



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL
AGRONOMIA**

MILLER CLEMENTINO CRUZ

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO AO ESTRESSE
HÍDRICO E SALINO**

**Redenção - CE
2018**

MILLER CLEMENTINO CRUZ

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO AO ESTRESSE
HÍDRICO E SALINO**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

**Redenção - CE
2018**

Miller Clementino Cruz

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE SORGO FORRAGEIRO AO ESTRESSE
HÍDRICO E SALINO**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

Aprovado em 31/10/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (UNILAB)
Orientador

Prof. Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva (UNILAB)
Primeiro Avaliador

Me. Charles Lobo Pinheiro (UFC)
Segundo Avaliador

Dedico esse trabalho:
ao Cosmos em toda a sua infinitude e *positive vibration*;
à minha mãe M^a Letícia Clementino Cruz;
à minha tia M^a Leonora Clementino Cruz; e
à Agricultura Familiar de base ecológica.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe que sempre me apoiou em tudo que desejei fazer, sobretudo quando da mudança de instituição de ensino superior.

À minha tia, Leonora, em resumo, por tudo.

Ao mestre Odilon Monteiro, pelas ótimas aulas e debates no período do ensino médio, pela amizade confirmada ao longo da vida e pela conveniência de ter me garantido a ida ao meu primeiro vestibular, em 2009.

Ao prof. Dr. Ribamar Furtado, por ter apresentado a mim uma nova perspectiva, um novo programa, um novo modelo para se trabalhar com a Agricultura Familiar.

Ao prof. Dr. Geocleber Gomes, pelas aulas que nos levavam a pensar no problema como um todo, e não decorar fórmulas e mais fórmulas; por ter me aceitado como orientando quando da proposta inicial de TCC que seria trabalhar com *Cannabis* e pela amizade ao longo do curso.

Ao programa Farmácia Viva - UFC pelo exitoso estágio cumprido ao lado de pessoas maravilhosas que certamente carregarei comigo por longas datas como a prof^a Mary Anne Bandeira, Amélia Ramos, Kellen Sá, Patrícia Georgina, Sales Lima, Erondino Soares, Carol Fachine, Thainara Rodrigues, Magda Chaves e todas as pessoas que tive a oportunidade de conhecer no decorrer das sextas-feiras nas Feirinhas do Horto; e, claro, por ter trabalhado com plantas que admiro muito, as medicinais.

Ao prof. Dr. Sebastião Medeiros por ter concordado em eu proceder com os experimentos no Laboratório de Análise de Sementes - UFC (LAS) e ter disposto de um doutorando para me acompanhar a execução do mesmo.

Ao prof. Dr. Alek Dutra pelo material cedido para a execução dos experimentos e por ter cedido uma aluna do mestrado para me acompanhar na execução do mesmo.

Ao doutorando Charles Lobo por ter contribuído com as discussões do presente trabalho.

À mestranda Luma Nunes, minha namorada, pelos ótimos momentos vividos nesse período de fim de curso, que foram vividos levemente, como deve ser a vida; por ter delineado comigo o presente trabalho; por ter conduzido diretamente comigo todos os experimentos; pelas discussões relacionadas ao trabalho e à escrita; pela compreensão das nossas diferenças e respeitá-las.

Aos estudantes e funcionári@s que fazem parte do LAS-UFC por serem sempre solícitos e estarem prontos para ajudar no que pudessem, em especial, Dona Regina, Luci, Felipe, João, Kaiane, Lílían e Liliane, Chico Bill e Paloma.

Ao prof. Fred Barbosa por suas acertadas contribuições que, sem dúvidas, enriquecem o presente trabalho e o artigo que submeteremos em breve.

Aos meus amigos e companheiros de graduação: Maria Augusta, Francisco Lopes, Gabriel Silveira, Lucas Gomes e António Nhága.

Aos amigos que tive a oportunidade de conviver debaixo do mesmo teto: Janielly Oliveira, Hyderlandeson, António Nhága, Juvenaldo Florentino e Gabriel Silveira.

Ao grupo de pesquisa BIOSAL, sou grato a cada componente do grupo e espero ter o prazer de encontrá-los no mercado de trabalho o mais rápido possível.

À turma 2013.1 do curso de Agronomia pelos 5 anos de intensa convivência e aprendizado.

RESUMO:

CRUZ, Miller Clementino. **Tolerância de cultivares de sorgo forrageiro ao estresse hídrico e salino**. Redenção: UNILAB, 2018 (Monografia).

A salinidade e a deficiência hídrica são fatores abióticos com forte impacto sobre as atividades agrícolas, especialmente, em regiões áridas e semiáridas. Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o potencial fisiológico, acúmulo de íons e a permeabilidade das membranas de plântulas de dois cultivares de sorgo forrageiro, EA 116 e Ponta Negra, quando submetidos a salinidade e estresse hídrico. As condições de estresse hídrico e salino foram simuladas a partir do umedecimento do substrato com solução de manitol e Cloreto de Sódio (NaCl), respectivamente, ajustadas aos potenciais de: 0 (água destilada); -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5 e -0,6 MPa. As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, massa seca da plântula e extravasamento de eletrólitos das folhas. Conduzido em delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em esquema de fatorial 2 (cultivares) $\times$ 2 (condições de estresse) $\times$ 7 (potenciais osmóticos), com quatro repetições. O cultivar Ponta Negra é suscetível aos estresses hídrico e salino, no entanto, para ambos os genótipos a condição de estresse salino demonstra ser mais limitante. O genótipo EA 116 apresenta maior tolerância ao estresse salino e hídrico durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas, nas concentrações de 0 a -0,4 MPa.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, cloreto de sódio, homeostase, potencial osmótico

ABSTRACT:

CRUZ, Miller Clementino. **Tolerance of sorghum cultivars to water and salt stress.** Redenção: UNILAB, 2018. (Monograph).

Salinity and water deficiency are abiotic factors with a strong impact on agricultural activities, especially in arid and semi-arid regions. The objectives of this work was to evaluate the physiological potential, ion accumulation and permeability of the seedlings membranes of two cultivated variety of forage sorghum, EA 116 and Ponta Negra, when submitted to salinity and water stress. The water and saline stress conditions were simulated from the wetting of the substrate with mannitol and sodium chloride solution (NaCl), respectively, adjusted to the potentials of: 0 (distilled water); -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; -0.5 and -0.6 MPa. The analyzed variables were percentage of germination, germination speed index, shoot length, root length, seedling dry mass and leaf electrolyte extravasation. It was conducted in a completely randomized design, distributed in factorial scheme 2 (cultivated varieties) $\times$ 2 (stress conditions) $\times$ 7 (osmotic potentials), with four replications. The Ponta Negra genotype is susceptible to water and saline stresses, however, for both genotypes the saline stress condition is more limiting. The genotype EA 116 showed greater tolerance to saline and water stress during germination and initial development of the seedlings at concentrations of 0 to -0.4 MPa.

Keywords: *Sorghum bicolor*, sodium chloride, homeostasis, osmotic potential

SUMÁRIO

1 Introdução	08
2 Materiais e Métodos	09
3 Resultados e Discussão	11
4 Conclusões	19
5 Referências Bibliográficas	20

INTRODUÇÃO

Fatores abióticos, como a salinidade e o déficit hídrico afetam drasticamente a produção de espécies vegetais de importância socioeconômica nas regiões áridas e semiáridas, devido às irregularidades pluviais que impedem a lixiviação dos sais na superfície dos solos (OLIVEIRA e GOMES-FILHO, 2009), por prejudicar a germinação e o desenvolvimento vegetal, acarretando no decréscimo da produtividade das culturas.

Em solos salinos, essa restrição tem sido atribuída ao estresse osmótico, provocado pela alta concentração de sais, reduzindo diretamente o potencial hídrico e restando a água (MOTERLE et al., 2008), tornando-a cada vez menos acessível às plantas, consistindo em um efeito similar ao déficit hídrico (NARS et al., 2012) e ao efeito iônico causado pelo acúmulo de íons nos tecidos vegetais (MUNNS e TESTER, 2008). Esses efeitos podem prejudicar diversos processos fisiológicos das plantas, ao reduzir a fotossíntese, ou, promover o ajuste osmótico, que irá contribuir para manutenção da turgescência e do crescimento da célula, desde que não se encontre em níveis tóxicos (SOUZA et al., 2011).

Já o estresse hídrico, causado pela redução da disponibilidade de água, provoca graves danos às células vegetais (ANJUM et al., 2011). A falta de água no solo, muitas vezes, causa o estresse oxidativo nas plantas, impedindo o funcionamento celular normal e, em nível mais avançado, causando a morte (MENEZES et al., 2006). Nessas condições, os vegetais tentam manter seu potencial hídrico por meio da acumulação de osmoprotetores e/ou solutos compatíveis no interior da célula, independente do volume resultante da perda de água (TAIZ et al., 2017). O ajuste osmótico é visto como uma das principais respostas das plantas ao estresse hídrico, estando relacionado com o grau de tolerância vegetal (RHEIN et al., 2011).

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] tem sido apontado como uma cultura de alto potencial de uso em áreas salinizadas devido a sua adaptação a ambientes secos, salinos e quentes, os quais são limitantes ao cultivo de outras espécies forrageiras (BUSO et al., 2011). Essa resistência/tolerância deve-se às características morfológicas do sistema radicular e fisiológicas do sorgo que permitem paralisação do crescimento ou redução das suas atividades metabólicas sob déficit hídrico, com as plantas retornando o crescimento após o término desse estresse (AMARAL et al., 2003). Essas respostas podem variar em função do genótipo utilizado.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial fisiológico, o acúmulo de íons e a permeabilidade das membranas de plântulas de dois cultivares de sorgo forrageiro EA 116 e BRS Ponta Negra quando submetidos à salinidade e ao estresse hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici - Fortaleza, utilizando sementes de sorgo forrageiro dos cultivares EA 116 e BRS Ponta Negra.

As sementes foram desinfetadas por meio da imersão em solução de álcool 70% (v/v) com agitação por 30 segundos, seguida de duas lavagens rápidas com água destilada. Logo após, imersas em solução de hipoclorito de sódio 2,5% (v/v) por 2 minutos, lavadas com água destilada e, posteriormente, secadas em papel toalha. Em seguida foram distribuídas em rolos de papel do tipo Germitest[®], umedecidos com solução osmótica na proporção de 2,5 vezes a massa do substrato. As soluções foram ajustadas às concentrações de 0 (controle); - 0,1; - 0,2; - 0,3; - 0,4; - 0,5 e - 0,6 MPa pela diluição de cloreto de sódio ou manitol em água destilada, com base na fórmula proposta por Van't Hoff.

$$\psi_o = -iCRT$$

em que:

ψ_o - potencial osmótico, em kPa;

i - fator de correção de vant'Hoff (para soluções iônicas, $i > 1$)

C - concentração de soluto (molar);

R - constante universal dos gases (8,314 kPa L mol⁻¹ K⁻¹); e,

T - temperatura absoluta da solução em Kelvin.

Obs.: O termo iC representa a osmolalidade da solução e pode ser determinado com o uso do osmômetro (mol L⁻¹).

Para cada tratamento foram utilizadas 200 sementes, as quais foram distribuídas em rolos de papel, com 50 sementes cada, e acondicionados em BOD (Biochemical Oxygen Demand) na temperatura de 25±3 °C e fotoperíodo de 12 horas. A contagem final do teste de germinação foi realizada no décimo dia após a instalação do teste,

considerando a percentagem de plântulas normais como critério de classificação, conforme estabelecido nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Diariamente, foram realizadas contagens do número de plântulas normais para a comparação do vigor dos genótipos diante a condição de estresse hídrico e salino, por meio do índice proposto por Maguire (1962):

$$IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots G_n/N_n$$

Em que:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação

G1, G2,... Gn = número de plântulas normais germinadas na primeira contagem, na segunda contagem até a última contagem.

N1, N2,...Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda, ..., última contagem.

A análise do crescimento da parte aérea e da raiz foi determinada dez dias após a instalação do teste de germinação, selecionando dez plântulas por tratamento, para proceder com as mensurações que foram auxiliadas por uma régua graduada em centímetros. Em seguida, essas plântulas foram levadas a estufa com circulação de ar forçada à temperatura constante de 65 °C por 72 horas. Logo após, foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais para obtenção da fitomassa seca, com os resultados expressos em miligramas.plântulas⁻¹.

A permeabilidade das membranas das folhas foi determinada por meio do extravasamento de eletrólitos (adaptado de TARHANEN et al., 1999). Foram selecionados 0,1 gramas de discos foliares e acondicionados em tubos de ensaio contendo 10 mL de água destilada. Em seguida, foram fechados e mantidos em repouso por 24 horas à temperatura ambiente (25 °C). Decorrido esse tempo, procedeu-se com a leitura da condutividade inicial (C1) usando condutivímetro de bancada devidamente calibrado. Posteriormente, os tubos foram submetidos à temperatura de 80 °C por 60 minutos em banho-maria e, após o resfriamento, a condutividade foi aferida novamente (C2). O extravasamento de eletrólitos foi calculado pela relação $[C1/(C1+C2)] \times 100$ (TARHANEN et al., 1999).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em esquema de fatorial triplo 2 (cultivares) x 2 (condições de estresse) x 7 (potenciais osmóticos), com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% significância, no software estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2000). Para as variáveis que apresentaram diferença significativa foi selecionado o

modelo de regressão, de maior ajuste e significância, no software TableCurve®, versão 5.01, e para representação gráfica dos resultados foi utilizado software SigmaPlot, versão 12.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação das sementes de sorgo forrageiro foi afetada negativamente pela redução do potencial osmótico, tanto em condições de estresse hídrico quanto de salino (Figura 1). No entanto, essa variável foi mais prejudicada quando submetida ao estresse induzido pelo NaCl em comparação ao manitol. Isso pode ser atribuído ao acúmulo de Na^+ , alterando o equilíbrio entre os íons, a disponibilidade de nutrientes, como K^+ e Ca^{2+} , a indução de danos celulares, redução da divisão celular e do desenvolvimento do embrião (DIAS et al., 2016). Esses resultados corroboram com os obtidos por Belido et al. (2016) ao afirmarem que a germinação de sementes de capim Mombaça teve sua germinação mais afetada na presença de NaCl quando comparado ao manitol. Apesar de Christovam et al. (2015) comentarem que em sementes de *Urochloa*, quando submetidas aos mesmos potenciais osmóticos, o estresse simulados por PEG ter sido mais severo quando comparado ao NaCl.

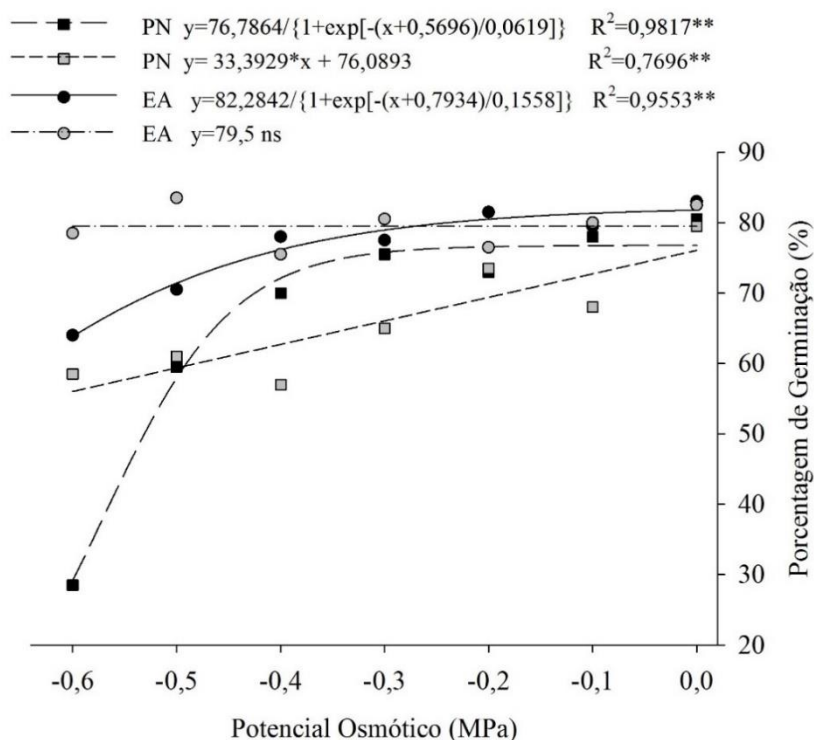


Figura 1 - Germinação dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

O cultivar BRS Ponta Negra, quando submetido ao estresse salino, manteve sua germinação estável até o nível de -0,3 MPa (Figura 1). Abaixo desse potencial, a taxa de germinação diminuiu gradativamente chegando a 30% quando submetida a -0,6 MPa. A germinação do cultivar EA 116 não foi afetada pelo manitol e se mostrou mais tolerante à salinidade, mantendo os valores próximos a 80% até o nível de -0,4 MPa, chegando a 65% para o menor nível avaliado.

Esses resultados se assemelham aos encontrados por outros autores, dentre eles: Coelho et al. (2013) em sorgo forrageiro também identificaram genótipos tolerantes observando que o poder germinativo das sementes não havia sido influenciado até 10 dS.m⁻¹ (-0,25 MPa), no entanto, quando expostos à salinidade de 12 dS.m⁻¹ (-0,3 MPa) houve um bloqueio para todos os genótipos avaliados. Oliveira e Gomes-Filho (2009) relatam que a germinação dessa espécie apresenta efeito linear inversamente proporcional à salinidade. Em milho, a diminuição do potencial osmótico, a partir de -0,4 MPa, diminui sensivelmente a germinação das sementes dos híbridos, em função do aumento da quantidade de NaCl no substrato (BARBIERI et al., 2014).

Em sementes de girassol, Carneiro et al. (2011) relatam que a indução do estresse salino com NaCl não afetou a porcentagem de plântulas normais nos potenciais osmóticos de -0,2 e -0,4 MPa, ocorrendo redução significativa no potencial de -0,8 MPa, onde apenas 37% das sementes germinaram, correspondente a uma redução de aproximadamente 50%, em relação a testemunha.

A germinação das sementes de milho não foi alterada pela adição de sal, no entanto, em lotes menos vigorosos houve redução de 3 e 4% em relação a testemunha (SILVA et al., 2016). Deuner et al. (2011), trabalhando com sementes de feijão-miúdo, observaram que na ausência de sal os genótipos avaliados apresentaram uma germinação média de 93%, com esses valores se mantendo até a concentração de 100 mM de NaCl (-0,25 MPa). Em concentrações mais elevadas, 150 e 200 mM (-0,4 e -0,5 MPa, respectivamente), houve redução gradual na germinação, chegando a valores inferiores a 10% na maior concentração testada.

Sob estresse hídrico, os genótipos apresentaram comportamento distintos quanto a germinação. O cultivar EA 116 não foi afetado significativamente apresentado uma germinação média de 79% nos potenciais avaliados (Figura 1). Esse resultado corrobora com o encontrado por Custódio et al. (2009) não encontrando diferença em sementes de feijão quando submetidas ao estresse simulado pelo manitol, no intervalo de 0 à -0,9

MPa. O cultivar BRS Ponta Negra apresentou grande sensibilidade ao déficit hídrico, com uma redução linear de 33,39% a cada nível osmótico.

Diversos estudos comprovam que a germinação de outras espécies também é reduzida à medida que decrescem os níveis de potencial osmótico das soluções. Christovam et al. (2015), avaliando a germinação de sementes de *Urochloa brizantha* em condições de estresse hídrico, observaram uma redução à medida que se aumentou o potencial osmótico, sendo mais agravada no nível de -0,9 e -1,2 MPa. Mesmo comportamento observado por Ferreira et al. (2017) em sementes de feijão-caupi cv. Tumucumaque, relatando uma redução de 66% e 4% quando comparado a condição de ausência de déficit hídrico de -0,2 MPa, com o uso de PEG 6000 e manitol, respectivamente. Em milho, foi observado que a germinação foi afetada quando submetidas aos potenciais osmóticos, induzidos por manitol, de -0,9 e -1,2 MPa (KAPPES et al, 2010). Essa queda na taxa de germinação deve-se a menor absorção de água pelas sementes, pois o aumento da concentração osmótica provoca diminuição do gradiente hídrico no substrato, impedindo a retomada das atividades metabólicas das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Para o índice de velocidade de germinação, foi observada uma queda na velocidade à medida que o potencial osmótico do substrato se tornou mais negativo, com as sementes necessitando de mais tempo para embeber e germinar. Tanto para o estresse hídrico quanto ao salino, os cultivares apresentaram redução linear nos valores, exceto o EA 116 na condição de estresse hídrico, se ajustando melhor ao modelo quadrático (Figura 2).

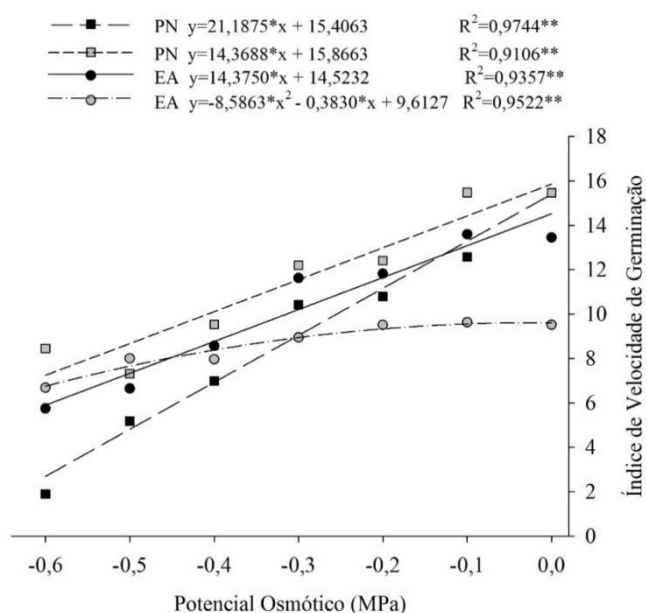


Figura 2 – Índice de velocidade de germinação dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

Para o estresse salino, percebe-se que no potencial de -0,1 MPa, o índice manteve o mesmo valor do tratamento testemunha independente do cultivar, no entanto, conforme o potencial do substrato foi se tornando mais negativo, foi observado queda significativa nos valores, sendo essa redução mais sentida pelo cultivar BRS Ponta Negra.

Sob estresse hídrico, as sementes apresentaram comportamento semelhante ao estresse salino, entretanto, o cultivar EA 116 foi o mais afetado.

Esses valores vão de encontro aos publicados por Carneiro et al. (2011) ao comentarem que à medida que o nível do potencial osmótico do substrato diminui, maiores são as reduções no desempenho fisiológico das plântulas, identificando o NaCl como o agente com maior efeito sobre o IVG das sementes de girassol. Belido et al. (2016) citam que a velocidade de germinação das sementes de *Panicum maximum* foi mais afetada pela restrição hídrica.

Ao proceder com um comparativo para o cultivar BRS Ponta Negra entre os estresses hídrico e salino, percebe-se que a maior taxa de redução do IVG foi de 21,19%, sob estresse salino. Enquanto que a redução sob estresse hídrico foi de 14,37%.

O cultivar EA 116, submetido às condições de estresse hídrico e salino, mostrou-se mais tolerante ao estresse hídrico, pois manteve os valores do IVG encontrados na testemunha até o potencial osmótico de -0,3 MPa. Sob estresse salino, apresentou uma taxa de redução linear de 14,37%, para cada diminuição do potencial osmótico.

As plântulas de sorgo forrageiro tiveram seu crescimento aéreo afetado tanto pelo manitol como pelo NaCl. O cultivar BRS Ponta Negra apresentou redução linear de 13,50 e 20,80%, respectivamente. O cultivar EA 116 apresentou redução linear de 21,35% para o estresse salino e redução seguindo o modelo quadrático para o estresse hídrico, com o decréscimo do potencial osmótico do substrato. No entanto, o cultivar EA 116 apresentou parte aérea superior ao Ponta Negra para todos os potenciais testados (Figura 3).

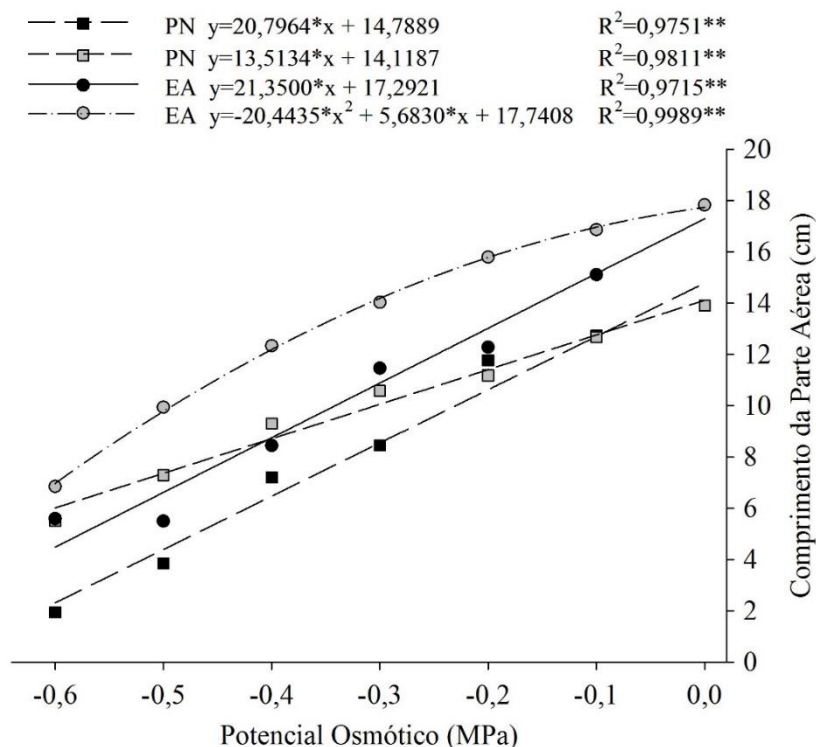


Figura 3 – Comprimento da parte aérea das plântulas dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

A salinidade foi a mais limitante ao crescimento, em que, conforme o potencial osmótico do substrato se tornava mais negativo, plântulas menores eram obtidas, atingindo 2 e 6 cm para o BRS Ponta Negra e EA 116, respectivamente, no maior nível de estresse avaliado. Nesses ambientes, a elevada concentração de Na^+ e Cl^- no interior das células causam desnaturação de proteínas e desestabilização de membranas pela redução da hidratação dessas macromoléculas (TAIZ et al., 2017), prejudicando o crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente, devido à redução do potencial hídrico da célula e toxidez do Na^+ e Cl^- (FLOWERS e FLOWERS, 2005).

O crescimento radicular apresentou comportamento semelhante ao obtido para a parte aérea das plântulas. O comprimento das raízes do cultivar Ponta Negra, quando em condição de estresse hídrico, manteve-se constante até o potencial de -0,2 MPa e, quando submetido ao salino, apresentou um decréscimo linear de 18,28%. As raízes do cultivar EA 116, sob estresse hídrico, apresentaram-se maiores quando comparadas as do cultivar BRS Ponta Negra em todos os potenciais analisados, demonstrando ser mais adaptado ao déficit hídrico (Figura 4).

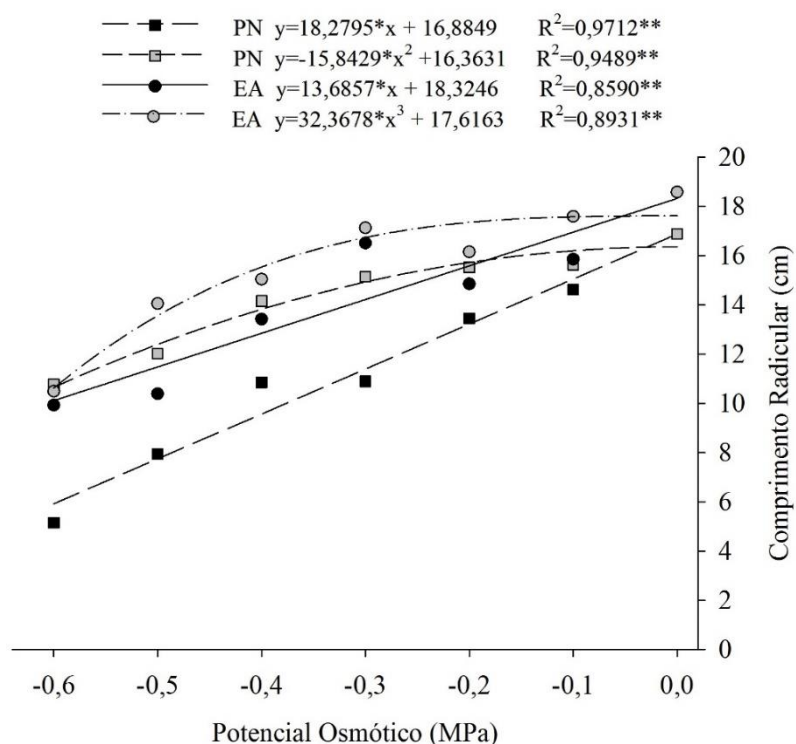


Figura 4 – Comprimento radicular das plântulas dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

A redução do crescimento radicular de outras espécies já foi relatada por alguns autores: Kappes et al. (2010) afirmam que as raízes de híbridos de milho não diferiram do tratamento testemunha quando induzidos aos potenciais de -0,3 e -0,6 MPa em estresse hídrico simulado por manitol. Em plântulas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, até -0,6 MPa (manitol) foi observado acréscimo, enquanto, na presença de NaCl, a alongação radicular foi estimulada quando submetida a -0,2 MPa e, após isso, houve redução gradativa nesta variável (BELIDO et al., 2016). Híbridos de milho apresentaram diminuição linear com o aumento da concentração de sais na solução no substrato (BARBIERI et al., 2014). No entanto, Conus et al. (2009) relatam acréscimo no sistema radicular com a diminuição dos potenciais osmóticos da solução, com KCl proporcionando incrementos de 2,08 cm a cada unidade de variação (1,0 MPa) que se diminuiu no potencial osmótico. Já para o NaCl, pode-se estimar um crescimento a partir de -0,41 MPa, na ordem de 6,18 cm chegando a 8,05 cm no menor potencial osmótico avaliado.

Tanto o comprimento da parte aérea quanto o sistema radicular foram mais afetados pelo estresse salino. Esses resultados são contrários aos encontrados por

Lucchese et al. (2018), ao afirmarem que na presença de PEG a redução para essas variáveis foi mais drástica quando comparada ao NaCl. No entanto, Carneiro et al. (2011) relatam comportamento semelhante para esses agentes osmóticos, com redução linear no crescimento das plântulas à medida que aumentaram as concentrações.

O conteúdo de massa seca das plântulas manteve os mesmos valores obtidos no tratamento testemunha até o potencial osmótico de -0,1 MPa, independente o tipo de estresse sofrido. Plântulas mais leves foram obtidas quando submetidos ao estresse salino, com o cultivar BRS Ponta Negra apresentando-se mais sensível (Figura 5).

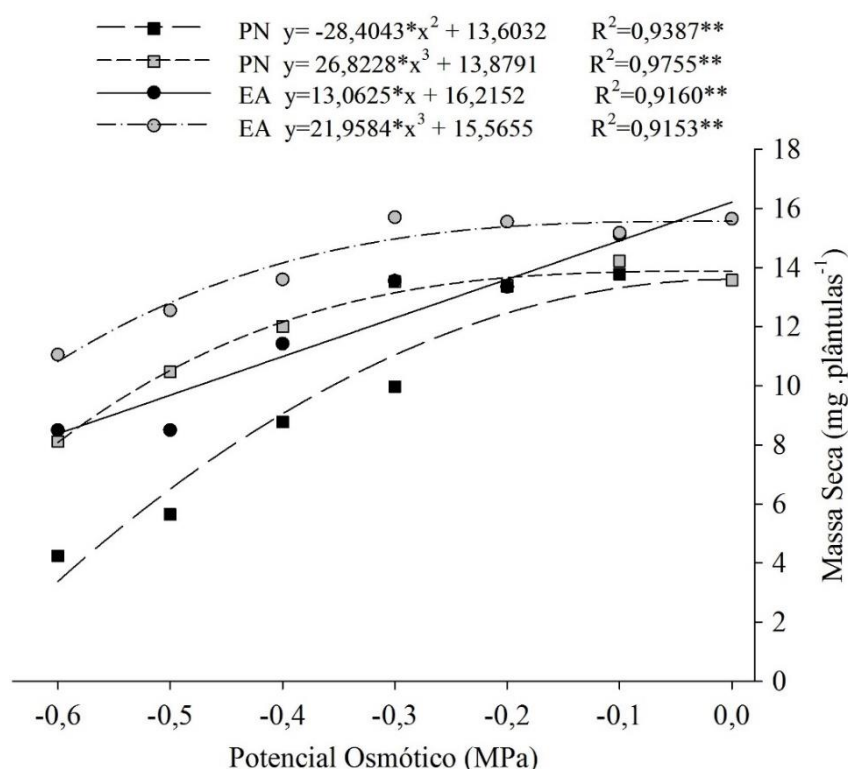


Figura 5 – Massa seca das plântulas dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

Sob condição de estresse hídrico, ambos os cultivares apresentaram respostas similares, mantendo certa estabilidade no conteúdo da massa seca até o nível de -0,3 MPa, declinando com a redução do potencial osmótico do substrato, com o cultivar BRS Ponta Negra mostrando-se mais sensível quando comparado ao EA 116. Carneiro et al. (2011) observaram uma tendência de aumento para massa seca da parte aérea de plântulas de girassol sob as concentrações de -0,2 e -0,4 MPa, tanto para PEG 6000 como NaCl, quando comparado à testemunha. Redução linear para essa variável foi

obtida em cultivares de *Urochloa brizantha* à medida que o nível de estresse hídrico aumentou (CHRISTOVAM et al., 2015).

Em concentrações de NaCl a partir do potencial de -0,2 MPa, o cultivar BRS Ponta Negra apresenta um decréscimo para essa variável, atingindo valores próximos a 3 mg.plântula⁻¹ quando submetidos a -0,6 MPa.

A figura 6 apresenta os resultados obtidos dos extravasamentos de eletrólitos da parte aérea dos dois cultivares em diferentes potenciais osmóticos induzidos por cloreto de sódio e manitol. Todas as respostas apresentaram aumento linear do extravasamento com a diminuição do potencial osmótico, independente da natureza do estresse.

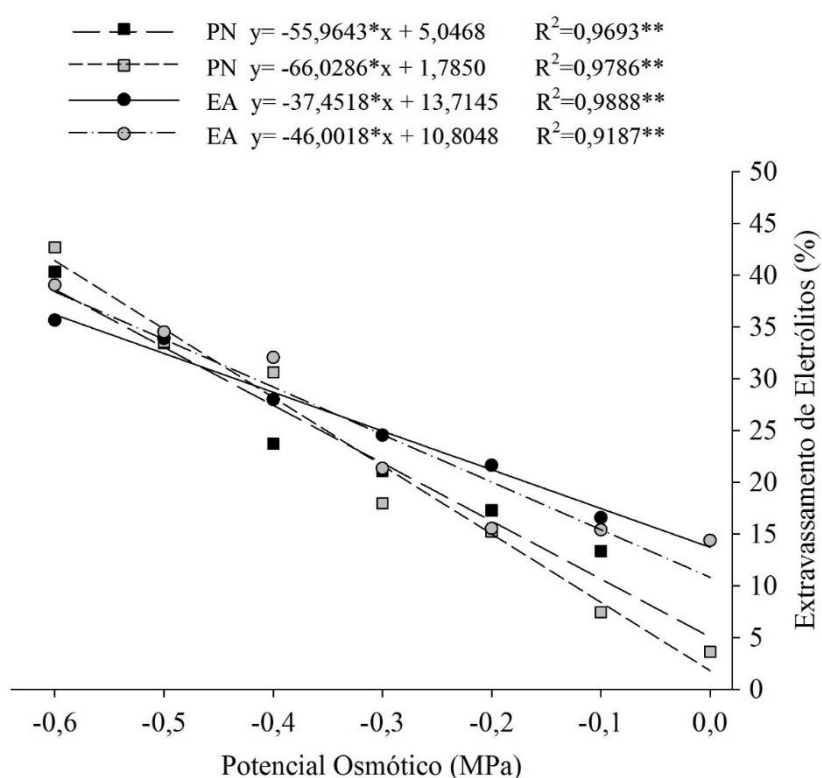


Figura 6 – Extravasamento de eletrólitos da parte aérea dos cultivares de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra (quadrado) e EA 116 (círculo) sob diferentes níveis osmóticos induzidos por cloreto de sódio (cor preta) e manitol (cor cinza).

O extravasamento de eletrólitos aumentou gradualmente com o incremento da concentração de NaCl, indicando ter havido danos às membranas celulares, devido a peroxidação dos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (PASTORI e FOYER, 2002) provocada pelo excesso de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), em situações de estresse oxidativo.

Além do cultivar BRS Ponta Negra ter se comportado como sensível ao estresse salino na avaliação de germinação e vigor, também apresentou as maiores taxas de extravasamento de eletrólitos em ambos os estresses.

Sabendo que o conceito de homeostase se refere à propriedade de os organismos se adaptarem às variações do meio, evitando-se os extremos (BORÉM, et al. 2017), o cultivar EA 116 mostrou-se mais tolerante, pois não variou muito sua taxa de extravasamento de eletrólitos com a variação do estresse sofrido, mantendo assim uma certa homeostasia em suas respostas ao ambiente.

CONCLUSÕES

O estresse hídrico foi menos severo ao desenvolvimento das plântulas de sorgo forrageiro, de acordo com as variáveis analisadas. Contudo, o cultivar EA 116 se mostrou mais tolerante em ambos os estresses.

O estresse hídrico não afetou a porcentagem de germinação do cultivar EA 116. E embora tenha obtido os menores valores para o IVG, sua matéria seca apresentou os maiores valores, bem como os maiores para crescimento da parte aérea e da raiz principal.

O cultivar EA 116 apresenta maior tolerância para ambos os estresses enquanto o BRS Ponta Negra apresenta-se mais sensível ao estresse salino e hídrico durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas nas concentrações de 0 a -0,4 MPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F. S.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidos a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 973-979, 2003.
- ANJUM, S. A.; XIE, X. Y.; WANG, L. C.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026–2032, 2011.
- BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; ZEN, H. D.; BECHE, M.; HENNING, L. M. M.; LOPES, S. J. Tratamento de sementes de milho sobre o desempenho de plântulas em condições de estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 305-311, 2014.
- BELIDO, I. A.; YAMASHITA, O. M.; FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M.; CARVALHO, M. A. C. Estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 38-46, 2016.
- BORÉM, ALUÍZIO; MIRANDA, GLAUCO VIEIRA; FRITSCHÉ-NETO, ROBERTO. **Melhoramento de Plantas**, 7ª ed. rev. e ampl. - Viçosa (MG): Ed. UFV, 2017
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 5, n. 23, 2011.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F.C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M.M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 379-385, 2013.
- CARNEIRO, M. M. L. C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P. V.; TEIXEIRA, S. B.; SOUSA, C. P.; BACARIN, M. A.; MORAES, D. M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 752-761, 2011.
- CHRISTOVAM, M. C.; SILVA, T. L.; YAMAMOTO, C. J. T.; MOREIRA, A. L. L.; CUSTÓDIO, C. C.; PACHECO, A. C.; ABRANTES, F. L. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cultivares de *Urochloa brizantha* em condições de estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2015.
- CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSOS, L. R.; SCALON, S. P. Q. germinação de Sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino

induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 067-074, 2009.

CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas à diferentes soluções osmóticas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 617-623, 2009.

DEUNER, C.; MAIA, M. S.; DEUNER, S.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E. Viabilidade e atividade antioxidante de sementes de genótipos de feijão-miúdo submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 711-720, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, NCTSal, 2ª Ed, 2016, p. 151-161.

FERREIRA, A. C. T.; ROCHA, A.M.; CAVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1009-1016, 2017.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 1–2, p. 15–24, 2005.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; HAGA, K. I.; FERREIRA, J. P.; ARF, M. V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia agraria**, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.

LUCCHESI, J. R.; BOVOLINI, M. P.; HILGERT, M. A.; BROSE, C. B.; AVRELLA, E. D.; LAZAROTTO. Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* M. Roem. var. australis. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 141-149, 2018.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed., Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MENEZES, C. H. S. G.; LIMA, L. H. G. M.; LIMA, M. M. A.; VIDAL, M. S. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.10, n. 1-2, p. 1039-1072, 2006.

MIRANDA, R. S.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; ARAÚJO, C. M. S.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Influence of inorganic nitrogen sources on K^+/Na^+ homeostasis and salt tolerance in sorghum plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, n. 3, p. 841-852, 2013.

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**, v. 28, n. 3, p. 169-176, 2008.

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

NASR, S. M. H.; PARSAKHOO, A.; NAGHAVI, H.; KOOHI, S. K. S. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, v. 43, n. 1, p. 45-55, 2012.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 048-056, 2009.

PASTORI, G. M.; FOYER, C. H. Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of 'redox' and abscisic acid-mediated controls. **Plant Physiology**, v. 129, p. 7460-7468, 2002.

RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M.; CARLIN, S. D. Atividade da enzima redutase do nitrato e teores de prolina livre em raízes de cana-de-açúcar sob estresse hídrico e ácido no solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1345-1360, 2011.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

SILVA, K. J.; MENEZES, C. B. de; TARDIN, F. D.; EMYGDIO, B. M.; SOUZA, V. F. de; CARVALHO, G. A. de; SILVA, M. J. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 44-53, 2013.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro-caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p.586-592, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ªEd. Porto Alegre, Artmed, 2017.

TARHANEN, S.; METSARINNE, S.; HOLOPAINEN, T.; OKSANEN, J. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. **Environmental Pollution**, v. 104, p. 121-129, 1999.