

CARBOIDRATOS E ACÚMULO DE MASSA SECA EM MUDAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SUBMETIDAS AO EXCESSO DE ÁGUA

Helbert Rezende de Oliveira Silveira¹, Kamila Rezende Dázio de Souza¹, Meline de Oliveira Santos¹,
Cíntia Aparecida Andrade², Dárlan Einstein do Livramento³, José Donizeti Alves⁴

¹ Doutorando(a) DBI, Fisiologia Vegetal, UFLA, Lavras - MG, helbert_rezende@yahoo.com.br

² Bolsista IC-FAPEMIG, Centro Universitário de Lavras

³ Pesquisador Pródoc/Capes, Fisiologia Vegetal, UFLA, Lavras - MG.

⁴ Professor Associado - DBI, Fisiologia Vegetal, UFLA, Lavras - MG.

RESUMO: Este trabalho visou avaliar os teores de carboidratos e acúmulo de massa seca em mudas de Mundo Novo IAC 379-19 e Catuaí Vermelho IAC 44 submetidas ao excesso de água. Após aclimatação, mudas contendo oito pares de folhas completamente expandidas foram submetidas a três condições de disponibilidade de água no solo: capacidade de campo, encharcamento intermitente e encharcamento contínuo. Mudas de café Mundo Novo e Catuaí comportaram-se como tolerantes ao encharcamento apenas até os dois meses de estresse, sendo que após este período sofreram distúrbios fisiológicos que alteraram o metabolismo de carboidratos refletindo em uma redução no acúmulo de massa seca das plantas submetidas ao encharcamento intermitente e contínuo.

Palavras-chave: Café Mundo Novo, Café Catuaí, Encharcamento, Açúcares redutores, Amido.

CARBOHYDRATES AND DRY MASS ACCUMULATION IN COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.) SUBMITTED TO WATER EXCESS

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the content of carbohydrates and dry mass accumulation in seedlings of Mundo Novo IAC 379-19 and Catuaí Vermelho IAC 44 submitted to water excess. After acclimatation, seedlings with eight pairs of completely expanded leaves were submitted to three conditions of water availability in the soil: field capacity, intermittent waterlogging and continuous waterlogging. Mundo Novo and Catuaí seedlings were tolerant to the waterlogging only up to two months of stress, since after this period they suffered physiologic disturbances that changed the carbohydrates metabolism reflecting on the reduction of plants dry mass accumulation under intermittent and continuous waterlogging.

Keywords: Coffee Mundo Novo, Coffee Catuaí, Waterlogging, Reducing sugars, Starch.

INTRODUÇÃO

Devido à expansão da cafeicultura, hoje se produz café em quantidade e com qualidade, utilizando a irrigação em regiões anteriormente consideradas marginais, com períodos extensos de deficiência hídrica (ROTONDANO, 2004). Entretanto, para que esta prática seja eficiente, é fundamental o conhecimento adequado da demanda hídrica da cultura que, por sua vez, é regulada por características intrínsecas da planta, do solo e do clima da região (PIMENTEL et al., 2010). Na falta desses conhecimentos, o cafeicultor, muitas vezes, irriga em excesso, levando o solo a estado de encharcamento, danoso ao desenvolvimento da cultura, principalmente na fase de muda. A extensão dos danos decorrentes do encharcamento do solo depende de vários fatores, incluindo a duração do período de saturação, o estágio de desenvolvimento da planta, a espécie e as condições ambientais.

Na cafeicultura, o excesso de irrigação reduz a produtividade e a qualidade da produção, provoca o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação de nutrientes solúveis (principalmente nitrogênio e potássio), a queda de flores, maior ocorrência de doenças de solo e distúrbios fisiológicos, além de aumentar os gastos com energia e o desgaste do sistema de irrigação (DIAS et al., 2004). Espécies sensíveis ao estresse por encharcamento desenvolvem sintomas que resultam principalmente de distúrbios causados pela hipoxia ou anoxia nas raízes (ARRUDA; CALBO, 2004). Dentre os distúrbios fisiológicos decorrentes desse estresse, destacam-se a redução na fotossíntese comprometendo o estoque de carboidratos, queda imediata na respiração das raízes, inibição da produção de ATP, e o conseqüente menor suprimento de energia para o crescimento e desenvolvimento geral da planta (ZANANDREA et al., 2010). Neste contexto, o presente trabalho visou avaliar os efeitos excesso de água nos teores de carboidratos e acúmulo de massa seca em mudas de Mundo Novo IAC 379-19 e Catuaí Vermelho IAC 44..

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de 14 de janeiro de 2010 a 14 de junho de 2010 no viveiro de produção de mudas do Setor de Fisiologia Vegetal no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município

de Lavras, localizado na região sul no Estado de Minas Gerais. O local do experimento está a uma altitude média de 918 m dentro da latitude 21°14'S e longitude 45°00'W GRW.

As mudas das cultivares Mundo Novo IAC 379-19 (MN) e Catuaí Vermelho IAC 44 (CT) foram obtidas, em estádio orelha de onça, no viveiro comercial da Fundação Procafé, Fazenda Experimental de Varginha, localizado na região sul no Estado de Minas Gerais. Quando as mudas atingiram quatro pares de folhas completamente expandidas, foram transplantadas para sacos de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões 15 x 25 cm e volume de 4,4 L, simulando o transplante para a condição de campo. O substrato foi o padrão para mudas de café, constituído de 700 litros de terra de subsolo peneirada, 300 litros de esterco de curral curtido e peneirado, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio (GUIMARÃES et al., 2002).

Após aclimação, as mudas, contendo oito pares de folhas completamente expandidas, foram submetidas a três diferentes condições de disponibilidade de água no substrato. O primeiro tratamento foi o controle, em que as mudas foram mantidas com umidade do substrato próxima à capacidade de campo (CC). A irrigação foi realizada diariamente, a partir do controle da umidade do substrato nas mudas. O segundo tratamento consistiu de encharcamento contínuo do substrato, de maneira que as mudas foram acondicionadas em recipientes que permitissem a manutenção de uma lâmina de água em cerca de dois terços do volume total do substrato (Cont). Assim, as mudas permaneceram nesta condição de encharcamento durante todo o período amostral, sendo a lâmina de água constante. Quanto ao terceiro tratamento, encharcamento intermitente do substrato, as mudas permaneceram três dias sob encharcamento contínuo e quatro dias sob capacidade de campo ao longo de todo o período experimental.

A massa seca de raiz e parte aérea (caule e folha) foi obtida a partir das amostras secas em estufa de circulação forçada de ar, a 60°C, até massa constante. Os carboidratos foram extraídos da massa seca de folhas completamente expandidas e raízes pela homogeneização de 300 mg em 5 mL de tampão fosfato de potássio, 100 mM, pH 7,0, seguido de banho-maria por 30 minutos a 40°C. O homogenato foi centrifugado a 5.000 x g por 10 minutos, coletando-se o sobrenadante. O processo foi repetido e os sobrenadantes, combinados. Para extração do amido, o pellet foi novamente ressuspendido com 8 mL do tampão acetato de potássio 200 mM, pH 4,8. Em seguida foram adicionadas 16 unidades da enzima amiloglucosidase, incubando-se o homogenato em banho-maria a 40°C por duas horas. Após a centrifugação a 5.000g por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 15 mL. A quantificação do amido foi realizada utilizando o método da Antrona (DISCHE, 1962) e para os açúcares redutores o protocolo descrito por Miller (1959), através do método DNS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da massa seca das folhas, caule e raízes das mudas de Mundo Novo e Catuaí revelaram um comportamento semelhante após a imposição dos tratamentos (Figura 1). Nesse caso, houve um decréscimo nessas variáveis diretamente relacionado ao nível de estresse, em que o encharcamento contínuo afetou em maior grau o acúmulo de massa seca daqueles órgãos que o tratamento intermitente. A única exceção refere-se à massa seca das folhas das mudas de Catuaí continuamente encharcadas que no segundo mês foi menor que as dos demais tratamentos (Figura 1A).

Muitas vezes, plantas em seu ambiente natural podem sofrer encharcamento do solo, passando por períodos de estresse que podem ser intermitentes, breves ou duradouros. Tal condição pode ser causada naturalmente, por períodos chuvosos intensos, má drenagem natural do solo e a elevação sazonal da água subsuperficial. Uma irrigação mal planejada também pode mimetizar condições ambientais adversas. As espécies sensíveis ao estresse por encharcamento desenvolvem sintomas, os quais resultam principalmente de distúrbios causados pela hipoxia ou anoxia nas raízes. Os mais comuns são a abscisão de folhas, flores e frutos, clorose nas folhas, redução no comprimento da raiz principal, redução no crescimento em altura, inibição da formação de primórdios foliares, redução na expansão foliar e até mesmo morte da planta (ARRUDA; CALBO, 2004). No presente caso, pode-se dizer, de maneira geral, que até dois meses de encharcamento, as cultivares Mundo Novo e Catuaí comportaram-se como espécies tolerantes. A única exceção ocorreu na cultivar Catuaí, onde as reduções impostas pelo encharcamento contínuo no crescimento das mudas foram observadas para a massa seca das folhas no segundo mês (Gráfico 1A).

Comparando agora o decréscimo percentual aos cinco meses, verifica-se que as mudas de Mundo Novo sob encharcamento contínuo decresceram a massa seca das folhas, caule e raiz em 94,3; 70,8 e 79,1%, respectivamente. Sob encharcamento intermitente esses valores foram de 41,2; 22,1 e 65,0%. Já quanto ao Catuaí, os decréscimos na massa seca das folhas, caule e raiz das mudas sob encharcamento contínuo foram de 90,7; 58,3 e 81,2%, respectivamente. No caso do encharcamento intermitente os valores foram de 46,2; 27,6 e 66,4%.

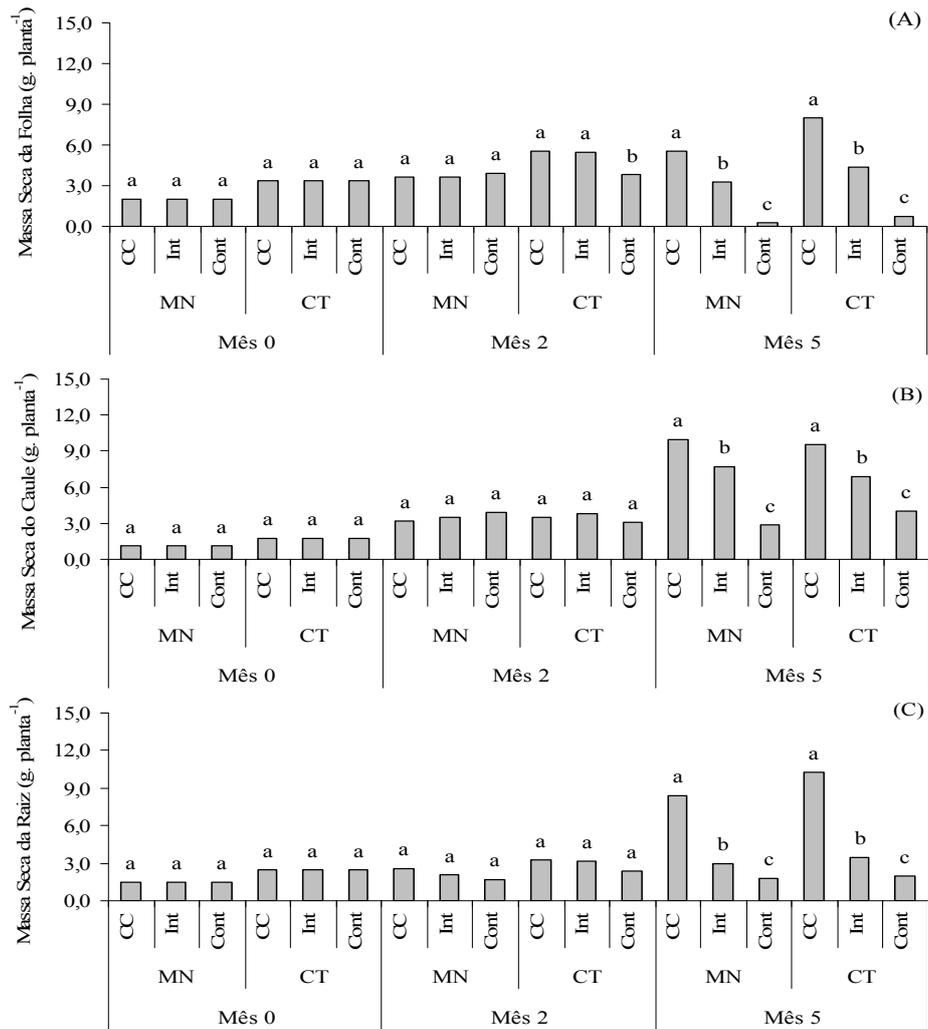


Figura 1 Massa seca de folha (A), caule (B) e raiz (C) de duas cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A análise de carboidratos nas folhas de mudas de Mundo Novo revelou, em comparação ao controle, um maior teor de açúcares redutores aos dois e aos cinco meses de encharcamento contínuo (Figura 2A). O teor de amido não diferiu do controle para este tratamento (Figura 3A). O encharcamento intermitente promoveu uma elevação nos teores desses carboidratos somente aos cinco meses de tratamento. Nas raízes, o estresse contínuo elevou os teores de açúcares redutores aos dois meses de tratamento (Figura 2B) e reduziu a concentração de amido aos cinco meses (Figura 3B). Quando o encharcamento foi intermitente, houve um aumento nos teores de carboidratos somente aos dois meses de estresse.

Considerando-se as folhas de Catuaí, a única diferença significativa, quando as mudas estavam submetidas ao encharcamento contínuo, ocorreu com a elevação dos teores de açúcares redutores aos cinco meses de tratamento (Figura 2A). Nas raízes, este tratamento levou à diminuição dos teores de amido avaliados nas duas épocas (Figura 3B). Quando o estresse foi intermitente, a única diferença observada foi aos dois meses, quando este tratamento elevou os teores de amido nas raízes.

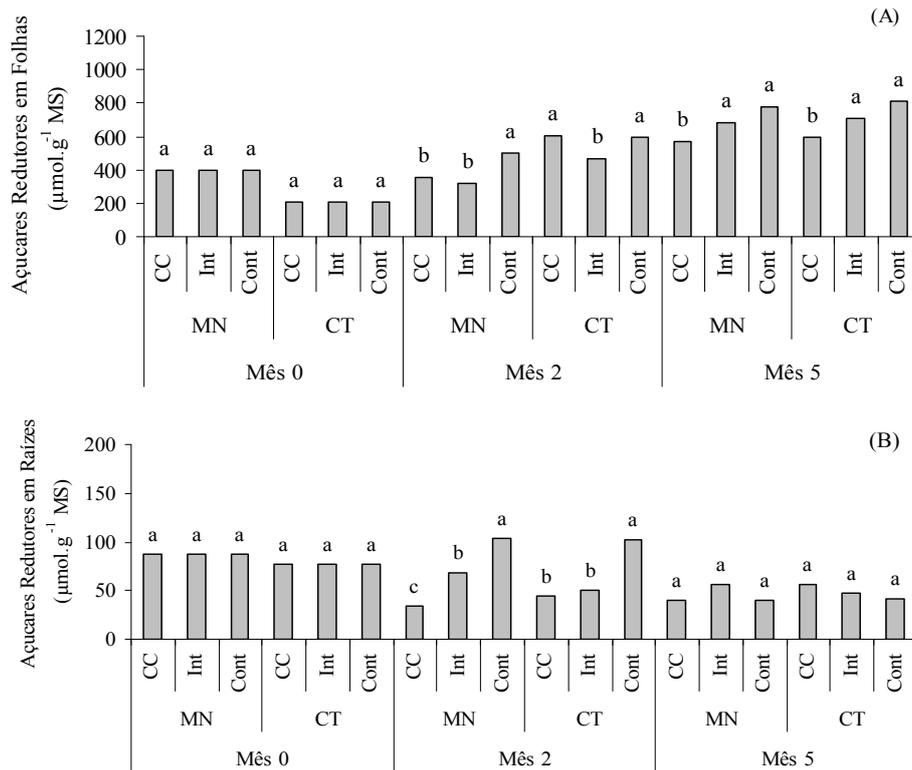


Figura 2 Concentração de açúcares redutores em folhas (A) e raízes (B) de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

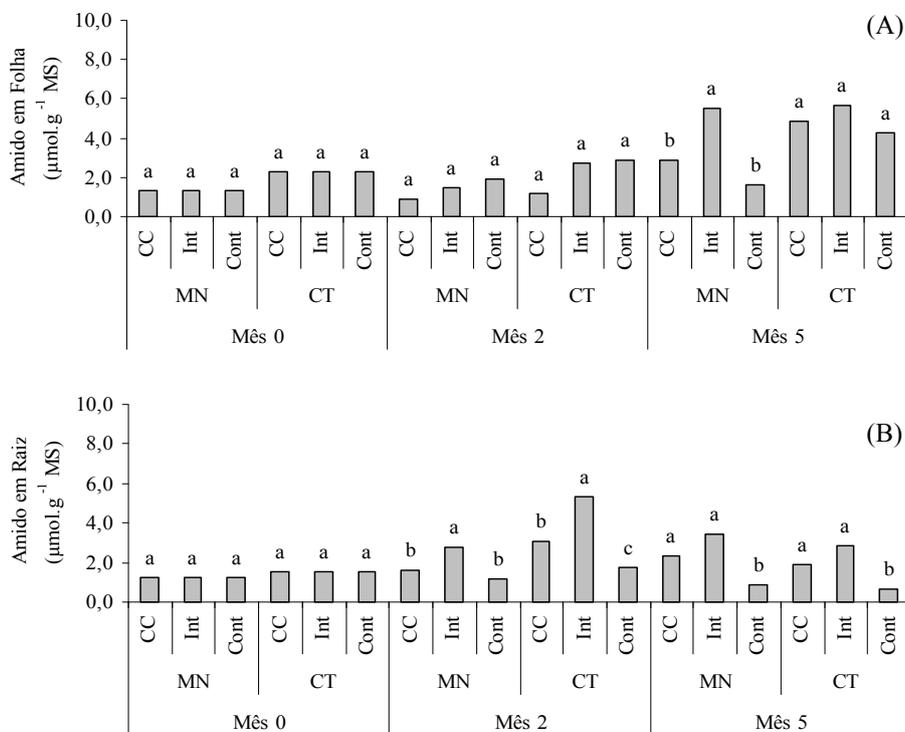


Figura 3 Concentração de amido em folhas (A) e raízes (B) de cultivares de café Mundo Novo (MN) e Catuaí (CT) submetidas a três condições de disponibilidade de água no substrato: capacidade de campo (CC), encharcamento intermitente (Int) e encharcamento contínuo (Cont). As letras comparam as médias entre os regimes hídricos em cada época para cada cultivar, com base no teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O alagamento reduz a condutância estomática, diminuindo a aquisição de carbono por meio da fotossíntese. Por outro lado, a translocação de açúcares solúveis das folhas para as raízes é bastante afetada pelo alagamento, sendo drasticamente reduzida em espécies não-tolerantes (KOZLOWSKI, 1997; CARVALHO; ISHIDA, 2002). Deste modo, os açúcares solúveis produzidos na fotossíntese tendem a se acumular nas folhas e não são translocados para as raízes, onde são necessários para manter a via glicolítica em funcionamento. Portanto, a maior disponibilidade de substrato respiratório, como a glicose, pode ser determinante na sobrevivência dos tecidos das raízes em ambientes anóxicos (VARTAPETIAN; JACKSON, 1997). No metabolismo das plantas sob baixa disponibilidade de oxigênio, a fosforilação oxidativa das mitocôndrias é bloqueada e as células sofrem inevitavelmente a fermentação anaeróbica, substituindo, assim, o ciclo de Krebs no cumprimento por demandas celulares de ATP, com um rendimento líquido de 2 ATPs por molécula de glicose. Esta energia, 18 vezes menor que aquela produzida por plantas sob normoxia, é essencial para manter o metabolismo em nível basal, sendo, por isso, necessárias grandes quantidades de açúcares nos tecidos das raízes, para que possa ser gerado ATP suficiente para manter o funcionamento das células em condições hipóxicas (VARTAPETIAN, 1991; VARTAPETIAN; JACKSON, 1997; IRFAN et al., 2010).

Zanandrea et al. (2010) observaram que plantas de Sesebânia, submetidas a solos encharcados, apresentaram concentrações elevadas de carboidratos nas folhas e raízes, com concentrações, na maioria dos casos, superiores a das plantas controle. O acúmulo de açúcares solúveis nas raízes das plantas sob alagamento do solo tem sido relatada como um mecanismo de tolerância ao estresse (LIAO; LIN 2001; HENRIQUE et al., 2010). Desse modo, as mudas de café, a exemplo de Sesebânia, provavelmente armazenam açúcares em seus tecidos durante o período de estresse hipóxico, o que pode ser uma importante adaptação metabólica para superar as condições de normoxia após o estresse.

CONCLUSÕES

Mudas de café Mundo Novo e Catuaí comportaram-se como tolerantes ao encharcamento apenas até os dois meses de estresse, sendo que após este período sofreram distúrbios fisiológicos que alteraram o metabolismo de carboidratos refletindo em uma redução no acúmulo de massa seca das plantas submetidas ao encharcamento intermitente e contínuo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro e concessão de bolsas. À FAPEMIG pelo apoio financeiro para participação no VII Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 18, n. 2, June 2004.
- CARVALHO, C. J. R.; ISHIDA, F. Y. Respostas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) jovens ao alagamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1231-1237, 2002.
- CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 234, p. 1-16, Jan. 1991.
- DIAS, N. S.; DUARTE S. N.; JÚNIOR, J. A.; MELO, R. F. Água no meloeiro. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**. Edição 27, agosto/setembro. 2004.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-520.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 317p. 2002.
- HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; GOULART, P. F. P.; DEUNER, S.; SILVEIRA, N.M.; ZANANDREA, I.; CASTRO, E. M. Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipoxia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, Feb. 2010.
- IRFAN, M.; Hayat, S.; Hayat, Q.; Afroz, S.; Ahmad, A. Physiological and biochemical changes in plants under waterlogging. **Protoplasm**, Wien, v. 241, n. 1/4, p. 3-17, May 2010.

- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, Victoria, n. 1, p. 1-29, 1997.
- LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, v.25, p.148-157, 2001
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, n.3, p. 426-428, Mar. 1959.
- PIMENTEL, J. S.; SILVA, T. J. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MONTENEGRO, A. A. A. Estimation of transpiration in coffee crop using heat dissipation sensors. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande. v. 14 no.2 Feb, 2010.
- ROTONDANO, A. K. F. **Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (Coffea arábica L.) sob diferentes lâminas de irrigação.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: UFU, 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- VARTAPETIAN, B. B. Flood-sensitive plants under primary and secondary anoxia: ultrastructural and metabolic responses. In: JACKSON, M. B.; DAVIS, D. D.; LAMBERS, H. (Ed.). Plant life under oxygen deprivation: ecology, physiology and biochemistry. **The Hague: SPB Academic.** p. 201 - 216, 1991.
- VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. Plant adaptations to anaerobic stress. **Annals of Botany**, London, v. 79, p. 3-20, 1997.
- ZANANDREA, I.; ALVES, J.D.; DEUNER, S.; HENRIQUE, P.C.; SILVEIRA, N.M. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany.** v. 57, p. 661-669, 2010.