

Crescimento inicial de plantas de *Amaranthus cruentus* L. cv. BRS alegria submetidas ao alagamento do solo

Manoela Andrade Monteiro¹; Andréa Bicca Noguez Martins²; Caroline Jácome Costa³; Tiago Zanatta Aumonde⁴; Francisco Amaral Villela⁵; Tiago Pedó⁶

Resumo: O alagamento temporário do solo é um dos principais estresses abióticos em áreas de várzea. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento inicial de plantas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) submetidas ao alagamento temporário do solo. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 4) (duas condições de solo: alagado ou não x quatro épocas de coleta: 10; 20; 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições. Para simulação do estresse por alagamento, plantas de amaranto, cultivar da Embrapa BRS Alegria foram mantidas por período de 24 horas submetidas ao alagamento e o controle sem alagamento. As coletas de material vegetal para avaliação do crescimento das plantas foram efetuadas em intervalos regulares de 10 dias após a emergência. Foram avaliadas a morfologia, quanto ao número de folhas, altura de plantas, área foliar e matéria. Plantas de amaranto submetidas ao alagamento do solo apresentaram número inferior de folhas, altura de plantas, área foliar e matéria seca total comparativamente às plantas mantidas em solo na capacidade de campo. Deste modo, o alagamento do solo afeta o crescimento e a partição de assimilados de plantas de amaranto cv. BRS Alegria.

Palavras-chaves: Amaranto; morfologia; área foliar.

Plant growth of initial *Amaranthus cruentus* L. cv. BRS alegria subject to flooding land

Abstract: The temporary flooding is a major abiotic stresses in lowland areas. Thus, the aim of this study was to evaluate the initial growth of plants amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) submitted to temporary flooding. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (2 x 4) (two soil conditions: flooded or not x four collection times: 10, 20, 30 and 40 days after emergence), with four replications. To simulate the stress flooding, plant amaranth, cultivar Embrapa BRS Alegria, they were kept for 24 hours to flooding and control without flooding. The collections of plant material for evaluation of plant growth were made at regular intervals of 10 days after emergence. Morphology were evaluated on the number of leaves, plant height, leaf area and matter. Amaranth plants subjected to flooding had fewer leaves, plant height, leaf area and total dry matter compared to plants grown in soil at field capacity. Thus, the flooding affects the growth and assimilate partitioning amaranth plants cv. BRS Alegria.

¹Engenheira agrônoma. Mestranda do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS- manu_agro@hotmail.com

²Engenheira agrônoma. Mestre em Fisiologia Vegetal. Doutoranda do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS- amartinsfv@hotmail.com

³Engenheira agrônoma. Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS- Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, ETB, Pelotas/RS

⁴Engenheiro agrônomo. Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS- Professor Titular da UFPel

⁵Engenheiro Agrícola e Doutor em Fitotecnia, USP, Brasil. Professor e Bolsista Produtividade CNPq, UFPel, Pelotas/RS.

⁶Engenheiro agrônomo. Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas/RS- Bolsista Pós-doc do Programa de Ciência e Tecnologia de Sementes.

Key words: amaranto, morphology, leaf area.

Introdução

O amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) é um pseudocereal dicotiledônea, cultivada principalmente no sul da América. Suas sementes são empregadas na alimentação humana devido ao alto teor de proteínas e carboidratos, sendo uma fonte interessante para produção de farinha e amido (TAPIA-BLACIDO *et al.*, 2010). Possui folhas largas, inflorescência terminal e o caule principal pode alcançar 2,5 m de altura (SPEHAR *et al.*, 2003; TEIXEIRA *et al.*, 2003). Dentre as três espécies de amaranto granífero, a *A. cruentus* L. é a mais adaptada às condições brasileiras.

A emergência das plântulas pode iniciar em até três dias após semeadura, com ciclo médio anual de aproximadamente 93 dias (COSTA & DANTAS, 2009; DOMINGOS *et al.*, 2005). Estudos revelam que, em planta submetida a um estresse ambiental como a hipóxia, a fotossíntese é reduzida, bem como a respiração aeróbica e o nível nutricional das plantas (FERNANDEZ, 2006). Sob condições de encharcamento do solo, podem ocorrer murchamento e clorose das folhas, redução do crescimento do caule (BAILEY-SERRES & VOESENEK, 2008), da concentração de nutrientes nas folhas e diminuição no crescimento (COELHO *et al.*, 2013).

A avaliação do crescimento inicial de plantas submetidas a condições é o primeiro passo para o entendimento dos efeitos do ambiente sobre a morfologia e produção vegetal. A diminuição da eficiência fotossintética está relacionada ao crescimento e pode ser causada por fatores estomáticos ou não-estomáticos, provoca redução no potencial de crescimento dos vegetais (PEIXOTO *et al.*, 2002), podendo ser mensurada pelo acúmulo de matéria seca, proveniente da eficiência fotossintética da área das folhas nos mais variados ambientes.

A busca por genótipos que toleram o excesso de água no solo tem apresentado importância crescente, sobretudo diante da perspectiva de maior incidência de eventos climáticos extremos, como chuvas excessivas, em decorrência das mudanças climáticas globais (SUMARY *et al.*, 2007). De acordo com Jackson *et al.* (2009), o alagamento gera uma pressão de seleção entre as plantas, levando ao surgimento de uma minoria considerável de indivíduos com habilidades para crescer, reproduzir-se e competir fortemente em permanência ou quase permanência em ambientes inundados.

Perante o exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento inicial de plantas de *A. cruentus* L. submetidas ao alagamento temporário do solo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em casa de vegetação modelo capela revestida de policarbonato, localizada nos pontos de latitude: 31°52' S e longitude: 52°21' W, pertencente à Universidade Federal de Pelotas. O clima da região caracteriza-se por ser temperado com chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo do tipo Cfa pela classificação de Köppen.

Foram utilizadas sementes de amaranto, cultivar Embrapa BRS Alegria, previamente caracterizadas quanto à emergência, índice de velocidade de emergência, área foliar, comprimento e matéria seca total das plântulas obtidas. A semeadura foi realizada em 22/01/2014, em vasos de polietileno preto, com capacidade de 10 litros, contendo solo do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico, previamente corrigido de acordo com análise do solo e baseado no Manual de Adubação (CQFS RS/SC, 2004), sendo mantidas três plantas por vaso.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 4) (duas condições de solo: alagado ou não x quatro épocas de coleta: 10; 20; 30 e 40 dias após a emergência), com quatro repetições.

Os vasos 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 empregando a metodologia da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997) e, a partir desta, foi definido o volume de água necessário para o estabelecimento do alagamento por um período de 24 horas no estádio em que as plantas apresentavam 12 folhas, sendo mantida uma lâmina de 20 mm de água sobre a superfície do solo.

As avaliações foram realizadas por meio de coletas sucessivas dos dados primários de crescimento, a intervalos regulares de 10 dias após a emergência (DAE), até 40 dias após a emergência. Em cada coleta, as plantas foram cortadas rente ao solo, separadas em folhas, caule e raízes e acondicionadas em envelopes de papel, separadamente. Para a obtenção da matéria seca total (W_t), o material vegetal foi transferido para estufa de ventilação forçada, à temperatura de 70 ± 2 °C, por 72 horas.

O número de folhas (N_f) foi obtido por contagem direta e expressa em número de folhas planta⁻¹. A altura das plantas foi obtida a partir da base das plantas até a extremidade da última folha, sendo expressa em centímetros. A área foliar (A_f) foi determinada com medidor de área Licor, modelo LI-3100, e expressa em centímetros quadrados.

A partição de matéria seca entre as diferentes estruturas da planta (raízes, caule e folhas) no decorrer do crescimento inicial das plantas foi determinada, separadamente, a partir

da aferição da massa alocada em cada estrutura vegetal, seguida pela transformação dos dados primários de alocação de massa seca de cada órgão para porcentagem.

As variáveis de crescimento foram submetidas à análise de variância e se significativo a 5% foram expressas por meio de polinômios ortogonais.

Resultados e Discussão

Em relação ao número de folhas, foi possível observar que o alagamento do solo provocou redução do número de folhas produzidas ao longo do período de crescimento inicial das plantas de amaranto (Figura 1A). Plantas submetidas ao alagamento do solo apresentaram menor formação de novas folhas, comparativamente às plantas mantidas sob a capacidade de campo do solo. Diferentes espécies submetidas ao alagamento apresentam desempenho superior em diferentes estresses e ambiente (ERASMO *et al.*, 2004).

Quanto à altura de plantas, foi observado que as plantas também foram modificadas negativamente pelo alagamento do solo (Figura 1B). As plantas mantidas sob a capacidade de campo do solo apresentaram altura superior em comparação às plantas submetidas ao alagamento do solo. Estes resultados podem ser atribuídos à restrição das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, os quais proporcionaram condições de meio restrito ao crescimento, o que se refletiu na tendência de menor comprimento da parte aérea das plantas submetidas ao alagamento do solo. Resultados similares foram observados por DOMINGOS *et al.* (2005) e BRAMBILLA *et al.* (2008), em plantas de amaranto cultivar BRS Alegria. Tendências similares também foram obtidas por EJIEJI & ADENIRAN (2010), ao avaliarem a altura do caule de plantas de *Amaranthus* ao longo da ontogenia das plantas.

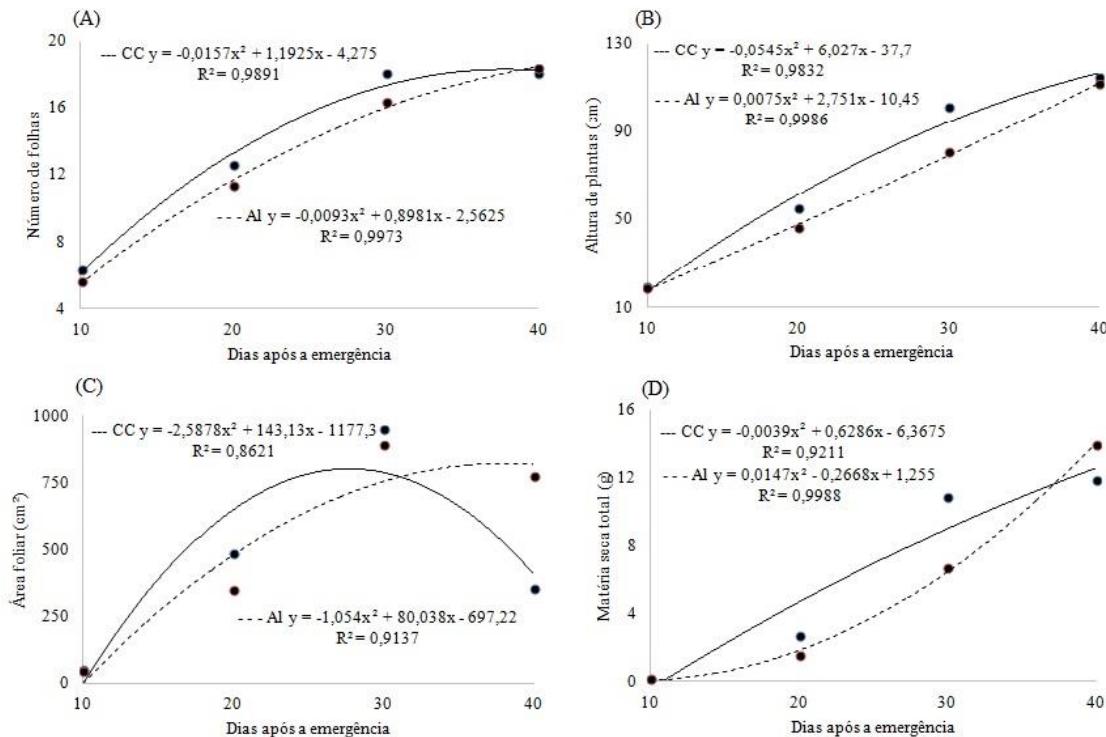
A área foliar das plantas mantidas sob a capacidade de campo do solo ajustou-se à tendência quadrática e foi obtida com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,86, ocorrendo redução aos 40 dias após a emergência (DAE), sendo observado ponto de máxima aos 28 DAE (Figura 1C). Plantas submetidas ao alagamento do solo continuaram a apresentar aumento da área foliar até os 40 DAE. Os resultados apresentados diferiram dos obtidos por COSTA & LIMA (2010) em plantas de amaranto cultivar BRS Alegria.

A massa seca total de plantas mantidas na capacidade de campo e sob alagamento apresentaram tendência de crescimento até os 40 dias após a emergência (Figura 1D). O menor crescimento observado em termos de massa de seca aos 40 DAE pelas plantas mantidas na capacidade de campo pode ser explicado pela redução da área foliar neste período (Figura 1C) e pelo início da mudança preferencial do dreno metabólico preferencial

para a inflorescência, conforme observado por ERASMO *et al.* (2004) e DOMINGOS *et al.* (2005) para plantas de amaranto. Tendências similares foram obtidas por DOMINGOS *et al.* (2005) e EJIEJI & ADENIRAN (2010), ao avaliarem a produção de matéria seca de amaranto ao longo da ontogenia das plantas.

O menor crescimento das plantas submetidas ao alagamento é observado para várias culturas (VISSER *et al.*, 2003; COSTA, 2004), ocasionado possivelmente pelo estresse proporcionado pela diminuição na disponibilidade de oxigênio e, provavelmente, pelo acúmulo de substâncias tóxicas (CHEN *et al.*, 2002) e redução da fotossíntese (CHEN *et al.*, 2005).

Figura 1 - Número de folhas (A), altura das plantas (B), área foliar (C) e matéria seca total (g) de plantas de amaranto mantidas sob a capacidade de campo e alagamento temporário do solo.

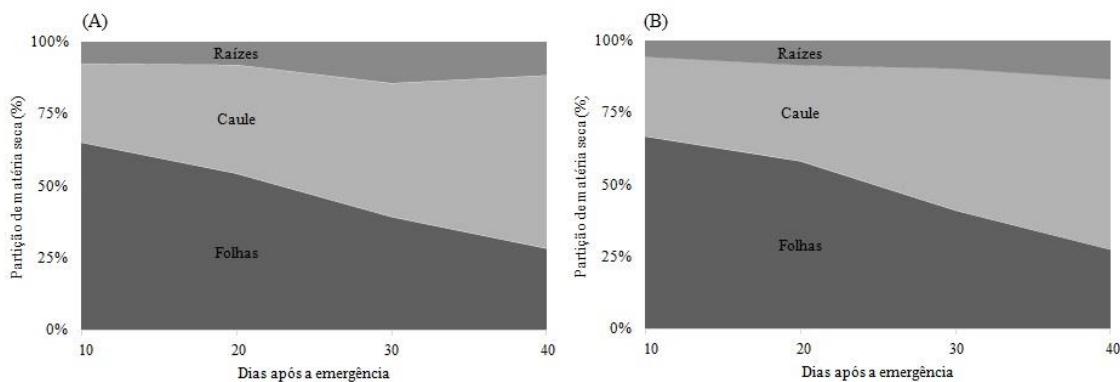


As plantas de amaranto submetidas ao alagamento do solo e na capacidade de campo apresentaram diferenças na distribuição de assimilados ao longo do período de avaliação (Figura 2). Até os 20 DAE, as plantas apresentaram similar alocação de matéria seca entre folhas, caule e raízes. Todavia, a partir dos 30 DAE, plantas mantidas na capacidade de campo do solo apresentaram maior alocação de matéria seca em caule, seguido por folhas e raízes (Figura 2A). Por outro lado, nas plantas submetidas ao alagamento do solo, houve maior distribuição entre as folhas, caule e raízes (Figura 2B).

Para plantas submetidas ao alagamento, houve maior alocação de matéria seca em folhas até os 30 DAE (Figura 2B) com menor crescimento do caule (Figura 1B). As diferenças na partição de matéria seca entre as plantas mantidas sob alagamento do solo e aquelas mantidas na capacidade de campo podem estar relacionadas às limitações na absorção de nutrientes e água pelas raízes (SILVA *et al.*, 2009) e à redução da taxa fotossintética das plantas (ALAOUI-SOSSÈ *et al.*, 2005).

A deficiência de oxigênio durante o alagamento do solo pode resultar em deficiências de nutrientes na parte aérea e formação de raízes adventícias (COLMER & GREENWAY, 2011). Nesta condição de ambiente, as plantas apresentam acentuada variabilidade nas características fisiológicas (DAT *et al.*, 2004; SENA *et al.*, 2007), sendo afetadas por estresse hídrico (OLANIYI & AJIBOLA, 2008; EJIEJI & ADENIRAN, 2010).

Figura 2 - Partição de assimilados em plantas de amaranto mantidas sob a capacidade de campo do solo (A) e submetidas ao alagamento temporário do solo (B).



Conclusões

O alagamento do solo afeta o crescimento e a partição de assimilados de plantas de *Amaranthus cruentus* L. A área foliar e a matéria seca de raízes de *Amaranthus cruentus* L. apresentam redução enquanto a matéria seca de folhas sofre incremento com o alagamento do solo.

Nas plantas de *Amaranthus cruentus* L. submetidas ao alagamento do solo houve maior alocação de matéria seca em folhas até os 30 dias após a emergência.

Referências

- ALAOUI-SOSSE, B., GÉRARD, B., TOUSSAINT, M., BADOT, P. Influence of flooding on growth, nitrogen availability in soil, and nitrate reduction of young oak seedlings (*Quercus robur* L.). *Annals of Forest Science*, Paris, v. 62, p. 593-600, 2005.

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.

BRAMBILLA, T.R.; CONSTANTINO, A.P.B.; D'OLIVEIRA, P.S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de Amaranthus. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 761-768, 2008.

CHEN, H., QUALLS, R. E MILLER, G. Adaptive responses of *Lepidium latifolium* to soil flooding: Biomass allocation, adventitious rooting, aerenchyma formation and ethylene production. **Environmental and Experimental Botany**, Nevada, v. 48, p. 119-128, 2002.

CHEN, H.; QUALLS, R.G.; BALK, R.R. Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 82, p. 250-268, 2005.

COLMER, T.D. & GREENWAY, H. Ion transport in seminal and adventitious roots of cereals during O₂ deficiency. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 39–57, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/ SC - CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS/Núcleo Regional Sul, UFRGS, 2004. 400p.

COSTA, M.N.X. da. Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos. p.89. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, São Paulo.

COSTA, D.M.A. & DANTAS, J.A. Efeitos do substrato na germinação de sementes de Amaranthus (*Amaranthus spp*). **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, p. 498-504, 2009.

COSTA, D.M.A. & LIMA, M.P. Produtividade do Amaranthus (*Amaranthus spp*) sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 683-691, 2010.

DAT, J., CAPELLI, N., FOLZER, H., BOURGEADE, P. & BADOT, P.M. Sensing and signaling during plant flooding. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 42, n. 4, p. 273-282, 2004.

DOMINGOS, V.D.; ERASMO, E.A.L.; SILVA, J.I.C.; CAVALCANTE, G.D.; SPEHAR, C.R. Crescimento, produção de grãos e biomassa de cultivares de Amaranthus (*Amaranthus cruentus*) em função de adubação com NPK. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 29-39, 2005.

EJIEJI, C.J.; ADENIRAN, K.A. Effects of water and fertilizer stress on the yield, fresh and dry matter production of grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*). **Australian Journal of Agricultural Engineering**, Austrália, v. 1, p. 18-24, 2010.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2 Ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.

ERASMO, E.A.L.; DOMINGOS, V.D.; SPEHAR, C.R.; DIDONET, J.; SARMENTO, R.A.; CUNHA, A.M. Avaliação de cultivares de Amaranthus (*Amaranthus* spp.) em sistema plantio direto no sul de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 171-176, 2004.

FERNANDEZ, M.D. Changes in photosynthesis and fluorescence in response to flooding in emerged and submerged leaves of Pouteria orinocensis. **Photosynthetica**, Olomouc, v.44, n.1, p.32-38, 2006.

JACKSON, M.B.; ISHIZAWA, K.; ITO, O. Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. **Annals of Botany**, Londres, v.103, p.137-142, 2009.

OLANIYI, J.O. & AJIBOLA, A.T. Growth and Yield Performance of *Corchorus olitorius* Varieties as Affected by Nitrogen and Phosphorus Fertilizers Application. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, Nigeria, v. 2, n. 3, p. 235-241, 2008.

PEIXOTO, P.H.P.; DA MATTA, F.M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminium stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 4, p. 821-832, 2002.

SENA, J.O.A., ZAIDAN, H.A. & CASTRO, P.R.C. Transpiration and stomatal resistance variations of perennial tropical crops under soil water availability conditions and water deficit. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, p. 225-230, 2007.

SILVA, A.S., LAURA, V.A. & JANK, L. Soil flood tolerance of seven genotypes of *Panicum maximum* Jacq. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, p. 1341-1348, 2009.

SPEHAR, C.R.; TEIXEIRA, D.L.; CABEZAS, W.A.R.L.; ERASMO, E.A.L. Amaranthus BRS Alegria – alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 85-91, 2003.

SUMMARY for Policymakers. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; Averyt, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. **Climate Change: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 1-18, 2007.

TAPIA-BLACIDO, D.R.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Potential of *Amaranthus cruentus* BRS Alegria in the production of flour, starch and protein concentrate: chemical, thermal and rheological characterization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 1185-1193, 2010.

TEIXEIRA, D.L.; SPEHAR, C.R.; SOUZA, L.A.C. Caracterização agronômica de *Amaranthus* para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2003.

VISSE, E. J. W.; VOESENEK, L. A. C. J.; VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Flooding and Plant Growth. **Annals of Botany**, v. 91, n. 2, p. 107-109, 2003.