementes e no crescimento e desenvolvimento de plântulas de *Samanea tubulosa*.

Material e método

Material vegetal e área de estudo

As sementes foram coletadas de 10 matrizes dos municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro, do Estado do Espírito Santo, em maio de 2014. O beneficiamento das vagens e a condução do experimento ocorreram no laboratório de dendrologia e sementes da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado sob as coordenadas 20° 47' 24" S e 41° 23' 20" O, em Jerônimo Monteiro. Antes de iniciar o experimento, utilizou-se a escarificação mecânica com lixa n° 40 (BRASIL, 2009) para a quebra de dormência e hipoclorito de sódio a 2% por 3 minutos para o processo de desinfestação das sementes.

Avaliação da germinação

A germinação das sementes foi avaliada utilizando-se quatro repetições com 25 sementes por unidade experimental. As sementes foram dispostas em "gerbox" sob duas folhas de papel germitest e umedecidas com 20 mL das seguintes soluções: manitol, polietilenoglicol (PEG) 6000, cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl) e, além disso, foram determinadas quatro concentrações com diferentes potenciais osmóticos (Tabela 1) para cada solução seguindo a equação de Van't Hoff, $\Psi\pi = -RTC$, em que: $\Psi\pi$ = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos (0,082 atm.L.mol⁻¹K⁻¹); T = temperatura (K) e C = concentração (mol L⁻¹). Para a testemunha (0,0 MPa), foi utilizada água destilada. Após essa etapa, os "gerbox" foram envolvidos em sacos de polietileno, para evitar a evaporação, e armazenados em câmaras de germinação do tipo BOD (Bioquimical Oxygen Demand) à temperatura constante de 25°C. As soluções de manitol,

PEG-6000, NaCl e KCl foram trocadas todos os dias para manutenção do potencial hídrico.

Consideraram-se germinadas as sementes que apresentaram a emissão da radícula maior que 2 mm de comprimento. Após o início da germinação, as sementes foram monitoradas diariamente durante 15 dias para obtenção do cálculo do índice de germinação (IG) e do índice de velocidade de germinação (IVG) ao final do experimento. O cálculo do IG foi obtido de acordo com Labouriau e Valadares (1976), $IG = (N/T) \cdot 100$, em que: IG = índice de germinação em porcentagem; N = número total de sementes germinadas e T = número total de sementes postas para germinar. Já o IVG foi obtido através da equação de Maguire (1962), $IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n)$, em que: IVG = índice de velocidade de germinação; G_1, G_2, \dots, G_n = número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem; N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias da semeadura na primeira, segunda e última contagem.

Tabela 1 – Diferentes potenciais osmóticos de manitol, PEG-6000, KCl e NaCl obtidos através da equação de Van't Hoff

Table 1 – Different osmotic potentials of mannitol, PEG-6000, KCl and NaCl obtained through the Van't Hoff equation

$\Psi\pi$ (MPa)	Manitol (g/500mL)	PEG-6000 (g/500mL)	KCl (g/500mL)	NaCl (g/500mL)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-0,3	11,14	11,15	2,68	2,10
-0,6	22,29	22,29	5,36	4,20
-0,9	33,43	33,44	8,04	6,30
-1,2	44,60	44,58	10,72	8,40

Fonte: Autores (2020)

Parâmetros avaliados em plântulas normais

Ao final do experimento, foram selecionadas as plântulas consideradas normais (PN), que segundo Brasil (2009) são aquelas que quando se desenvolvem sob condições favoráveis, mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais.

Após a seleção das PN, foram realizadas pesagens para obtenção da massa fresca (MF) utilizando balança com 0,0001 g de precisão. Em seguida, as plântulas foram transferidas para sacos de papel e postas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 24 horas, e posteriormente pesadas para obter a massa seca (MS). Os valores, em gramas, foram obtidos através da média de todas as PN por tratamento. Por fim, para medir o comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (PA) usou-se o paquímetro digital com precisão de 0,05 mm.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial de 4 x 5 (agentes osmóticos x potenciais hídricos), com 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação entre as médias foi realizada por meio do teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade, no *software* Assistat de Silva e Azevedo (2016).

Além disso, os dados de IG e IVG foram submetidos à análise de regressão no *software* Sisvar, desenvolvido por Ferreira (1999), adotando-se modelos com significância menor que 5%. Os dados foram transformados em $\sqrt{x + 1}$ para normalização e estabilização das variâncias de tratamentos na análise estatística.

Resultados e discussão

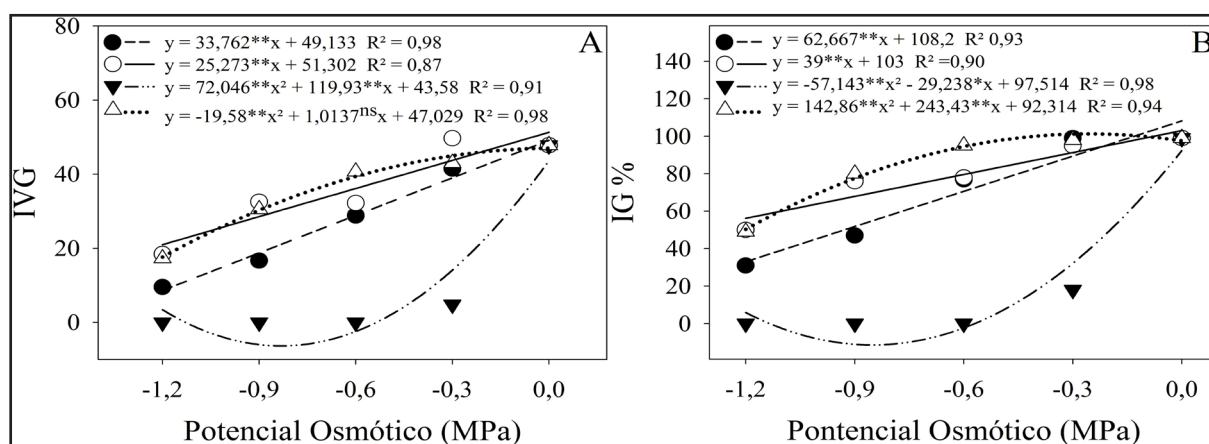
As sementes de *Samanea tubulosa* responderam de forma diferente aos osmorreguladores e concentrações aplicadas neste estudo. A redução do potencial hídrico, tanto no estresse hídrico quanto no estresse salino, provocou decréscimo no percentual e na velocidade de germinação.

Avaliando o IVG (Figura 1A) dos tratamentos com manitol e PEG-6000, observou-se que a regressão polinomial (quadrática) obteve um maior valor do coeficiente de determinação (R^2) em relação à linear, evidenciado que esse modelo é o que melhor explica as variações ocorridas no IVG desses tratamentos. No osmocondicionamento à base de PEG-6000, verificou-se que 91% das variações ocorridas no IVG podem ser explicadas pela equação obtida, ao passo que, no osmocondicionamento à base de manitol, o erro da equação obtida foi de apenas 2%.

Para os tratamentos constituídos de KCl e NaCl, o modelo linear de regressão foi o que mais se ajustou, apresentando um R^2 de 87 e 98%, respectivamente. Analisando o IG (Figura 1B) notou-se que os ajustes dos modelos de regressões foram semelhantes aos encontrados no IVG, com manitol e PEG-6000 apresentando modelos quadráticos e KCl e NaCl com modelos lineares. Todos eles apresentando R^2 superiores a 90% e, conseqüentemente, baixos erros aleatórios.

Figura 1 – A: Regressão das médias do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *Samanea tubulosa* osmocondicionadas a diferentes tratamentos. B: Regressão das médias do Índice de Germinação (IG) de sementes de *Samanea tubulosa* osmocondicionadas a diferentes tratamentos

Figure 1 – A: Regression of the germination velocity index (GIS) values of osmoconditioned *Samanea tubulosa* seeds to different treatments. B: Regression of averages of the Germination Index (GI) of osmoconditioned *Samanea tubulosa* seeds to different treatments



Fonte: Autores (2020)

Em que: NaCl = ●; KCl = ○; PEG 6000 = ▼; Manitol = △. Os betas seguidos por ** possuem significância ao nível de 1%, os seguidos por * ao nível de 5% e os seguidos por ns não foram significativos.

O tratamento com PEG-6000 foi o que apresentou as maiores alterações no IG, obtendo uma redução de 81% na germinação já na concentração de -0,3 MPa e a partir de -0,6 MPa nenhuma semente germinou. Já com manitol, os maiores efeitos sobre a redução na germinação só foram observados a partir de -0,9 MPa que diminuiu 19% em relação à testemunha. Os tratamentos com NaCl e KCl obtiveram comportamentos semelhantes, em que, no potencial de -0,3 MPa, a germinação foi estatisticamente igual à testemunha e só a partir de -0,6 MPa houve uma queda no percentual de germinação. Entretanto, os efeitos no IG foram levemente mais agravados em NaCl, que apresentou na concentração de -1,2 MPa uma redução de 68% da germinação, contra

49% do KCl em comparação à testemunha (Tabela 2).

Em todos os tratamentos, o menor potencial osmótico (-1,2 MPa) foi o que apresentou as menores taxas de IVG e IG, a exceção de PEG-6000, que, já na concentração -0,6 MPa, não possibilitou a ocorrência da germinação. De forma geral, o IVG foi mais significativamente afetado que o IG, já que sofreu redução para a maioria dos tratamentos logo nas concentrações mais brandas, como -0,3 MPa, enquanto que a germinação, à exceção de -0,3 MPa de PEG-6000, começou a sofrer reduções a partir das concentrações de -0,6 MPa.

Tabela 2 – Índice de germinação (IG%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Samanea tubulosa*, osmocondicionadas a diferentes tratamentos com os respectivos coeficientes de variação (CV%)

Table 2 – Germination index (GI%) and germination speed index (IVG) of *Samanea tubulosa* seeds, osmoconditioned to different treatments with respective coefficients of variation (CV%)

Osmocondicionante	Concentração (MPa)				
	0,0	-0,3	-0,6	-0,9	-1,2
	IG %				
NaCl	99 a	99 a	77 b	47 c	31 d
KCl	99 a	95 a	78 b	76 b	50 c
Manitol	99 a	98 a	95 a	80 b	49 c
PEG-6000	99 a	18 e	0 f	0 f	0 f
CV (%)	10,93				
	IVG				
NaCl	47,80 a	41,48 b	28,83 c	16,69 d	9,55 e
KCl	47,80 a	49,67 a	32,20 c	32,53 c	18,46 d
Manitol	47,80 a	42,98 b	40,66 b	30,51 c	17,27 d
PEG-6000	47,80 a	4,82 f	0,00 f	0,00 f	0,00 f
CV (%)	12,08				

Fonte: Autores (2020)

Em que: *As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 1% de significância.

Após essa primeira etapa, analisaram-se as PN (%) formadas em cada tratamento (Tabela 3), porém em algumas concentrações não ocorreu o desenvolvimento de plântulas ou então as plântulas formadas foram consideradas anormais (Figura 2). Observando as variáveis analisadas, nota-se que, estatisticamente, a testemunha apresentou o maior percentual de PN em comparação aos demais potenciais osmóticos, sendo que essa redução de PN ocorreu de forma gradativa, isto é, quanto menor o potencial osmótico, menor o número de PN. Os potenciais osmóticos de -0,6 MPa de KCl e -0,9 MPa de manitol apresentaram os menores valores para essa variável, sendo 4 e 5%, respectivamente. Esses dois últimos tratamentos também foram os mais afetados em MF e MS, apresentando novamente as menores médias. Quanto ao CR, notou-se que os tratamentos à base de manitol sofreram um menor desenvolvimento em relação aos demais, obtendo em -0,9 MPa um CR médio de 1,30 cm, que por sua vez não diferiu estatisticamente do comprimento analisado em -0,6 MPa. Enquanto isso, para a PA, os tratamentos com KCl e manitol à concentração de -0,3 MPa obtiveram a maior média para essa variável, ao passo que o menor valor foi encontrado em -0,9 MPa de manitol. O tratamento com -0,3 MPa de KCl apresentou o CR 22% e a PA 14% maior que a testemunha enquanto que -0,9 MPa de manitol apresentou-se 45% e 32%, respectivamente, menor para essas mesmas variáveis. Esses resultados apontam para uma maior influência dos tratamentos sobre a raiz, em relação à PA.

Tabela 3 – Percentual de plântulas normais (PN%), massa fresca (MF), massa seca (MS), crescimento da raiz (CR) e parte aérea (PA) de *Samanea tubulosa* osmocondicionadas sob diferentes tratamentos, aos 15 dias de vida. As concentrações ausentes da tabela não desenvolveram plântulas normais após germinação

Table 3 – Percentage of normal seedlings (PN%), fresh mass (MF), dry mass (MS), root length (CR) and shoot length (PA) of *Samanea tubulosa* osmoconditioned under different treatments at 15 days of life. The absent concentrations did not develop normal seedlings after germination

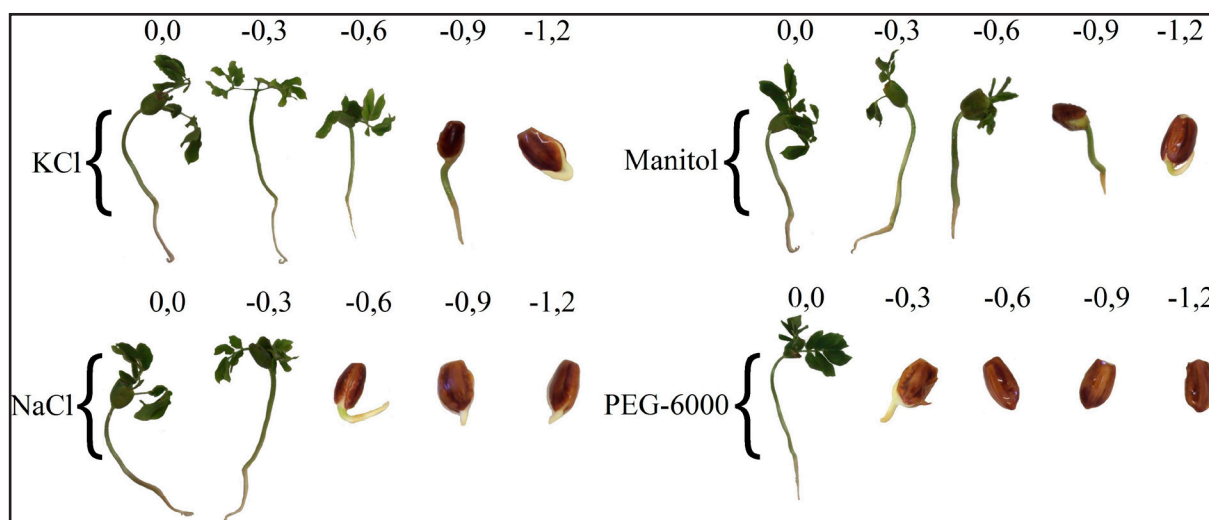
Tratamentos	PN (%)	MF (g)	MS (g)	CR (cm)	PA (cm)
0,0 MPa	84 a	2,08 d	0,36 a	2,36 d	5,05 b
-0,3 MPa NaCl	76 b	2,33 c	0,38 a	3,05 b	5,05 b
-0,3 MPa KCl	74 b	2,75 a	0,39 a	3,21 a	5,86 a
-0,6 MPa KCl	4 d	0,88 f	0,08 c	2,58 c	4,89 b
-0,3 MPa Manitol	73 b	2,55 b	0,38 a	2,09 e	5,56 a
-0,6 MPa Manitol	34 c	2,61 b	0,42 a	1,32 f	4,37 c
-0,9 MPa Manitol	5 d	1,38 e	0,15 b	1,30 f	3,40 d

Fonte: Autores (2020)

Em que: *As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 1% de significância.

Figura 2 – Sementes de *Samanea tubulosa* aos 15 dias após o início da germinação, submetidas a quatro osmocondicionantes em diferentes concentrações (MPa)

Figure 2 – Seeds of *Samanea tubulosa* at 15 days after germination, submitted to four osmoregulators in different concentrations (MPa)



Fonte: Autores (2020)

De forma geral, conforme o potencial hídrico dos tratamentos foi reduzindo, o IG e IVG diminuíram gradativamente, sendo este segundo mais fortemente afetado. Segundo Larcher (2006), quanto mais negativo for o potencial hídrico do sistema menor será a disponibilidade de água, e, conseqüentemente, a semente só conseguirá retirar água do meio se apresentar um

potencial hídrico ainda mais negativo que o do sistema, caso contrário, ocorrerá a perda de água da semente para o meio. Essa disponibilidade de água no sistema é explicada por Bewley e Black (1994), em que inicialmente a diferença de potencial de água entre a semente seca e o substrato úmido é muito grande devido ao elevado potencial matricial do tegumento seco, paredes celulares e reservas de armazenamento. Mas, à medida que o grau de umidade da semente aumenta durante a embebição e as matrizes tornam-se hidratadas, o potencial de água da semente aumenta (tornando-se menos negativo) e o do substrato circundante diminui à medida que a água é retirada. Assim, a taxa de transferência de água do substrato para a semente diminui com o passar do tempo. Consequentemente, como a absorção de água é uma etapa fundamental para a germinação (BLACK; BEWLEY; HALMER, 2006), quanto menor a quantidade de água disponível para as sementes, mais lenta será a germinação e a velocidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Observando especificamente as soluções salinas, nota-se que a partir de -0,6 MPa para NaCl e KCl, há redução do IG e IVG bem como na formação, crescimento e desenvolvimento de PN, CR e PA. Isso ocorre possivelmente porque, além do potencial osmótico reduzido, de acordo com Santos *et al.* (1992), há o efeito da toxicidade dos íons dissociados a partir dos sais que prejudicam a germinação. Um exemplo disso é o excesso de Na⁺ e, principalmente, o excesso de Cl⁻ no protoplasma que ocasiona distúrbios relacionados ao balanço hídrico celular. Todo esse estresse leva à desestabilização de biomembranas e de funções vitais, que caso transgrida a capacidade de tolerância podem ocasionar injúrias ou até a morte das sementes (LARCHER, 2006). Também foi possível perceber neste trabalho que o NaCl, a partir de certo ponto, foi mais prejudicial ao IG e IVG que o KCl, o que pode ser explicado pelo fato de o Na⁺ ser um desnaturante mais forte que o K⁺ (RADIN *et al.*, 2004). Além disso, pelo fato de o K⁺ ser um cátion que apresenta diversas funções fisiológicas como a regulação osmótica, homeostase iônica, relações hídricas, alongamento celular, movimento estomático, ativação de enzimas, síntese de proteínas, fotossíntese e transporte de açúcares no floema (KERBAUY, 2004).

Dan *et al.* (2010) afirmam que quanto maior for o IVG, maior será o desempenho e a capacidade de resistir ao estresse. A partir disso, comparando o IVG com outras leguminosas como *Poincianella pyramidalis*, *Anadenanthera colubrina* (SANTOS *et al.*, 2016) e *Senna obtusifolia* (PEREIRA *et al.*, 2014) sob restrição hídrica (NaCl e PEG-6000) nota-se que apesar de a *Samanea tubulosa* ter um IVG maior que as demais, todas as espécies são afetadas logo nas primeiras concentrações, -0,3 e -0,4 MPa, reduzindo o IVG em relação à testemunha e nos potenciais mais negativos como -1,2 MPa os resultados mais severos são encontrados. Ao passo em que a -0,4 MPa de NaCl, *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina* obtiveram uma redução do IVG de 45% e 38%, respectivamente, e *Samanea tubulosa*, obteve uma redução de apenas 14% a -0,3 MPa. Em contrapartida, no tratamento PEG-6000 a -0,4 MPa, o IVG *Poincianella pyramidalis* e *Anadenanthera colubrina* decaíram 40% e 93%, respectivamente, enquanto a *Samanea tubulosa* decaiu 90% em -0,3 MPa. Isso sugere que a *Samanea tubulosa* seja mais tolerante que essas duas espécies ao estresse provocado por NaCl, porém seja mais sensível ao estresse provocado por PEG-6000 que *Poincianella pyramidalis*.

Além disso, também se constatou que as variáveis avaliadas neste estudo foram mais influenciadas negativamente pelo PEG-6000 que pelo manitol. Esse fato pode ser devido ao PEG-6000 atuar como um eficiente simulador do estresse hídrico em condições de laboratório, sua alta viscosidade e peso molecular (MIRBAHAR; SAEED; MARKHAND, 2013) podem atuar como uma barreira impedindo as trocas gasosas entre a semente e o meio (YOON; LANG; COBB, 1997). Sendo assim, pode-se atribuir a essas características a maior severidade observada nos diferentes potenciais osmóticos desse osmorregulador em comparação ao manitol, que segundo Ferreira *et al.* (2017) é uma substância neutra de baixa viscosidade.

Em relação ao crescimento e desenvolvimento sob estresse, é relatado por Bacon (2004) que diante da restrição hídrica há o alongamento da raiz, isto é, um geotropismo mais avançado. Contudo, nem todas as plântulas avaliadas neste estudo obtiveram um acréscimo no tamanho da

raiz como as plântulas formadas nas diferentes concentrações de NaCl e KCl (e.g. nos tratamentos com manitol, as plântulas formadas desenvolveram raízes menores que a testemunha). Taiz e Zeiger (2013) afirmam que esse decréscimo na dimensão do crescimento é causado pela redução na expansão celular que, por sua vez, necessita de turgor adequado.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que *Samanea tubulosa* é uma espécie capaz de ajustar sua regulação osmótica para retirar água de ambientes moderadamente salinos ($\approx -0,3$ MPa) e prosseguir com seu desenvolvimento, entretanto não tolera a falta de água no ambiente, já que em todas as concentrações de manitol o crescimento e desenvolvimento da raiz ficou comprometido. Em relação à MF, identificou-se que nas concentrações mais brandas dos estresses ($-0,3$ MPa), as plântulas obtiveram um peso maior que a testemunha provavelmente em virtude do maior acúmulo de solutos, a fim de diminuir o potencial hídrico interno e permitir a absorção de água. Ao mesmo tempo, a MS foi menor em $-0,6$ e $-0,9$ MPa, de KCl e manitol, respectivamente, mostrando que o estresse interferiu na produção de MS. Larcher (2006) explica que o estresse promove a desordem em diversos processos fisiológicos e que o reparo desses danos exige um custo adicional de metabólitos. Sendo assim, a estratégia usada pela planta não tem como prioridade a produção e sim um balanço entre sobrevivência e rendimento, reduzindo a capacidade de produção de biomassa.

Conclusão

As sementes e plântulas de *Samanea tubulosa* são moderadamente tolerantes ao estresse provocado por NaCl e KCl. Entretanto, são levemente sensíveis ao estresse causado por manitol e extremamente sensíveis ao estresse provocado por PEG-6000.

Ademais, para a espécie estudada, o manitol não foi eficiente em simular o estresse hídrico, sendo recomendado o PEG-6000 para simular esse estresse em estudos futuros.

Referências

- BACON, M. A. **Water use efficiency in plant biology**. [S. l.]: Blackwell, 2004. 397 p.
- BEWLEY, D. J.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York; London: [s. n.], 1994. 445 p.
- BLACK, M.; BEWLEY, D.; HALMER, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. London: [s. n.], 2006. 828 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 399 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, 2006. v. 2. p. 627. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).
- DAN, L. G. M. *et al.* Qualidade Fisiológica de Sementes de Soja Tratadas Sob Efeito do Armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.
- FERREIRA, A. C. T. *et al.* Water and salt stresses on germination of Cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1009-1016, out./dez. 2017.
- FERREIRA, D. F. **Sistema de Análises Estatísticas – SISVAR**. Version 4.3, Lavras: Universidade

Federal de Lavras, 1999. Software.

KERBAUY, G. B. (ed). **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 446 p.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

GHANAD, M. *et al.* The effects of NaCl, KCl and MgCl₂ on the germination of *Brassica rapa* var. *parachinensis* seeds. **International Journal of Biological Research**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 52-55, 2016.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 550 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 2. 180 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MIRBAHAR, A. A.; SAEED, R.; MARKHAND, G. S. Effect of Polyethylene Glycol-6000 on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination. **International Journal of Biology and Biotechnology**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 401-405, 2013.

MONTEIRO, J. G. *et al.* Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 18-25, jan. 2014.

NASR, S. M. *et al.* Effect of salt stress on germination and seedlings growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, [s. l.], v. 43, p. 45-55, 2012.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 687-696, maio/jun. 2014.

RADIN, J. *et al.* Responses and Adaptations to Abiotic Stress. In: BACON, M. A. **Water use efficiency in plant biology**. [S. l.]: Blackwell, 2004. 397 p.

SANTOS, C. A. dos *et al.* Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016.

SANTOS, V. L. *et al.* Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 2, 1992.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, [s. l.], v. 11, n. 39, p. 3733-3740, sep. 2016.

SPADETO, C. *et al.* Estresse salino e hídrico na germinação de garapa (*Apuleia leiocarpa* (VOGEL.) J.F. Macbr.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 539-551, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

YOON B. YH.; LANG, H. J.; COBB, B. G. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 248-250, 1997.