

CRESCIMENTO DE PLANTAS E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE FEIJÃO SOB ALAGAMENTO DO SOLO

Tiago Pedó^{1*}; Emanuela Garbin Martinazzo²; Geison Rodrigo Aisenberg³; Tiago Zanata Aumonde¹; Francisco Amaral Villela¹; Irajá Ferreira Antunes⁴

SAP 13974 Data envio: 09/04/2016 Data do aceite: 06/02/2017

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 1, jan./mar., p. 94-98, 2017

RESUMO - O crescimento das espécies vegetais pode ser afetado pelo alagamento do solo. O trabalho objetivou avaliar comparativamente o crescimento e a expressão do vigor de sementes de genótipos de feijão submetidos ao alagamento do solo. Para cada genótipo IPR Tuiuiú e Carioca, os tratamentos constituíram-se da combinação alagamento do solo por 12 horas ou mantido na capacidade de campo e épocas de coleta. As plantas foram coletadas em intervalos regulares de 20 dias após a semeadura, sendo determinadas massa seca, área foliar e vigor das sementes. As plantas do genótipo IPR Tuiuiú apresentaram maior crescimento e similar expressão do vigor das sementes ao serem mantidas na capacidade de campo. Em plantas do genótipo Carioca, o alagamento do solo não afetou o crescimento e a expressão do vigor de sementes. O alagamento do solo interfere negativamente no crescimento e na expressão do vigor de sementes de feijão, com intensidade dependente do genótipo. A razão de área e de massa foliar é reduzida em plantas submetidas ao alagamento do solo. Plantas do genótipo Carioca submetidas ao alagamento do solo apresentam maior crescimento e expressão do vigor de sementes comparativamente às do IPR Tuiuiú.

Palavras-chave: área foliar, massa seca, *Phaseolus vulgaris*, vigor.

PLANT GROWTH AND SEED QUALITY OF BEAN SEEDS UNDER SOIL FLOODING

ABSTRACT - The growth of plant species can be affected by flooding. The study aimed to comparatively evaluate the growth and expression of seed vigor of common bean genotypes subjected to soil flooding. For each genotypes IPR Tuiuiú and Carioca, treatments consisted of combining soil flooding for 12 hours or kept at field capacity, and plant sample collection times. Plant samples were collected at every 20 day intervals, being determined dry mass, leaf area and seed vigor. The plants of genotype IPR Tuiuiú showed higher growth and similar expression of seed vigor under soil field capacity. In plants of genotype Carioca, soil flooding did not affect growth and expression of seed vigor. The flooding negatively interferes on growth and vigor expression of bean seed, with intensity dependent on the genotype. The ratio between area and leaf mass is reduced in plants subjected to flooding. Plants of Carioca genotype subjected to flooding present greater growth and expression of seed vigor comparatively of the IPR Tuiuiú.

Key words: leaf area, dry mass, *Phaseolus vulgaris*, vigor.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae, sendo umas das principais espécies cultivadas de interesse social e econômico no Brasil (MESQUITA et al., 2007). Na Região Sul no ano de 2017, houve acréscimo de 10% na área cultivada em relação à safra anterior, no entanto, condições climáticas desfavoráveis ocasionaram atraso na semeadura na região sul do Rio Grande do Sul e na baixada litorânea em Santa Catarina, refletindo na baixa produtividade média de 1,3 t ha⁻¹.

Entre as condições ambientais desfavoráveis para a produção agrícola, as condições de alagamento podem se tornar cada vez mais frequentes devido à ocorrência de maiores volumes de chuva. Neste contexto, a redução da disponibilidade de oxigênio para as raízes, devido à lenta difusão do oxigênio pela água (ZABALZA et al., 2008), pode afetar o crescimento das plantas de diversas espécies vegetais (RAMOS et al., 2010; COELHO et al., 2013; ROSA et al., 2015). Em condições de hipoxia, a disponibilidade de oxigênio nas células torna-se baixa para sustentar a respiração aeróbica, resultando em deficiência

¹Dr., Professor da UFPel/FAEM, Departamento de Fitotecnia, campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, Rio Grande do Sul. E-mail: tiago.pedo@gmail.com. *Autor para correspondência

²Dra., Professora da Universidade Federal do Rio Grande, FURG

³Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes UFPel/FAEM, Bolsista CAPES

⁴Dr., Pesquisador Dr., Embrapa Clima Temperado

de energia, necessária para sustentar o metabolismo vegetal (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008).

O alagamento do solo limita severamente o crescimento das plantas (FRIES et al., 2007; BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008), sendo considerado um dos principais estresses abióticos, ocasionando redução da germinação de sementes e prejudicando o estabelecimento inicial de plântulas (GAZOLLA-NETO et al., 2012) por provocar alterações no sistema radicular e redução na translocação de fotoassimilados (PARENT et al., 2008), bem como na redução da atividade metabólica das plantas (SACHS; VARTAPETIAN, 2007). Ainda, ocasiona redução dos teores de clorofila (AMARANTE et al., 2007) e interfere na eficiência da conversão da radiação luminosa em energia química.

Estudos sobre o desempenho de plantas, frente às condições de alagamento nos estádios iniciais de crescimento, são importantes para auxiliar na descrição da performance vegetal frente ao referido estresse ambiental. Desse modo, o trabalho objetivou avaliar o crescimento e a expressão do vigor de sementes de genótipos de feijão submetidos ao alagamento do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação modelo capela revestida de policarbonato, disposta na direção norte-sul e dotada de controle de temperatura e umidade relativa do ar, com localização geográfica de 31° 52' S e 52° 21' W, pertencente à Universidade Federal de Pelotas.

Foram utilizadas sementes de feijão, genótipos IPR Tuiuiú e Carioca, pertencentes aos grupos comerciais preto e carioca, respectivamente. A semeadura foi efetuada em 23/08/2013. As sementes foram dispostas para germinar em vasos de polietileno preto, com capacidade de 10 L, contendo substrato solo do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico, previamente corrigido, de acordo com análise prévia do solo.

Para possibilitar o estabelecimento dos tratamentos, os vasos de polietileno contendo solo foram perfurados na parte inferior para facilitar a drenagem do excesso de água e a manutenção da capacidade de campo do solo. A capacidade de campo foi determinada a partir da metodologia da mesa de tensão e a partir desta, foi definido o volume de água necessário para o estabelecimento do alagamento por um período de 12 h no estádio vegetativo V4, sendo mantida uma lâmina de 20 mm de água sobre a superfície do solo através do encaixe de um segundo vaso de polietileno preto sem perfurações sobre os vasos contendo solo. Para a drenagem do solo encharcado, procedeu-se a retirada do vaso sobreposto ao vaso perfurado e sem perfurações, permitindo a drenagem da água até a capacidade de campo.

Os dados de temperaturas máxima, mínima e média, e radiação solar foram obtidos por meio de termômetro de mercúrio e piranômetro, respectivamente, instalados a 1,5 m e localizados no interior da casa de vegetação, cujos resultados são apresentados nas Figuras 1a e 1b.

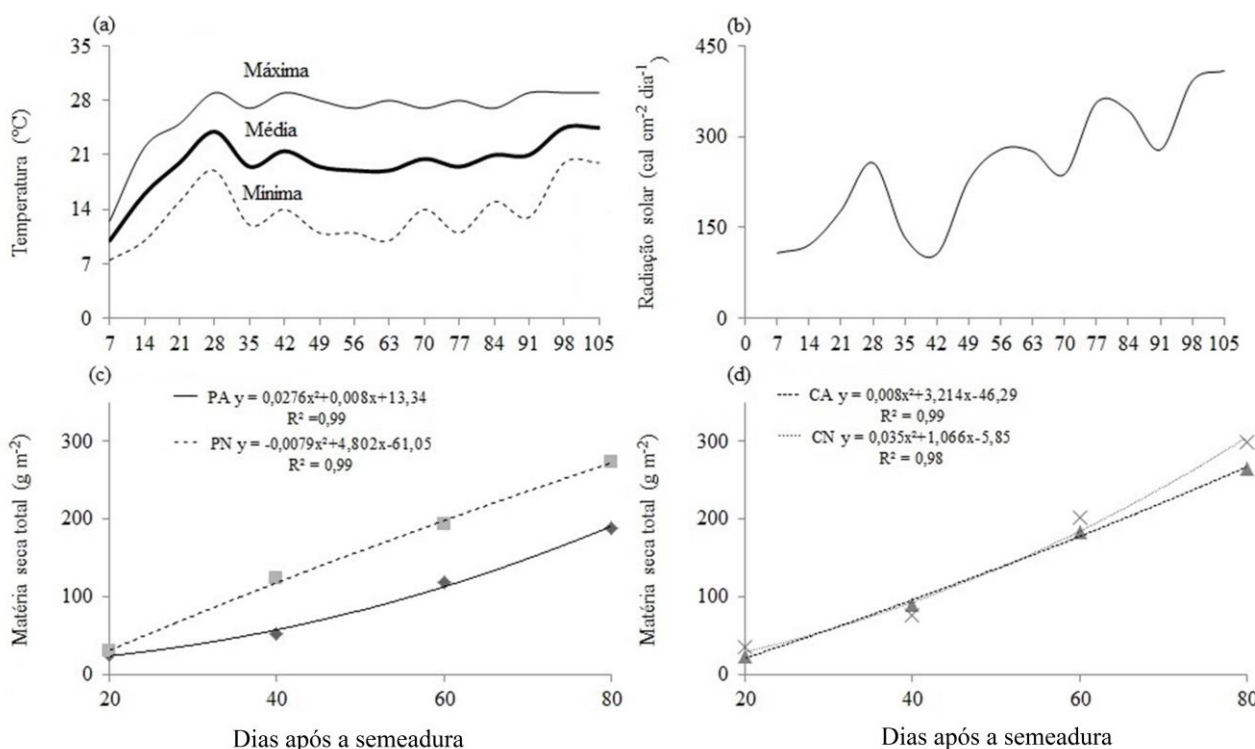


FIGURA 1 - Temperaturas (a), radiação solar (b) e matéria seca total (c; d) dos genótipos IPR Tuiuiú (PA; PN) e Carioca (CA; CN) sob 12 horas de alagamento, respectivamente (Pelotas, RS, UFPel, 2014).

As avaliações foram efetuadas por meio de coletas sucessivas dos dados primários de crescimento, a intervalos regulares de 20 dias após a semeadura, durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas. Para a obtenção da matéria seca de órgãos e total (W_t), o material foi transferido para estufa de ventilação forçada, a temperatura de 70 ± 2 °C, por 72 h. A área foliar (A_f) foi determinada com medidor de área Licor modelo LI-3100 e o índice de área foliar (L) estimado pela fórmula: $L = A_f/S_t$, sendo A_f a área foliar e S_t a área superficial do vaso ocupada pela planta. As razões de área foliar (F_a) e de massa foliar (F_w) foram estimadas por meio das equações: $F_a = A_f/W_t$ e $F_w = W_f/W_t$, conforme Radford (1967).

A emergência de plântulas foi determinada a partir de sementes produzidas por plantas mantidas na capacidade de campo e sob alagamento do solo, sendo o teste conduzido por meio da utilização de oito subamostras de 50 sementes por tratamento, dispostas para germinar em bandejas de polietileno preto contendo solo anteriormente caracterizado, conforme metodologia descrita, em ambiente de casa de vegetação. O índice de velocidade de emergência de plântulas foi determinado a partir da contagem diária do número de plântulas emergidas do substrato, conforme proposto por Vieira e Carvalho (1994). A área foliar e a matéria seca de folha, caule e de raiz de plântulas, foram obtidas pela medição da área e da massa de quatro amostras de 10 plântulas, ao final do teste de emergência, aos 21 dias após a semeadura.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema trifatorial $2 \times 4 \times 2$ (condições de campo, período e genótipos), com quatro repetições. As variáveis de crescimento foram submetidas à análise de variância e se significativo a 5%, foram expressas por meio de polinômios ortogonais. Os dados referentes à emergência e ao crescimento inicial de plântulas foram submetidos à análise de variância em fatorial 2 (alagado e capacidade de campo) $\times 2$ (genótipos) com oito repetições, se significativos a 5% foram submetidas ao teste de Tukey, em nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre os genótipos e as condições de campo (Figura 1). A matéria seca total das plantas para os genótipos IPR Tuiuiú e Carioca seguiu tendência quadrática com elevado coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,98$). O alagamento do solo reduziu a produção de matéria seca total de plantas do genótipo IPR Tuiuiú quando comparadas as plantas mantidas na capacidade de campo (Figura 1c). Para o genótipo Carioca houve similaridade na produção de matéria seca total até os 60 dias após a semeadura (DAS), para ambas as condições experimentais, sendo que as plantas na condição de capacidade de campo atingiram a maior produção de matéria seca somente aos 80 DAS (Figura 1d).

A baixa produção de matéria seca total das plantas no genótipo IPR Tuiuiú em condições de hipoxia pode ser resultado da baixa absorção de nitrogênio e outros minerais (AMARANTE et al., 2007), afetando os teores de clorofila e, conseqüentemente, reduzindo a eficiência na conversão de radiação solar em energia química, que, por

sua vez, influencia a atividade carboxilativa e a translocação de fotoassimilados (SACHS; VARTAPETIAN, 2007; PARENT et al., 2008).

Na ausência de oxigênio próximo das raízes, a principal rota de produção energética torna-se a via fermentativa e, como consequência, há baixa produção de ATP (KOLB; JOLY, 2009). Contudo, a similar produção de matéria seca total para as plantas alagadas e mantidas na capacidade de campo no genótipo Carioca pode ser devido à maior eficiência em acumular proteínas durante e após o estresse, permitindo a produção de energia, independentemente do oxigênio (SUBBAIAH; SACHS, 2003), conforme observado em milho.

O genótipo IPR Tuiuiú (Figura 2a) apresentou valores máximos de índice de área foliar aos 50 DAS, nas duas condições. A mesma variável teve seus maiores valores aos 45 e 55 DAS, para as plantas do genótipo Carioca submetidas à capacidade de campo e ao alagamento, respectivamente (Figura 2b). O decréscimo no índice de área foliar ocorre normalmente no final do ciclo, conforme observado neste trabalho, sendo resultado de o aumento da senescência foliar (AUMONDE et al., 2011).

O baixo índice de área foliar observado no genótipo IPR Tuiuiú submetido ao alagamento do solo pode ser reflexo da abscisão e da redução da expansão foliar causada pelo alagamento (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008). Contudo, plantas do genótipo Carioca sob alagamento, apresentaram maior índice de área foliar comparativamente àquelas mantidas na capacidade de campo, devido à possível tolerância deste genótipo às condições do estresse abiótico aplicado.

A razão de área foliar para os genótipos IPR Tuiuiú e Carioca apresentou redução entre 20 e 80 DAS (Figuras 2c e 2d). Os maiores valores foram obtidos pelas plantas na capacidade de campo comparativamente àquelas sob alagamento do solo aos 20 DAS para o genótipo IPR Tuiuiú (Figura 2c). Considerando o genótipo Carioca, as plantas submetidas ao alagamento do solo aos 20 e 40 DAS apresentaram os menores valores de razão de área foliar em comparação às plantas mantidas na capacidade de campo (Figura 2d).

A maior razão de área foliar no início do ciclo de desenvolvimento é devido à maior parte dos fotoassimilados ser destinada à formação de folhas para maior captação de radiação solar (SANT'ANA; SILVEIRA, 2008). Em condições de alagamento do solo, o murchamento e a clorose das folhas podem resultar em menor razão de área foliar (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008), devido à diminuição da área útil para a fotossíntese, fato observado em ambos os genótipos ao serem submetidos ao alagamento do solo.

A razão de massa foliar apresentou tendência decrescente ao longo do tempo para ambos os genótipos (Figuras 2e e 2f). Os maiores valores de F_w foram obtidos para as plantas mantidas na capacidade de campo no genótipo IPR Tuiuiú (Figura 2e). No entanto, no genótipo Carioca, a partir dos 30 DAS, houve maior diferença de razão de massa foliar em plantas submetidas ao alagamento do solo (Figura 2f).

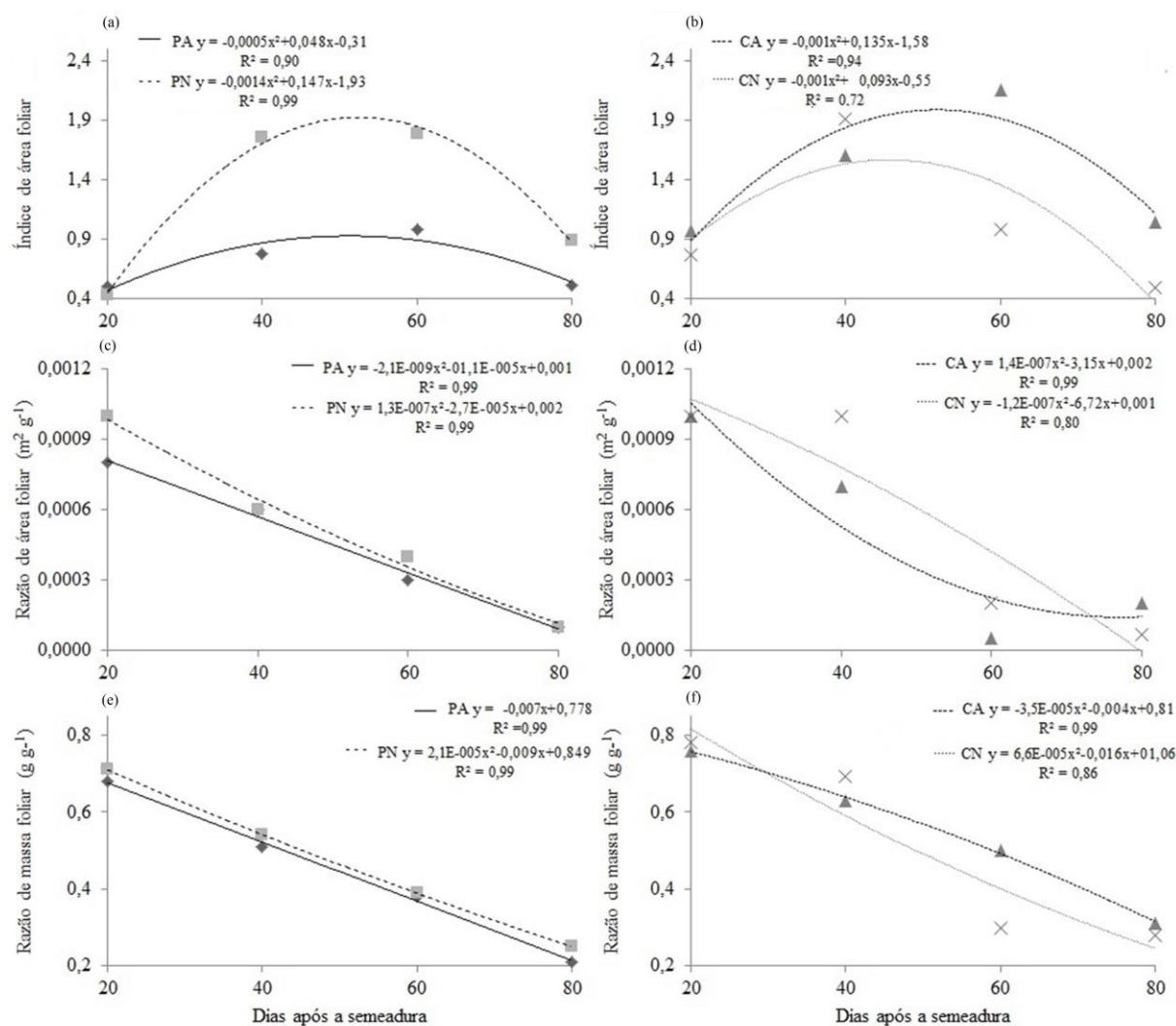


FIGURA 2 - Índice de área foliar (a; b), razão de área foliar (c; d) e de massa foliar (e; f) dos genótipos IPR Tuiuiú (PA; PN) e Carioca (CA; CN) sob 12 horas de alagamento, respectivamente (Pelotas, RS, UFPel, 2014).

Houve declínio de razão de massa foliar ao longo do tempo, as plantas do genótipo IPR Tuiuiú submetidas ao alagamento do solo apresentaram menor alocação de massa seca nas folhas. Tal fato evidencia provável e menor tolerância ao alagamento do solo, podendo ser reflexo de alterações radiculares ou do desequilíbrio no balanço hormonal, resultando na abscisão foliar (MOURA et al., 2008). Plantas tolerantes à hipoxia do solo, ao serem submetidas a estas condições de ambiente, tendem a translocar a maior parte da biomassa para as folhas e raízes (DIAS-FILHO, 2002).

As variáveis emergência e índice de velocidade de emergência de sementes, área foliar, matéria seca de folhas, caule e raízes de plântulas originadas a partir de sementes obtidas das plantas submetidas aos tratamentos, não apresentaram interação significativa entre os tratamentos (alagamento do solo e capacidade de campo) e os genótipos de feijão (IPR Tuiuiú e Carioca) (Tabela 1).

A emergência de plântulas do genótipo IPR Tuiuiú foi maior nas sementes produzidas sob alagamento do solo. Em relação ao crescimento inicial, a matéria seca de folhas obteve maiores valores em plantas submetidas ao

alagamento do solo comparativamente às mantidas na capacidade de campo. As demais variáveis analisadas apresentaram similaridade entre os tratamentos.

A emergência e o índice de velocidade de emergência de plântulas do genótipo Carioca apresentaram semelhança entre as originadas a partir de plantas mantidas na capacidade de campo e as plantas submetidas ao alagamento do solo (Tabela 1). Todavia, o crescimento inicial das plantas na capacidade de campo apresentou menores valores de área foliar e matéria seca de raízes, naquelas originadas de sementes produzidas por plantas sob alagamento. Os valores de matéria seca de caule e raízes não diferiram entre os tratamentos.

A maior área foliar das plantas do genótipo Carioca submetidas ao alagamento do solo permite inferir que a ausência de oxigênio no sistema radicular não afetou a qualidade das sementes produzidas sob este estresse abiótico, conforme verificado pela similar emergência e índice de velocidade de emergência. Considerando a similaridade quanto à emergência e índice de velocidade de emergência entre os tratamentos, é possível verificar que não houve alteração na expressão do vigor de

sementes nas plantas mantidas na referida condição de alagamento do solo, fato que mantém relação com o adequado funcionamento das diferentes estruturas

celulares formadas durante o desenvolvimento da semente e com a ação do ambiente (PESKE et al., 2012).

TABELA 1. Emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), área foliar (Af), matéria seca de folhas (W_f), de caule (W_c) e de raízes (W_r) de plântulas de dois genótipos de feijão originadas de sementes produzidas sob alagamento do solo e capacidade de campo (Pelotas, RS, UFPel, 2014).

Tratamentos	E	IVE	Af	W_f (g)	W_c (g)	W_r (g)
	-- % --		-- m ² --	----- g -----		
Genótipo IPR Tuiuiú						
Solo alagado	97 a ¹	6,14 a	0,076 a	2,62 a	1,15 a	0,63 a
Capacidade de campo	92 b	5,94 a	0,064 a	2,40 b	1,08 a	0,64 a
Genótipo Carioca						
Solo alagado	97 a	6,24 a	0,104 a	3,07 a	1,21 a	0,88 a
Capacidade de campo	99 a	6,68 a	0,079 b	2,96 a	1,14 a	0,53 b
C.V. (%)	2,04	5,14	9,37	3,64	8,82	12,43

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\leq 5\%$).

CONCLUSÕES

O alagamento do solo interfere negativamente no crescimento e na expressão do vigor de sementes de feijão, com intensidade, dependente do genótipo. A razão de área e de massa foliar são reduzidas drasticamente em plantas submetidas ao alagamento do solo. Plantas do genótipo Carioca submetidas ao alagamento do solo apresentam maior crescimento e expressão do vigor de sementes comparativamente às do IPR Tuiuiú.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, L.; COLARES, D.S.; OLIVEIRA, M.L.; ZENZEN, I.L.; BADINELLI, P.G.; BERNARDI, E. Teores de clorofilas em soja associada simbioticamente com diferentes estirpes de *Bradyrhizobium* sob alagamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.supl.2, p.906-908, 2007.
- AUMONDE, T.Z.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; PEIL, R.M.N.; PEDÓ, T. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile[®] enxertada e não enxertada. **Interciência**, Caracas, v.36, n.9, p.677-681, 2011.
- BAILEY-SERRES, J.; VOESENEK, L.A.C.J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, p.313-319, 2008.
- COELHO, C.C.R.; NEVES, M.G.; OLIVEIRA, L.M.de; CONCEIÇÃO, A.G.C. da; OKUMURA, R.S.; OLIVEIRA NETO, C.F. de. Biometria em plantas de milho submetidas ao alagamento. **Agroecossistemas**, Marabá, v.5, n.1, p.32-38, 2013.
- DIAS-FILHO, M.B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.439-447, 2002.
- FRIES, D.D.; ALVES, J.D.; DELÚ FILHO, N.; MAGALHÃES, P.C.; GOULART, P.F.P.; MAGALHÃES, M.M. Crescimento de plântulas do milho saracura e atividade da α -amilase e invertases associadas ao aumento da tolerância ao alagamento exercido pelo cálcio exógeno. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.1-9, 2007.
- GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F.A. Níveis de umidade do solo de várzea e seus efeitos sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v.22, n.2, p.28-31, 2012.
- KOLB, R.M.; JOLY, C.A. Flooding tolerance of *Tabebuia cassinoides*: metabolic, morphological and growth responses. **Flora**, Kusterdingen, v.204, n.7, p.528-535, 2009.

- MESQUITA, F.R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P. de; LIMA, R.A.Z.; ABREU, A.de F.B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1114-1121, 2007.
- MOURA, E.G.; ALBUQUERQUE, J.M.; AGUIAR, A.C.F. Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in alley cropping systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.2, p.204-208, 2007.
- PARENT, C.; CAPELLI, N.; BERGER, A.; CRÈVECOEUR, M.; DAT, J.F. An overview of plant responses to soil waterlogging. **Plant Stress**, Israel, v.2, n.1, p.20-27, 2008.
- PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. 3.ed. Pelotas: UFPel, 2012. 573p.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v.7, p.171-175, 1967.
- RAMOS, T.J.N.; CARVALHO, C.J.R.; SOUZA, C.M.A.; VASCONCELOS, S.S. Alterações morfológicas e crescimento de duas espécies gramíneas sob alagamento. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.53, n.1, p.5-11, 2010.
- ROSA, T.D.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G.; GEHLING, V.M.; AISENBERG, G.R.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Alagamento do solo: efeito no crescimento inicial da aveia branca (*Avena sativa* L.). **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.14, n.2, p.127-131, 2015.
- SACHS, M.; VARTAPETIAN, B. Plant anaerobic stress I. Metabolic adaptation to oxygen deficiency. **Plant Stress**, Israel, v.1, n.2, p.123-135, 2007.
- SANT'ANA, E.V.P.; SILVEIRA, P.M. da. Crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.134-140, 2008.
- SUBBAIAH, C.; SACHS, M. Molecular and cellular adaptations of maize to flooding stress. **Annals of Botany**, London, v.91, n.2, p.119-127, 2003.
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164p.
- ZABALZA, A.; DONGEN, J.T.V.; FROELICH, A.; OLIVER, S.N.; FAIX, B.; GUPTA, K.J.; SCHMÄLZLIN, E.; IGAL, M.; ORCARAY, L.; ROYUELA, M.; GEIGENBERGER, P. Regulation of respiration and fermentation to control the plant internal oxygen concentration. **Plant Physiology**, Rockville, v.149, n.2, p.1087-1098, 2008.