

GERMINAÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO CAUPI SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO E APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO

Wellison Filgueiras Dutra (1); Duval Chagas da Silva (2); Alexson Filgueiras Dutra (3); Alberto Soares de Melo (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil, wfilgueiras@gmail.com; (2) Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil, alberto@uepb.edu.br; (3) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, Brasil.

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) é uma cultura de grande potencial atual e estratégico, por possuir adaptação a uma ampla faixa de ambientes nas regiões tropicais e subtropicais do mundo e, ainda, diante das mudanças climáticas e da necessidade crescente de alimento em todo o mundo (Freire Filho et al., 2011). No Brasil possui grande importância para a população do Nordeste, principalmente, das áreas semiáridas, onde representa um dos principais componentes da dieta alimentar das famílias, fixando a mão de obra no campo e gerando emprego e renda (Freire Filho et al., 2011; Coelho et al., 2013). No entanto, a escassez hídrica, comum nessa região, é a principal causa prejuízos à produção agrícola, seja por redução da produtividade ou pela restrição de áreas agricultáveis.

Destaque-se que a disponibilidade e a manutenção hídrica dos tecidos da semente estão intimamente relacionadas com a germinação e o desenvolvimento de diversas espécies em diferentes regiões. A germinação e o crescimento inicial são considerados as fases fenológicas mais sensíveis ao déficit hídrico, pois a água compõe a matriz necessária à maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos, por ativar as vias essenciais no desenvolvimento da plântula, além do controle sobre a estrutura e propriedade das proteínas, das membranas, dos ácidos nucleicos e de outros constituintes celulares (Taiz e Zeiger, 2009).

Nesse sentido, melhorias na qualidade fisiológica e bioquímica das sementes são importantes, visando aprimorar o desempenho germinativo em resposta ao estresse hídrico. Para tanto, a utilização de algumas substâncias indutoras exógenas ou endógenas, tais como os ácidos orgânicos (salicílico, ascórbico e cítrico), podem colaborar na melhoria da eficiência de processos metabólicos ou, ainda, atuar diretamente nas rotas metabólicas, o que resulta em adaptação ao déficit hídrico (McCue et al., 2000; Agostini et al., 2013). O ácido salicílico (AS) é um composto pertencente ao grupo fenólico com efeito sobre a germinação e a regulação do crescimento e do desenvolvimento (Kabiri et al., 2012; Sharafizad et al., 2013). No entanto, o mecanismo exato de ação do referido ácido não é bem compreendido, em especial, porque ele pode diferir entre espécies e em diferentes ambientes (Pál et al., 2014).

A aplicação exógena de AS vem sendo estudada como indutor de tolerância ao estresse hídrico durante a germinação em sementes de várias espécies, tais como o feijão comum (Agostini et al., 2013; Yamamoto, et al., 2014), o arroz (Choudhury e Panda, 2004), o trigo (Sharafizad et al., 2013) e a cevada (Bandurska e Stroinski, 2005). Entretanto, estudos acerca da aplicação de AS em sementes de feijão caupi e o seu efeito sobre a germinação em condições de deficiência hídrica induzida ainda são escassos. Desta maneira, objetivou-se com este trabalho avaliar a germinação de 6 cultivares de feijão caupi submetidas a aplicação de ácido salicílico em diferentes potenciais hídricos induzidos por polietilenoglicol 6000.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas (ECOLAB), localizado no Complexo Integrado de Pesquisa Três Marias, pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, Campus I, Campina Grande-PB, durante os meses de janeiro e junho de 2014. A mesma constou da combinação fatorial de 6 cultivares de feijão caupi submetidas a 3 condicionamentos durante a pré-semeadura (SE = sem embebição; AS = embebição em ácido salicílico (10^{-5} M) e AD = embebição em água purificada, ambas durante o período de 8 horas) e 5 potenciais hídricos, induzidos por polietilenoglicol 6000 (-1,0; -0,8; -0,6; -0,4 e 0 MPa, para o potencial de 0 MPa foi utilizado apenas a água purificada), totalizando 90 tratamentos.

Inicialmente foi realizada uma triagem das sementes com o objetivo de eliminar aquelas que continham danos físicos, biológicos e/ou má formação. Após a triagem, as sementes foram tratadas com fungicida (Captan®) na dosagem de 0,22 g 100 g⁻¹ de sementes. Em seguida as sementes foram divididas em três lotes, sendo dois deles envolvidos em papel toalha na forma de rolos para posterior embebição com solução de AS (10^{-5} M) (Agostini et al., 2013) e água purificada (AD) por um período de 8 horas. O terceiro lote foi mantido em garrafa, tipo pet, lacrada pelo mesmo período, para evitar qualquer alteração na umidade das sementes.

Após o período de embebição, todas as sementes foram distribuídas em caixas de acrílico (Gerbox®), 20 sementes por caixa, contendo quatro folhas de papel Germitest® previamente umedecidas com as soluções osmóticas de polietilenoglicol 6000 na proporção de 2,5 g g⁻¹ de papel. Em seguida as caixas foram vedadas com filme plástico, pesadas em balança analítica ($\epsilon = 0,0001$ g), obtendo a massa do conjunto caixa + papel + sementes + filme plástico, a qual foi utilizada como base para a reposição hídrica diária. Por fim as caixas foram alocadas em câmara de germinação, tipo B.O.D, regulada a 27 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas (Brasil, 2009). O consumo hídrico foi monitorado diariamente por meio da pesagem das caixas contendo as sementes, e a reposição de água foi efetuada até atingir a massa inicial do conjunto caixa + papel + sementes + filme plástico.

A determinação da quantidade de polietilenoglicol (PEG 6000) necessária para cada solução osmótica foi realizada utilizando-se da equação proposta por Michel e Kaufmann (1973), com a qual se obteve os seguintes valores: 295,72 g L⁻¹ de água para o potencial negativo de 1,0 MPa, 261,95 g L⁻¹ para -0,8 MPa, 178,35 g L⁻¹ para -0,6 MPa e 119,57 g L⁻¹ para -0,4 MPa. As soluções foram mantidas em frascos de vidro vedados com o intuito de erradicar a perda de água e, conseqüentemente, a alteração no potencial até o momento da utilização.

Durante 13 dias, no mesmo horário, foram realizadas as contagens de germinação, considerando como germinadas as sementes que emitissem a radícula com extensão mínima de 2 mm (Rehman et al., 1996). Com posse desses dados, foi realizado o cálculo da porcentagem final de germinação (PFG) e do índice de velocidade de germinação (IVG) (Carvalho e Carvalho, 2009).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 5 repetições, sendo a parcela experimental composta por 20 sementes (Brasil, 2009). Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e os modelos de regressão foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação até 5% de significância (Storck et al., 2011). Para as análises utilizou-se dos *Softwares* SAEG 9.1 e Table Curve 2D.

Resultados e Discussão

O condicionamento das sementes durante a pré-semeadura, os potenciais hídricos e a interação entre esses fatores influenciaram a porcentagem e a velocidade de germinação ($p < 0,01$). Observou-se que os tratamentos induziram efeitos distintos nas cultivares ($p < 0,01$), sendo as

respostas dependentes do tipo de condicionamento e da disponibilidade de água, fato esse esperado por se tratar de materiais divergentes geneticamente.

A porcentagem final de germinação (PFG) das diferentes cultivares foi reduzida com o aumento da restrição hídrica, principalmente, nas sementes acondicionadas sem embebição (SE) durante a pré-semeadura (Figura 1). Já os tratamentos com embebição em água purificada (AD) e em ácido salicílico (AS) induziram respostas semelhantes para PFG de todas as cultivares, sendo o AS em média superior a AD. Verificou-se ainda, com a embebição das sementes, uma tendência à manutenção da porcentagem final de germinação em todas as cultivares até o potencial hídrico de -0,6 MPa, exceto para BRS Marataoã (Figura 1D), a qual registrou queda acentuada da germinação em função da diminuição do potencial hídrico.

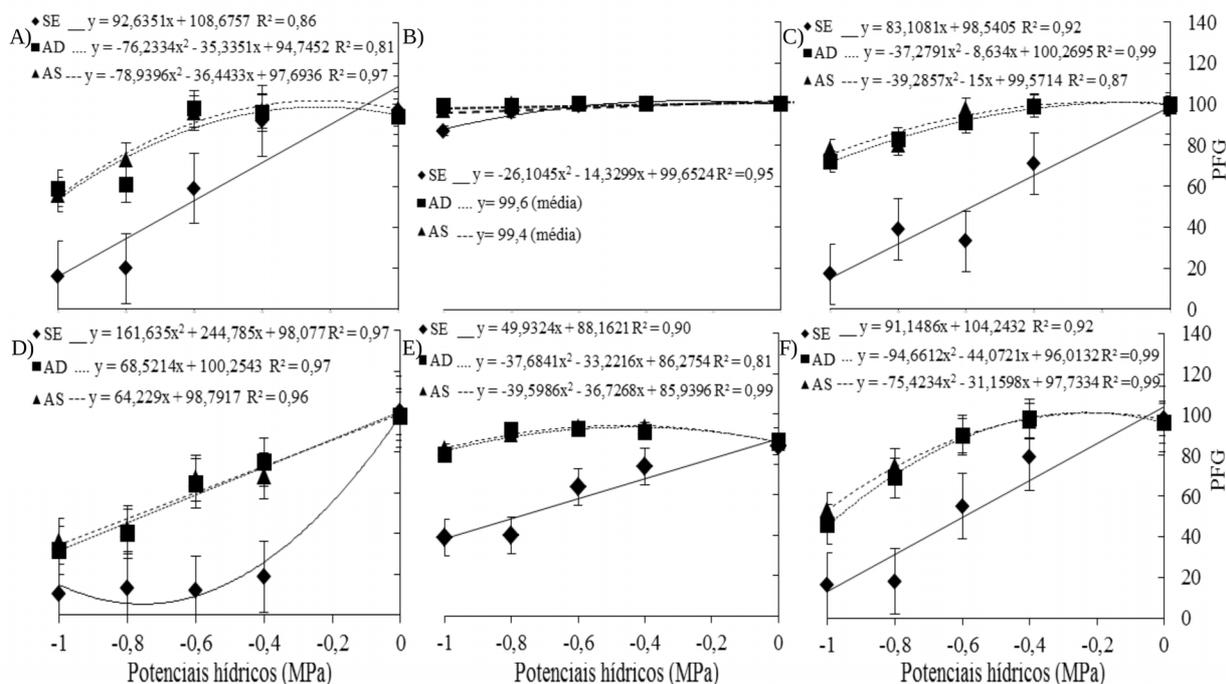


Figura 1. Porcentagem final de germinação (PFG) das cultivares de feijão caupi: BRS Guariba (A), BR 17 Gurguéia (B), BRS Aracê (C), BRS Marataoã (D), BRS Itaim (E) e BRS Potengi (F) acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2015. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e AS – embebição em ácido salicílico (10^{-5} M).

Quanto às cultivares, os maiores valores de PFG foram verificadas na BR 17 Gurguéia, seguida da BRS Itaim, BRS Aracê, BRS Guariba e BRS Potengi (Figura 1). Na BR 17 Gurguéia verificou-se, também, menor redução de germinação das sementes sem embebição (14,94%) com o aumento da restrição hídrica, e a manutenção da PFG média com a embebição em AD (99,6%) e AS (99,4%) (Figura 1B). Tendência semelhante foi verificada na BRS Itaim, obtendo PFG média de 88,6% para embebição em AD e 89,4% para embebição em AS, e germinação máxima estimada em 93,59% e 94,46% nos potenciais estimados de -0,44 e -0,46 MPa, respectivamente (Figura 1E). Em contra partida, os maiores decréscimos da PFG em resposta ao aumento da restrição hídrica foram observados na cultivar BRS Marataoã (Figura 1D).

A diminuição da germinação sob baixa disponibilidade de água é uma resposta comum, visto que nessas condições o potencial hídrico se encontra, muitas vezes, inferior ao verificado no embrião, dificultando, portanto, a absorção da água necessária para a ativação do metabolismo da

semente, estando em concordância com relatos anteriores (Custódio et al., 2009; Agostini et al., 2013; Yamamoto et al., 2014) verificados em sementes de feijão comum submetidas a potenciais hídricos mais negativos (inferiores a -1,0 MPa).

Por outro lado, o efeito positivo da embebição sobre a germinação pode ser resultado de uma reorganização e ativação de processos celulares (Guimarães et al., 2008), entre eles a translocação de ácido giberélico do embrião para os tecidos reserva (Floss, 2004), que induz o aumento da síntese e/ou ativação das enzimas hidrolíticas, responsáveis pela disponibilização das reservas do endosperma para o embrião (Castro e Hilhorst, 2004), principalmente nas sementes embebidas em ácido salicílico (10^{-5} M). O resultado disso é o aumento do teor de metabólitos no protoplasma das células e, conseqüentemente, da pressão de turgescência responsável pelo alongamento celular na região da radícula (Guimarães et al., 2008).

Existem relatos conflitantes sobre o efeito do ácido salicílico sobre a germinação das sementes (Carvalho et al., 2007; Kabiri et al., 2012; Habibi e Abdoli, 2013; Agostini et al., 2013; Yamamoto et al., 2014). Por exemplo, Habibi e Abdoli (2013) e Sharafizad et al. (2013) verificaram maior porcentagem de germinação do agrião e trigo com a embebição das sementes em baixas concentrações de AS (0,5 mM a 0,7 mM), não diferindo do tratamento com água destilada, respectivamente. Acrescente-se, ainda, que o aumento da concentração do AS diminuiu a germinação do agrião e trigo. De modo contrário, o pré-tratamento em solução de AS (0,01 mM) não aumentou a germinação de sementes de feijão comum em relação aos demais tratamentos (Yamamoto et al., 2014), contudo sua aplicação é vista como promissora por amenizar, parcialmente, os efeitos deletérios do estresse hídrico (Agostini et al., 2013).

O índice de velocidade de germinação (IVG) das cultivares de feijão caupi (Figura 2) foi mais sensível à redução do potencial hídrico do que a porcentagem final de germinação em todas as condições avaliadas. Os maiores valores de IVG foram verificados no maior potencial hídrico (0 MPa) com destaque para as sementes submetidas à embebição, que tiveram este índice significativamente superior ao obtido nas sementes sem embebição (Figura 2).

Não houve diferença significativa entre os tipos de embebição avaliados (AD e AS), contudo a aplicação de AS reduziu o IVG das cultivares BRS Aracê e BRS Marataoã no potencial de 0 MPa em comparação com a AD (Figura 2C e 2D). Observou-se, ainda, aumento do referido parâmetro na BRS Aracê submetida ao potencial de -0,6 MPa, o que pode ser indicativo do efeito positivo do AS para esta cultivar em condições de deficiência hídrica. Tal hipótese foi reforçada pelo comportamento verificado na cultivar BRS Itaim. Esta, quando submetida aos potenciais hídricos intermediários (-0,4 a -0,8 MPa) e embebição em AS, obteve valores de IVG superiores aos encontrados com a embebição em AD (Figura 2E).

Em semelhança com os dados encontrados para a PFG, os maiores e menores IVG entre as cultivares foram constatados na BR 17 Gurguéia e BRS Marataoã, respectivamente (Figura 2B e 2D). Essa superioridade da BR 17 Gurguéia em relação à BRS Marataoã pode ser reflexo do maior percentual de água observado na semente antes da semeadura (dados não apresentados). A cultivar BRS Itaim quando submetida à embebição com solução de AS durante a pré-semeadura, obteve a menor redução de IVG (127,83%) entre as cultivares com o aumento da restrição hídrica. O mesmo ocorreu com a cultivar BR 17 Gurguéia (157,38%) quando embebida em AD.

A maior taxa de embebição das sementes de BRS Itaim (dados não apresentados) pode ter favorecido a manutenção do IVG, pois, comumente, nessas condições as sementes rapidamente atingem a fase II da embebição, na qual ocorre a ativação de enzimas, membranas e organelas responsáveis pela digestão das reservas na semente. Depois disso ocorre o aumento da concentração de metabólitos no protoplasma celular e, conseqüentemente, a diminuição do potencial osmótico na semente (Guimarães et al., 2008), o que, no presente estudo, poderia ter limitado a perda de água para o substrato com PEG, visto que o movimento da água se dá da região com maior potencial

para a com menor potencial hídrico. Por outro lado, mesmo com altas taxas de absorção e percentagem de água na semente, as cultivares BRS Guariba e BRS Aracê mostraram-se mais suscetíveis à redução de água, no que diz respeito ao IVG (Figura 2A e 2C).

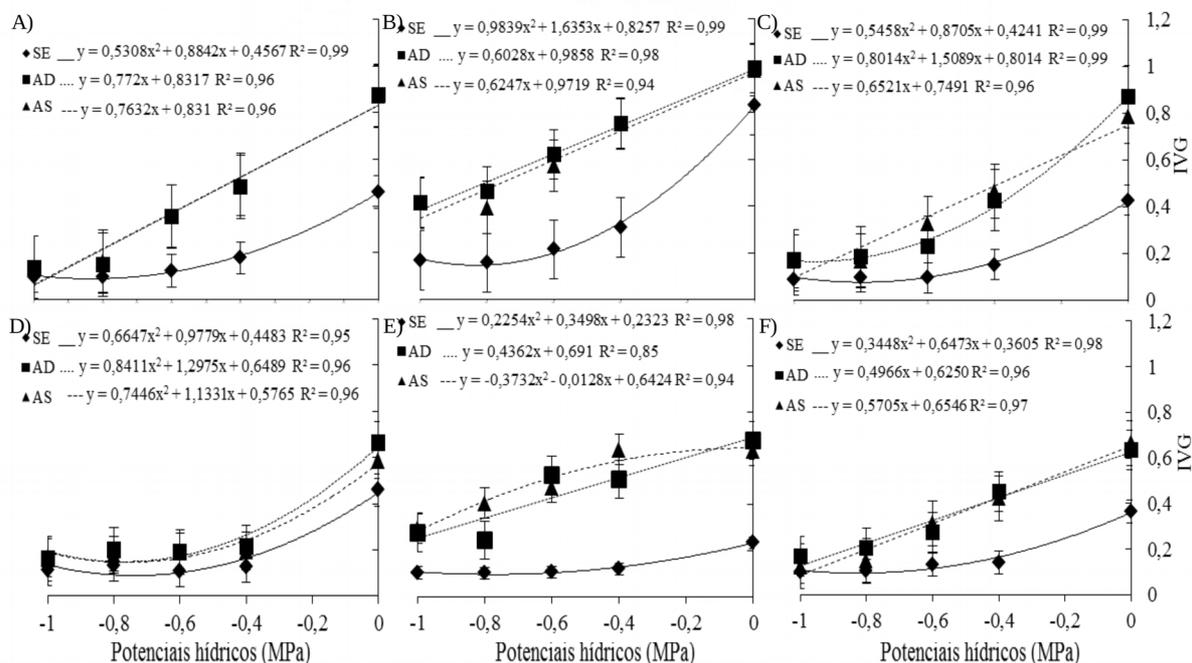


Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) das cultivares de feijão caupi: BRS Guariba (A), BR 17 Gurguéia (B), BRS Aracê (C), BRS Marataoã (D), BRS Itaim (E) e BRS Potengi (F) acondicionadas durante a pré-semeadura e submetidas a diferentes potenciais hídricos induzidos por PEG 6000. Campina Grande, PB, 2015. SE – sem embebição; AD – embebição em água purificada e AS – embebição em ácido salicílico ($10^{-5}M$).

Conclusões

As maiores porcentagens de germinação foram obtidas com a embebição das sementes em água destilada ou ácido salicílico;

As cultivares BR17 Gurguéia e BRS Itaim tiveram as menores reduções na porcentagem e velocidade de germinação com a embebição das sementes;

A aplicação de ácido salicílico durante a pré-semeadura induziu a tolerância na cultivar BRS Itaim em condições moderadas de déficit hídrico (-0,4 a -0,8 Mpa).

Referências Bibliográficas

- AGOSTINI, E. A. T.; MACHADO-NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Induction of water deficit tolerance by cold shock and salicylic acid during germination in the common bean. *Acta Scientiarum*, v.35, n.2, p. 209-219, 2013.
- BANDURSKA, H.; STROINSKI, A. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 27, n.3b, p.379-386, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

- CARVALHO, P. R.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.1, p.114-124, 2007.
- CARVALHO, R. I. N.; CARVALHO, D. B. Germinação de sementes de um ecótipo de paspalum da região de Guarapuava- Pr. Semina: Ciências Agrárias, v. 30, n.4Sup1, p. 1187-1194, 2009.
- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.149-162.
- CHOUDHURY, S.; PANDA, S. K. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, v.30, n.3-4, p.95-110, 2004.
- 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.
- CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas. *Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 4, p. 617-623, 2009.
- FLOSS, E. L. *Fisiologia das plantas cultivadas*. Passo fundo: Editora da UPF, 2004. 536p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. *Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios*. Terezina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84p.
- GUIMARÃES, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; LOUREIRO, M. E. Hidratação de sementes. *Tropical Ciências Agrárias e Biológicas*, v.2, n.1, p.31-39, 2008.
- HABIBI, A.; ABDOLI, M. Influence of salicylic acid pre-treatment on germination, vigor and growth parameters of garden cress (*Lepidium sativum*) seedlings under water potential loss at salinity stress. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, v.4, n.6, p.1393-1399, 2013.
- KABIRI, R.; FARAHDAKSH, H.; NASIBI, F. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on black cumin (*Nigella sativa*) germination and seedling growth. *World Applied Sciences Journal*, v.18, n.4, p.520-527, 2012.
- McCUE, P.; ZHENG, Z.; PINKHAM, J.; SHETTY, K. A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. *Process Biochemistry*, v.35, n.6, p.603-613, 2000.
- MICHEL, B. E. KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, v.51, n.5, p. 914-916, 1973.
- PÁL, M.; KOVÁCS, V.; SZALAI, G.; SOÓS, V.; MA, X.; LIU, H.; MEI, H.; JANDA, T. Salicylic acid and abiotic stress responses in rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.200, n.1, p.1-11, 2014.
- REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKEIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. *Seed Science and Technology*, v.25, n.1, p. 45-57, 1996.
- SHARAFIZAD, M.; NADERI, A.; SIADAT, S. A.; SAKINEJAD, T.; LAK, S. Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under drought stress. *Journal of Agricultural Science*, v.5, n.3, p.179-199, 2013.
- STORK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. *Experimentação Vegetal*. 3ª ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2011. 200p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.



YAMAMOTO, C. J. T.; LEITE, R. G. F.; MINAMIGUCHI, J. Y.; BRAGA, I.; MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Water-deficit tolerance induction during germination of Jalo Precoce bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.36, n.11, p.2897-2904, 2014.