

ESTRESSE HÍDRICO E ESTRESSE SALINO EM HÍBRIDOS DE SORGO

(BRS 330 e BRS 373)

Laryssa Potenciano Melo¹

Ygor Fernando da Costa Kologi¹

Dielle Carmo de Carvalho Neres²

Resumo: Condições de estresse hídrico e salino durante a fase de germinação afetam a emergência das plântulas no campo e, conseqüentemente, o estande das plantas e o desenvolvimento vegetativo das culturas. Objetivou-se avaliar o comportamento germinativo e o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea de dois híbridos de Sorgo (BRS 330 e BRS 373), induzidos aos estresses hídrico e salino causados por soluções de PEG e NaCl. A semeadura foi realizada com quatro repetições de 50 sementes sobre papel umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e NaCl nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6, -0,8 e -1,0 MPa e, 0; 25; 50; 100; 150 e 200 mM, respectivamente. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x2x6), totalizando vinte e quatro tratamentos, com quatro repetições de 50 sementes cada. A análise dos resultados permitiu a conclusão de que o híbrido BRS 330 apresentou maior sensibilidade de germinação para ambos os estresses tanto ao quarto como no décimo dia de avaliação da germinação. Houve redução no comprimento da parte aérea e do sistema radicular para ambos os híbridos, sendo o BRS 330 mais sensível aos estresses hídrico e salino. Os híbridos mostraram respostas diferenciadas quanto às condições de déficit hídrico e salinidade, sendo que as sementes do genótipo BRS 373 apresentaram germinação, e, comprimento de parte aérea e sistema radicular superiores em relação às do híbrido BRS 330.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, estresse, qualidade fisiológica.

Abstract: Conditions of water and saline stress during the germination phase affect the emergence of seedlings in the field and, consequently, the stand of the plants and the vegetative development of the crops. The objective of this study was to evaluate the germination behavior and root and shoot development of two sorghum hybrids (BRS 330 and BRS 373), induced by water and saline stress caused by PEG and NaCl solutions. Seeding was performed with four replicates of 50 seeds on paper moistened with solutions of polyethylene glycol (PEG 6000) and NaCl at osmotic potentials of 0,0; -0.2; -0.4; -0.6, -0.8 and -1.0 MPa e, 0; 25; 50; 100; 150 and 200 mM, respectively. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (2x2x6), totaling twenty four treatments, with four replicates of 50 seeds each. The analysis of the results allowed the conclusion that the hybrid BRS 330 presented greater sensitivity of germination for both stresses in the fourth and on the tenth day of germination evaluation. There was a reduction in shoot length and root system length for both hybrids, with BRS 330 being more sensitive to water and saline stress. The hybrids showed different responses regarding the water deficit and salinity conditions, and the BRS 373 genotype presented higher germination and shoot length than the BRS 330 hybrids.

¹ Graduandos em Agronomia, UNIVAG – Centro Universitário de Várzea Grande, Av. Dom Orlando Chaves, 2655 – Cristo Rei, Várzea Grande, MT, CEP 78118-000. E-mail: laryssapotenciano@gmail.com; ygor.nm@hotmail.com.

² Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora de Sementes e Tecnologia de Pós Colheita, UNIVAG – Centro Universitário de Várzea Grande, Av. Dom Orlando Chaves, 2655 – Cristo Rei, Várzea Grande, MT, CEP 78118-000. E-mail: dielle@univag.edu.br.

Key words: Sorghum bicolor, stress, physiological quality.

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie de origem tropical cultivada em várias regiões do mundo. Muitos países o utilizam como principal fonte de alimento. No Brasil, sua principal utilização está na alimentação animal, como alternativa ao milho para a fabricação de rações, possibilitando uma redução no custo da produção (RODRIGUES, 2010)

A cultura do sorgo apresentou expressiva expansão nos últimos anos agrícolas. Do ponto de vista agrônomo, este crescimento é explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além da sua extraordinária capacidade de suportar estresses ambientais. Deste modo, o sorgo tem sido uma excelente opção para produção de grãos e forragem em todas as situações em que o déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas, notadamente o milho. Do ponto de vista de mercado, o cultivo de sorgo em sucessão a culturas de verão tem contribuído para a oferta sustentável de alimentos de boa qualidade para alimentação animal e de baixo custo, tanto para pecuaristas como para a agroindústria de rações. Atualmente, em toda a região produtora de grãos de sorgo do Brasil Central, o produto tem liquidez para o agricultor e grande vantagem comparativa para a indústria, que, cada vez mais, procura alternativas para compor suas rações com qualidade e menor custo (EMBRAPA, 2016).

Mais resistentes a doenças, ao acamamento e tolerantes ao alumínio tóxico presente no solo, as novas cultivares de sorgo granífero desenvolvidas pela Embrapa apresentam produtividade 10% maior que híbridos similares, em média. Outra vantagem obtida pelo melhoramento genético é a precocidade alcançada: as plantas possuem ciclo de produção de 115 dias, em média, de sete a dez dias a menos comparados a outros materiais disponíveis no mercado. A precocidade é importante, pois dá mais segurança durante a segunda safra (EMBRAPA, 2016). Segundo o pesquisador Cícero Beserra de Menezes (2015) nesse período, a incidência de chuvas é menor e concentrada em poucos dias. Quanto mais cedo o híbrido produzir, mais chance ele tem de escapar da seca em uma época determinante para seu desenvolvimento, que é a de enchimento de grãos, no início do inverno.

O sorgo é uma cultura cujo plantio é recomendado após as culturas de verão. Dessa forma, o cultivo dessa espécie é sujeito a condições de menor disponibilidade hídrica

decorrente dos períodos de outono e inverno. Esse fato é relacionado com a grande quantidade de características xerofíticas presentes na planta, que torna essa espécie tolerante à seca, contudo, apresentando diferenças consideráveis entre os genótipos (Bibi et al. 2010). A cultura do sorgo deve ser considerada complementar e não como substituta à cultura do milho. O plantio do sorgo, em regiões e épocas com riscos de déficit hídrico, pode contribuir para o aumento da sustentabilidade da produção de grãos com redução do ônus para o consumidor e maiores lucros para os produtores (EMBRAPA, 2015).

Inicialmente, os efeitos negativos dos sais sobre o crescimento das plantas têm sido associados ao componente de tensão osmótica, provocado pela diminuição do potencial de água no solo e, por conseguinte, pela restrição de absorção de água pelas raízes (Oliveira et al., 2011). O desequilíbrio nutricional causado pela salinidade decorre, sobretudo da redução na absorção de nutrientes essenciais à planta devido à competição na absorção e transporte, às alterações estruturais na membrana e à inibição da atividade de várias enzimas do metabolismo (Aragão et al., 2010).

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais afetam o crescimento e a produtividade das culturas (Munns & Tester, 2008). Considerando que o aumento da salinidade dos solos está associado à redução dos seus potenciais a ponto de limitar a germinação de sementes, estudos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas nessas condições, são importantes (Betoni et al., 2011).

Por conseguinte, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento germinativo e desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea de dois híbridos de Sorgo (BRS 330 e BRS 373), submetidos ao estresse hídrico simulado pelo polietileno glicol (PEG 6000) e ao estresse salino com Cloreto de Sódio (NaCl).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes, do UNIVAG, Centro Universitário de Várzea Grande-MT, no mês de dezembro de 2017. Foram utilizados dois híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) BRS 330 e BRS 373, avaliados em seis diferentes concentrações de polietileno glicol (PEG 6000) e de NaCl (Cloreto de sódio). O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com os

tratamentos em arranjo fatorial 2 x 2 x 6 (híbridos x agentes osmóticos x potenciais osmóticos) com quatro repetições para cada tratamento.

As sementes dos dois híbridos (BRS 330 e BRS 373) foram colocadas para germinar em substrato umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e cloreto de sódio (NaCl) para simular estresse hídrico nos potenciais osmóticos de 0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, e, estresse salino nos potenciais osmóticos 0; 25; 50; 100; 150; 200 mM, respectivamente.

As concentrações em gramas de PEG 6000/L H₂O foram baseadas na tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura (F, A, VILLELA et al, 1991). Portanto, foram diluídas separadamente para cada híbrido, em 202 ml de água destilada, sendo: 0,0g; 24,15g; 36,02g; 45,17g; 52,91g; e 59,73g, para as concentrações de potencial osmótico 0; -0,2; -0,4; -0,8 e -1,0 MPa, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração de polietileno glicol (PEG 6000) utilizado para obter os diferentes níveis de potencial hídrico, à temperatura de 25°C.

Potencial osmótico (MPa)	Concentração (g PEG 6000/L H ₂ O)
0,00	0,000
-0,20	119,57
-0,40	178,34
-0,60	223,66
-0,80	261,95
-1,0	295,71

Para obtenção das soluções de NaCl, as concentrações em milimol foram transformadas através do site da UNICAMP-SP (Tabela 2), onde as quantidades foram diluídas separadamente para cada híbrido, em 202 ml de água destilada, sendo: 0,0g; 0,73g; 1,47g; 2,95g; 4,42g; 5,90g de NaCl, com as concentrações milimolar de 0; 25; 50; 100; 150; 200 mM, respectivamente.

Tabela 2. Concentração milimolar expressa em gramas de Cloreto de Sódio utilizado para obter os diferentes níveis de estresse salino, à temperatura de 25°C (UNICAMP-SP).

Potencial osmótico (mM)	NaCl (g)
0	0
25	0,73787
50	1,47575
100	2,95151
150	4,42727
200	5,90303

Para cada híbrido foram utilizadas 1200 sementes, distribuídas em quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, totalizando 200 sementes para cada potencial osmótico testado, semeadas uniformemente sobre duas folhas de papel do tipo “Germitest” umedecidas com as soluções na quantidade 2,5 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009). No nível zero foi utilizada apenas água destilada para umedecer o substrato.

Os tratamentos foram acondicionados em Câmara de Germinação, a 25° C, sob luz constante. As sementes foram avaliadas pelos seguintes testes:

Teste de germinação em rolo de papel (RP): quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas sobre dois papéis do tipo “Germitest” e cobertas com um terceiro, umedecidos previamente com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel (testemunha (PEG), e, testemunha (NaCl)), bem como também, umedecidos com as devidas concentrações (PEG e NaCl) diluídas em 202 ml de água para cada tratamento. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em Câmara de Germinação e mantidos à 25°C. Foi efetuada a contagem das plântulas normais germinadas ao décimo dia. (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação - conduzida juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do ensaio, conforme recomendado por Brasil (2009).

Comprimento de plântulas: Ao final do décimo dia após o plantio, foi efetuada a medição das partes das plântulas normais (raiz primária e hipocótilo) utilizando-se uma régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (BRASIL, 2009).

A avaliação dos testes de germinação foi executada de acordo com as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), relativa à cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench): fez-se uma contagem padrão das plântulas no quarto dia (primeira contagem) e décimo dia. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de plântulas normais emergidas ao quarto dia e décimo dia, e, comprimento de parte aérea e raiz primária ao décimo dia após a semeadura.

Os valores encontrados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão pelo programa Sisvar sendo adotado o modelo de regressão linear. As médias de porcentagem de germinação também foram realizadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade comparando-se os dois híbridos testados dentro de cada agente osmótico em arranjo fatorial 2 x 6 (agentes osmóticos x concentrações de PEG e NaCl).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 verificou-se interação entre os híbridos, os agentes e os potenciais osmóticos para a porcentagem de germinação ao quarto dia após o plantio, os quais se ajustaram ao modelo de regressão com reduções na germinação total tanto para substratos umedecidos com solução de NaCl quanto para PEG. A sensibilidade de sementes de sorgo ao estresse salino, induzido por NaCl, quando comparada entre os dois híbridos foi maior para o BRS 330 nas concentrações 25, 50, 100 e 150 mM, não diferindo estatisticamente do híbrido BRS 373 nas concentrações 0 (testemunha) e 200 mM. A sensibilidade de sementes de sorgo ao estresse hídrico, induzido por PEG, foi maior para o híbrido BRS 330 nas concentrações -0,2, -0,4 e -1,0 MPa, igualando-se estatisticamente com o híbrido BRS 373 quando submetidas às concentrações 0, -0,6 e -0,8 MPa.

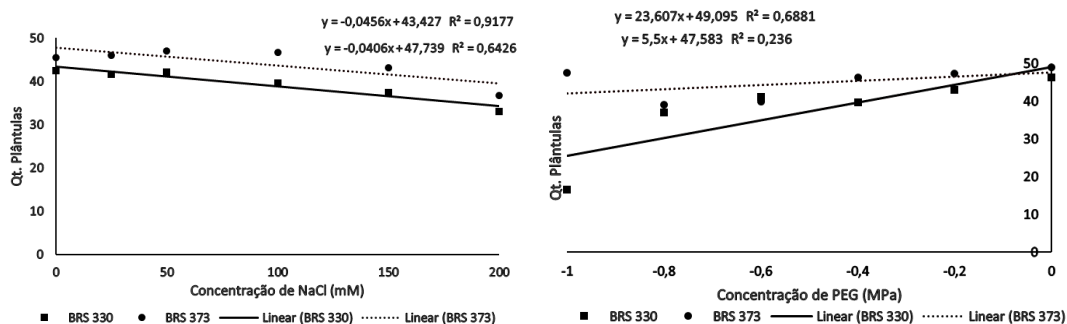


Figura 1. Germinação de sementes de *Sorghum bicolor* ao quarto DAP submetidas a estresse hídrico por soluções de NaCl (Figura 1 A) e de PEG (Figura 1 B) em diferentes potenciais osmóticos.

Os híbridos de sorgo (BRS 330 e BRS 373) em fase inicial de desenvolvimento, apresentaram respostas distintas em relação aos diferentes níveis de deficiência hídrica decorrentes das cinco concentrações de PEG6000 utilizadas, confirmando estudos realizados por Ghanbari et al. (2013) e Rosales et al. (2013). Para o híbrido BRS 330, em relação aos agentes, só houve diferença significativa a partir do último potencial osmótico onde o PEG inibiu mais a porcentagem de germinação. No entanto, para o híbrido BRS 373, houve diferença significativa entre os agentes apenas no quarto e quinto nível de potencial osmótico, onde, o PEG inibiu mais a germinação. No sexto e último nível de potenciais, o NaCl foi o agente que apresentou maior inibição à germinação do híbrido BRS 373 ao quarto dia.

Ao comparar a ação dos diferentes agentes sobre a germinação no décimo dia após o plantio, nota-se que para o híbrido BRS 330, numericamente o processo germinativo teve continuidade, porém, apresentou diferença estatística significativa apenas nos últimos potenciais osmóticos para os dois agentes, sendo o PEG o agente mais inibitório nessa fase (Figura 2A). Para a comparação entre os agentes dentro do híbrido BRS 373, observou-se que, nos três primeiros potenciais osmóticos de NaCl (0, 25 e 50 mM) e PEG (0, -0,2 e -0,4 MPa) não houveram diferenças estatísticas. No entanto, foi possível observar que o PEG nos potenciais -0,6 e -0,8 MPa foi mais inibitório que o NaCl em 100 e 150 mM. No último potencial osmótico para ambos os agentes, o NaCl apresentou uma maior inibição da germinação ao décimo dia (Figura 2B).

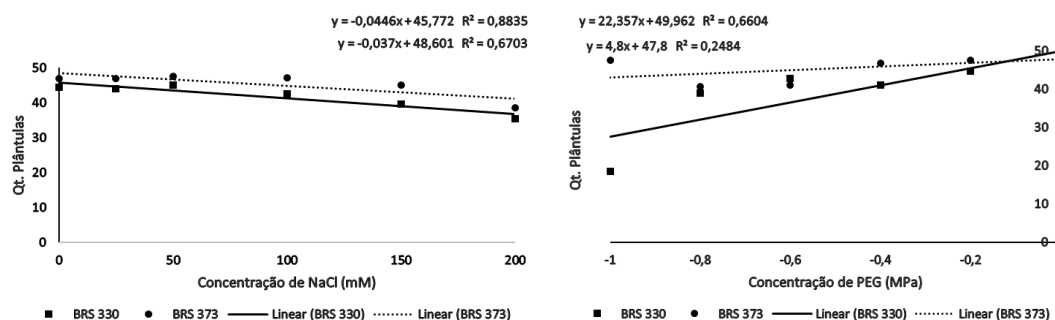


Figura 2. Germinação de sementes de *Sorghum bicolor* ao décimo DAP submetidas a estresse hídrico por soluções de NaCl e de PEG em diferentes potenciais osmóticos (Figura 2 A e B).

À medida que o potencial osmótico aumenta para NaCl e decresce para PEG, a semente necessita de mais tempo para germinar, logo, há uma menor velocidade de germinação, sendo que os maiores valores foram obtidos no tratamento controle (0 mM e 0 MPa). Em trabalhos realizados com *Zizyphus joazeiro*, Lima e Torres (2009) verificaram que o estresse salino proporcionou uma maior redução na velocidade de germinação das sementes quando comparado ao estresse hídrico, diferindo dos resultados encontrados nesse trabalho. Observa-se que as sementes acondicionadas sob estresse induzido por NaCl apresentaram ao décimo dia uma maior porcentagem de germinação quando comparadas ao estresse induzido por PEG, porém, para ambas as soluções, à medida que o potencial osmótico aumenta ou torna-se mais negativo, verificou-se redução gradativa do parâmetro avaliado.

Os resultados referentes à parte aérea dos híbridos submetidos a estresse hídrico induzido por PEG 6000 e estresse salino induzido por NaCl, em diferentes potenciais osmóticos, são apresentados na Figura 3. Observa-se que houve diferença do híbrido BRS 330 na concentração 0 mM, não diferindo estatisticamente do híbrido BRS 373 nas demais concentrações (25, 50, 100, 150 e 200 mM) para o estresse salino. A sensibilidade de sementes de sorgo ao estresse hídrico foi maior para o híbrido BRS 330 nas concentrações 0, -0,2, -0,4 e -1,0 MPa, igualando-se estatisticamente com o híbrido BRS 373 quando submetidas às concentrações -0,6 e -0,8 MPa.

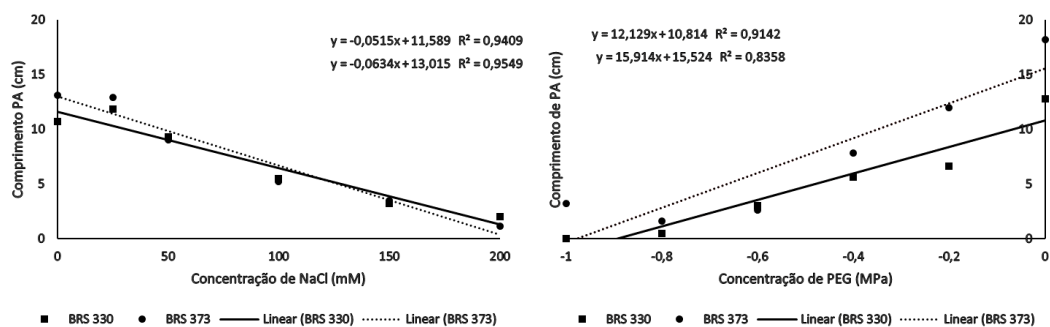


Figura 3. Parte Aérea de sementes de *Sorghum bicolor* ao décimo DAP submetidas a estresse hídrico por soluções de NaCl (Figura 3 A) e de PEG (Figura 3 B) em diferentes potenciais osmóticos.

Mitsuzono et, al. (2016) verificaram redução significativa de área foliar e biomassa de matéria seca da parte aérea em plântulas de três genótipos de feijoeiro comungadas em meio contendo PEG-6000. Soares et, al. (2015) também comprovaram em sementes de soja que o comprimento da parte aérea é afetado negativamente com a redução dos potenciais osmóticos para estresse salino induzido por NaCl. De acordo com Tardieu (2013), a redução de área foliar é uma estratégia utilizada pelas plantas crescidas em condições de deficiência hídrica para minimizar a área transpiratória disponível. Por outro lado, reduz a área fotossintética com reflexo direto na quantidade de biomassa produzida.

O comprimento da raiz reduziu drasticamente à medida em que o potencial osmótico aumentava (NaCl) ou tornava-se mais negativo (PEG) para ambos os híbridos (Figura 4A e 4B). O BRS 330 apresentou maior sensibilidade do sistema radicular tanto para o estresse salino quanto para o estresse hídrico. Em comparação entre os agentes, o PEG foi o maior inibidor do sistema radicular para o híbrido BRS 330, enquanto que o NaCl foi maior inibidor para o BRS 373.

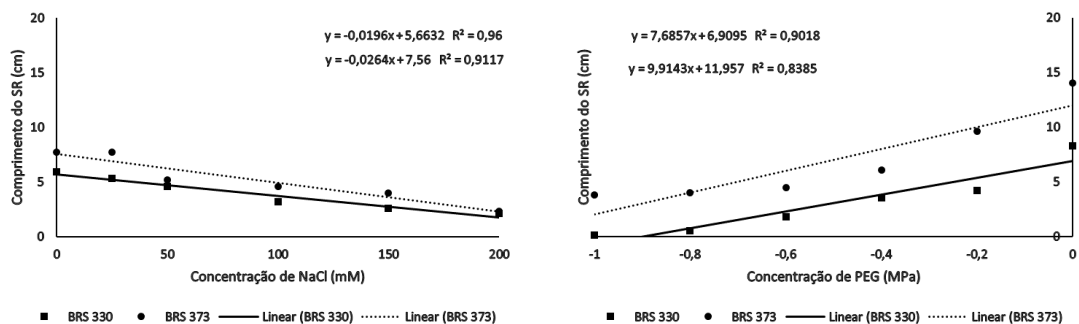


Figura 4. Sistema Radicular de sementes de *Sorghum bicolor* ao décimo DAP submetidas a estresse hídrico por soluções de NaCl e de PEG em diferentes potenciais osmóticos (Figura 4A e 4B).

É sabido que plantas mais tolerantes à deficiência hídrica possuem como pré-requisito, em períodos marcantes, a manutenção do crescimento radicular para absorção de água nas camadas mais profundas (SOUSA; LIMA, 2010). Entretanto, neste estudo nenhum dos híbridos apresentou aumento do comprimento radicular em plântulas crescidas em meio contendo PEG6000 ou NaCl com o passar dos dias de avaliação (Figuras 4A e 4B).

4. CONCLUSÕES

Este presente estudo demonstrou que para o teste de primeira contagem, o híbrido BRS 330 apresentou maior sensibilidade germinativa aos estresses hídrico (a partir de -0,2 MPa) e salino (a partir de 25 mM) quando comparado ao BRS 373.

Na avaliação da germinação ao décimo dia, o híbrido BRS 330 demonstrou maior sensibilidade que o BRS 373 aos estresses, sendo essa sensibilidade mais evidente a partir de 100 mM e -0,4 MPa, onde PEG6000 foi o maior agente inibidor. O híbrido BRS 373 mostrou maior resistência para ambos os agentes respondendo melhor aos estresses promovidos.

Em relação a parte aérea, o BRS 330 apresentou redução do comprimento a partir dos primeiros potenciais osmóticos induzidos tanto por NaCl quanto para PEG, sendo que, não houve desenvolvimento morfológico das estruturas no último potencial osmótico -1,0 MPa (PEG).

Para o sistema radicular, o híbrido BRS 330 também foi o que menos desenvolveu raiz a partir das primeiras concentrações quando submetido aos estresses hídrico (-0,2 MPa) e salino (25 mM).

5. REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, R. M.; SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, E. N.; Lobo, A. K. M.; DUTRA, A. T. B. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v.14, p.100-106, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de análise sanitária de sementes. 1ª ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 217p.
- BETONI, R.; Scalon, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* LAM.) (Sterculaceae). **Revista Árvore**, v.35, p.605-616, 2011.
- BIBI, A.; SADAQAT, H. A.; AKRAM, H. M.; MOHAMMED, M. I. Physiological markers for screening sorghum (*Sorghum bicolor*) germplasm under water stress condition. *International Journal of Agriculture & Biology*, v.12, p. 1815-1820, 2010.
- EMBRAPA Melhoramento Genético, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14184750/novos-hibridos-de-sorgo-produzem-mais-rapido-e-com-alta-productividade>> Acesso em 15 de Dezembro de 2017.
- EMBRAPA Milho e Sorgo. Sistema de produção. Julho, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8301&p_r_p_-996514994_topicoId=1307> Acesso em 15 de Dezembro de 2017.
- FERREIRA, E.; MOREIRA, V. UNICAMP, 2012. Disponível em: <<https://w2.fop.unicamp.br/cálculos/index.php>> Acesso em 20 de Abril de 2017.
- GHANBARI, A. A.; SHAKIBA, M. R.; TOORCHI, M.; CHOUKAN, R. Morphophysiological responses of common bean leaf to water deficit stress. **European Journal of Experimental Biology**, v. 3, n. 1, p. 487-492, 2013.

LIMA, B. G.; TORRES, S. B.; Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 93-99, out./dez. 2009.

MITSUZONO et, al. EMBRAPA Arroz e feijão. Deficiência Hídrica Induzida por PEG-6000 em Plântulas de Feijoeiro Comum. Santo Antônio de Goiás, 2016.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Accumulation of organic and inorganic solutes in NaClstressed sorghum seedlings from aged and primed seeds. *Scientia Agrícola*, v.68, p.632-637, 2011.

PEREIRA et, al. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. *Uberlândia*, v. 30, n. 3, p. 687-696, May/June, 2014

ROSALES, M. A.; CUELLAR-ORTIZ, S. M.; DE LA PAZ, A. M. M.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; COVARRUBIAS, A. A. Physiological traits related to terminal drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 93, n. 2, p. 324-331, Jan. 2013.

SOARES et, al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, out./dez. 2015

SOUSA, M. A. de; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca comum. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 550-557, jul./ago. 2010.

TARDIEU, F. Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 4, p. 1-11, Feb. 2013.