

Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais

Cláudio Pagotto Ronchi⁽¹⁾, Fernando Couto de Araújo⁽²⁾, Wellington Luiz de Almeida⁽³⁾, Max Afonso Alves da Silva⁽⁴⁾, Carlos Eduardo de Oliveira Magalhães⁽⁵⁾, Leandro Barbosa de Oliveira⁽³⁾ e Luis Cesar Dias Drumond⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Florestal, Rodovia LMG 818, Km 06, CEP 35690-000 Florestal, MG, Brasil. E-mail: claudiopagotto@ufv.br ⁽²⁾Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, Senar-GO, Rua 87, nº 662, Setor Sul, Edifício FAEG, CEP 74093-300 Goiânia, GO, Brasil. E-mail: fernando.couto@senar-go.com.br ⁽³⁾UFV, Campus Rio Paranaíba, Rodovia BR 354, Km 310, CEP 38810-000 Rio Paranaíba, MG, Brasil. E-mail: almeida-wl@hotmail.com, leandrosalinhas2009@hotmail.com, irriga@ufv.br ⁽⁴⁾Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa, Sebrae Educampo, Rua Governador Valadares, nº 931, CEP 38840-000 Carmo do Paranaíba, MG, Brasil. E-mail: maxafonsoagro@hotmail.com ⁽⁵⁾Valoriza Agronegócios Ltda., Avenida Faria Pereira, nº 341, Boa Esperança, CEP 38740-000 Patrocínio, MG, Brasil. E-mail: carlos@valoriza.net

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de imposição do deficit hídrico sobre a concentração da florada do cafeeiro (*Coffea arabica*), bem como sobre as trocas gasosas, a produtividade, a maturação e a qualidade dos grãos. As cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9 foram avaliadas conforme os seguintes tratamentos: não irrigado (NI), irrigado continuamente (IC), e suspensão da irrigação em 1/7/2010 (D1) e em 1/8/2010 (D2), com retorno desta em 24/9/2010. Cerca de três dias após a retomada da irrigação, registrou-se a ocorrência de uma “chuva de florada”, com precipitação de 69 mm. O potencial hídrico foliar de antemãhã (Ψ_{am}) nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, em 22/9, foi de -0,59 e -0,82 MPa, -0,53 e -0,79 MPa, e -0,34 e -0,49 MPa, para os tratamentos NI, D1 e D2, respectivamente. O percentual máximo de botões florais no estágio E4, imediatamente antes da ocorrência da chuva, não foi afetado pelos níveis de deficit impostos durante o inverno, independentemente das cultivares. Os níveis moderados de deficit hídrico impostos pelos tratamentos ($\Psi_{am} \sim -0,80$ MPa) produziram pouco ou nenhum efeito sobre as trocas gasosas, a taxa de florescimento ou a uniformidade de maturação – percentagem de cerejas de 66% –, e a produtividade e a classificação dos grãos, de ambas as cultivares. O efeito dos diferentes tratamentos sobre o status hídrico dos botões florais não se sobrepõe ao efeito da chuva de florada, que foi determinante para sua abertura.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, floração, irrigação, trocas gasosas.

Ecophysiological responses of coffee plants subjected to water deficit to narrow blossom period in the Cerrado in the state of Minas Gerais, Brazil

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of different periods of water deficit imposition on narrowing coffee (*Coffea arabica*) blossom period, as well as on gas exchange, coffee bean yield, maturity, and grain quality. The Catuaí Vermelho IAC 144 and Bourbon Amarelo J9 cultivars were evaluated according to the following treatments: nonirrigated (NI), continuously irrigated (CI), and suspension of irrigation on 7/1/2010 (D1) and on 8/1/2010 (D2), which was restarted on 9/24/2010. About three days after irrigation was restarted, a “blossom rain” was registered, with 69 mm precipitation. The pre-dawn leaf water potential (Ψ_{pd}) of the cultivars Catuaí Vermelho IAC 144 and Bourbon Amarelo J9, on 9/22, was of -0.59 and -0.82 MPa, -0.53 and -0.79 MPa, and -0.34 and -0.49 MPa for the NI, D1, and D2 treatments, respectively. The maximum percentage of flower buds at the E4 stage, right before rainfall occurrence, was not affected by the water deficit levels imposed during winter, regardless of the cultivar. The moderate water deficits imposed by the treatments ($\Psi_{pd} \sim -0.80$ MPa) had little or no effect on gas exchange, on flowering rate or maturation uniformity – 66% ripe cherries –, and on coffee bean yield and classification of both cultivars. The effect of the different treatments on the water status of the flower buds does not overcome the effects of the blossom rain, which was determinant for their opening.

Index terms: *Coffea arabica*, flowering, irrigation, gas exchange.

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com estimativa de safra para 2014 de 44,57 milhões de

sacas (Acompanhamento da Safra Brasileira, 2014). O Estado de Minas Gerais é o maior produtor, com estimativa de produção de 22,99 milhões de sacas para

essa mesma safra. As estimativas de produção para a região do Cerrado mineiro, que compreende as regiões do Alto Paranaíba, do Triângulo e do Noroeste do Estado, são de 5,814 milhões de sacas de café arábica. A região do Cerrado mineiro apresenta cafeicultura intensiva, que adota, além da mecanização, a irrigação como uma das principais práticas para garantir altas produtividades (Fernandes et al., 2012).

Em razão da má distribuição de chuvas na região e da ocorrência de período seco (~3–4 meses) durante a estação fria, a maioria das lavouras é irrigada sem interrupção durante o ano. Entretanto, algumas pesquisas têm apontado que a irrigação contínua, sobretudo no período que antecede a florada, pode atrasar o desenvolvimento do botão floral, em relação a lavouras não irrigadas (DaMatta et al., 2007; Silva et al., 2009). Além disso, chuvas esporádicas e de baixa intensidade, geralmente próximas à primavera, fazem com que ocorram várias floradas, o que leva à desuniformidade na maturação dos frutos (DaMatta et al., 2007).

Para minimizar esses problemas, a aplicação do déficit hídrico durante o inverno, em lavouras irrigadas, tem sido recomendada para a sincronização ou a concentração da florada. Essa técnica baseia-se em evidências de que o déficit hídrico é necessário para a quebra da dormência dos botões, no estádio E4, e que a irrigação (ou mesmo a chuva) após esse período causa antese, pelo rápido aumento na turgescência dos botões florais (Alvim, 1960; Magalhães & Angelocci, 1976; Crisosto et al., 1992; Guerra et al., 2005; Soares et al., 2005; Bomfim Neto, 2007; Silva et al., 2009). Contudo, como as condições edafoclimáticas das diversas regiões produtoras variam muito, ainda não se sabe em que momento e em que nível o déficit hídrico deve ser aplicado para uniformização da florada, sem comprometer a produtividade da lavoura.

Em regiões como a do Cerrado, em que ocorre uma estação seca bem definida na pré-florada, é possível que o déficit hídrico controlado, aplicado em momento e intensidades apropriados nas lavouras irrigadas, contribua para a concentração da florada e, portanto, para a uniformidade na maturação dos frutos. No entanto, estabelecer datas fixas do calendário para suspender e retomar a irrigação, sem aferir o nível de déficit e o estádio do botão floral, como proposto por Guerra et al. (2005), carece de maior comprovação científica, uma vez que diversos fatores alteram a taxa

de progresso do déficit hídrico e, consequentemente, o tempo necessário para que se atinja o déficit adequado (DaMatta et al., 2007; Silva et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi testar o efeito de diferentes períodos de imposição do déficit hídrico sobre a concentração da florada do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), bem como sobre as trocas gasosas, a produtividade, a maturação e a qualidade dos grãos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na safra 2010/2011, na Fazenda Transagro (19°14'S, 46°21'W, a 900 m de altitude), no Município de Rio Paranaíba, MG, em lavoura de *C. arabica*, com as cultivares Catuai Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, transplantadas para o campo em dezembro de 2006, no espaçamento de 3,80x0,50 e 3,80x0,80 m, respectivamente, com 5.260 e 3.290 plantas por hectare. A lavoura foi fertirrigada, e os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações agronômicas adotadas no Cerrado.

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada bloco foi alocado em uma linha de plantio, perpendicularmente à declividade do terreno. A parcela experimental foi constituída por uma linha de café, com oito plantas, tendo-se considerado as quatro centrais como úteis. Os tratamentos foram definidos conforme as condições edafoclimáticas da região, o sistema de irrigação (gotejamento) e o manejo adotado na fazenda: NI, não irrigado, com suspensão da irrigação em 2/6/2010 até a primeira chuva; IC, irrigação contínua; e suspensão da irrigação em 1/7/2010 (D1) e em 1/8/2010 (D2), com retorno em 24/9/2010, antes da primeira chuva da estação, que ocorreu entre os dias 26 e 28/9/2010. Portanto, foram impostos 117, 85 e 54 dias de déficit para os tratamentos NI, D1 e D2, respectivamente.

O status hídrico das plantas foi aferido em 27/8, 9/9 e 22/9/2010, pela determinação do potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}), com uso de bomba de pressão (bomba de Scholander). Avaliou-se uma folha por parcela, coletada no terceiro ou no quarto par, a partir do ápice de ramos plagiotrópicos localizados no terço superior da planta. O retorno da irrigação em D1 e D2 foi projetado para antes da ocorrência das primeiras chuvas na região, de acordo com as médias climatológicas. Os dados de precipitação e temperatura do ar foram coletados na própria fazenda.

Nas datas de medição do Ψ_{am} , também foram feitas avaliações instantâneas de trocas gasosas, às 8h e às 10h, em folhas semelhantes às utilizadas para a determinação do potencial hídrico. A condutância estomática (g_s), a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), a taxa transpiratória (E), a eficiência instantânea no uso da água (A/E), a razão entre as concentrações interna e externa de CO_2 (C_i/C_a) e o deficit de pressão de vapor entre o interior da folha e a atmosfera (DPV) foram medidos em sistema aberto, sob luz artificial saturante ($1.000 \mu mol m^{-2} s^{-1}$) e concentração ambiente de CO_2 , com uso de analisador de gás infravermelho portátil, modelo LICOR 6400XT (Li-COR, Lincoln, NE, EUA).

Os botões florais de um ramo plagiotrópico, escolhido aleatoriamente no terço superior de duas plantas, em cada parcela, foram contados em 5/8, 26/8, 22/9 e 13/10/2010, de acordo com seus estádios de desenvolvimento (Rena & Barros, 2004): E2, E3, E4 e E6 – neste caso, E6 contabiliza E5 e compreende flores e, eventualmente, algum chumbinho presente na roseta. Em seguida, calculou-se a percentagem de botões em cada estádio.

Em junho de 2011, os frutos das plantas úteis foram colhidos por derriça no pano, e o peso e o volume de “café da roça” foram determinados em seguida. Amostras de 0,5 L de café foram retiradas para avaliação da uniformidade de maturação dos frutos, tendo-se utilizado uma escala visual das classes de maturação (verde, verde-amarelado, cereja e passa), adaptada de Ronchi & DaMatta (2007), e a percentagem de frutos em cada classe também foi determinada.

As amostras de “café da roça” foram secas em terreiro asfaltado, e o volume e o peso de café em coco foram aferidos. O rendimento foi estimado a partir do beneficiamento de uma amostra de 4,0 L de grãos, com teor de umidade padronizado para 11,5%; a produtividade dos tratamentos foi calculada de acordo com o estande de plantas. Uma amostra de 100 g de café beneficiado foi submetida à análise física, para determinação da percentagem de grãos em cada peneira, com base na massa.

Os dados meteorológicos e de potencial hídrico foliar foram submetidos à análise descritiva. Já os dados das contagens de botões florais, para cada estádio de desenvolvimento e época de avaliação; os de trocas gasosas, separados por épocas e horário de medição; os de produtividade e uniformidade de maturação dos

frutos; e os de classificação do café foram analisados de acordo com arranjo de parcelas subdivididas, tendo-se considerado as cultivares como parcelas, e os tratamentos de deficit hídrico, como subparcelas. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade.

Resultados e Discussão

Apesar das condições edafoclimáticas e de manejo terem sido idênticas para ambas as cultivares, elas apresentaram diferentes taxas de utilização de água durante o período de suspensão da irrigação e, conseqüentemente, atingiram diferentes níveis de deficit hídrico, de acordo com os tratamentos (Figura 1). Naturalmente, o tratamento NI proporcionou o deficit hídrico mais intenso, com valores mínimos de Ψ_{am} de -0,59 e -0,82 MPa, para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, respectivamente. Com 85 dias de suspensão da irrigação, o tratamento D1 apresentou valores de deficit muito semelhantes aos de NI, entre -0,53 e -0,79 MPa. No tratamento D2, com 54 dias de suspensão da irrigação, foi observado Ψ_{am} de apenas -0,34 e -0,49 MPa, respectivamente, para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 44 e Bourbon Amarelo J9.

Como há evidências de que o deficit hídrico na folha e, conseqüentemente, nos botões florais, é necessário para a quebra da dormência verdadeira de botões florais fisiologicamente maduros, no estádio E4 (Alvim, 1960; Magalhães & Angelocci, 1976; Crisosto et al., 1992; Silva et al., 2009), é desejável que se conheça a magnitude do Ψ_{am} associado a esse processo. A queda do Ψ_{am} foi lenta nas primeiras semanas e maior entre 9/9 e 22/9/2010 (Figura 1). A variação da temperatura foi determinante para explicar esse comportamento: as temperaturas médias e máximas foram de 19,4 e 28,1, 19,3 e 28,9, e 22,1 e 30,9°C, em julho, agosto e setembro, respectivamente. Entretanto, nas duas últimas semanas de deficit, as temperaturas média e máxima atingiram valores máximos de 24,5 e 35°C, o que teria resultado em elevada taxa de evapotranspiração (DaMatta et al., 2007) e induzido o deficit hídrico nos tecidos vegetais, num curto período de tempo.

Pesquisas relacionadas apontam valores mínimos de potencial hídrico foliar bastante variáveis, para quebra da dormência, de: -0,80 MPa, em Crisosto et al. (1992); -1,1 a 1,2 MPa, em Magalhães & Angelocci (1976) e

Bomfim Neto (2007); -1,7 MPa, em Silva et al. (2009); -2,0 MPa, em Guerra et al. (2005); e -2,65 MPa, em Schuch et al. (1992). Contudo, essas pesquisas não informam em qual momento do dia esses potenciais ocorrem (Rena & Barros, 2004) nem revelam seu impacto sobre a produtividade. Nas condições de campo do presente trabalho, apenas a cultivar Bourbon Amarelo J9, nos tratamentos NI e D1, atingiu o status hídrico mínimo indicado por Crisosto et al. (1992) como necessário para a quebra da dormência dos botões florais. Portanto, recomendar a suspensão e a retomada da irrigação com base apenas em datas fixas de calendário (Guerra et al., 2005), sem considerar outros fatores, como, por exemplo, as características edafoclimáticas da região ou o material genético, não é um procedimento adequado.

Na contagem de botões florais feita em 5/8/2010, verificou-se que, independentemente da cultivar e dos níveis de déficit, o estágio predominante foi o E3, com 59% dos botões (Figura 2 A); em 26/8, os estádios predominantes foram E4 e E3, com 52 e 45%, respectivamente (Figura 2 B); e, após um mês, em 22/9, como era de se esperar, predominava o E4, com 67%, seguido de E3, com 26% (Figura 2 C). Assim, observou-se um desenvolvimento natural e rápido dos estádios dos botões florais, nos meses que antecedem o início da primavera, independentemente dos

tratamentos. Dessa forma, a taxa diária de surgimento de E4 em agosto e setembro foi de aproximadamente 1%, ou seja, a cada dia desses meses, 1% do total de botões florais na planta inteira atingiu o estágio E4. Mesmo aparentemente normal, pela fisiologia do cafeeiro (Barros et al., 1978; Rena & Barros, 2004), esse tipo de informação não é facilmente encontrada na literatura.

Ao se considerar a elevada percentagem de botões florais (67%), no estágio E4, em 22/9/2010 (Figura 2 C) – coerente com o valor mínimo de 60% proposto por Bomfim Neto (2007) para a época de retorno da irrigação –, e a volta iminente da chuva, optou-se pelo retorno da irrigação, nos tratamentos D1 e D2, em 24/9, para avaliar o efeito da retomada da irrigação na sincronização da florada. Na contagem realizada em 13/10, constatou-se que os tratamentos com algum nível de déficit (NI, D1 e D2) apresentaram elevada uniformidade da florada (~98%), em ambos os genótipos (Figura 2 D). Esses resultados não eram esperados, uma vez que apenas nos tratamentos NI e D1, na cultivar Bourbon Amarelo J9, atingiu-se o limiar mínimo de Ψ_{am} (~-0,80 MPa), indicado por Crisosto et al. (1992) como necessário para quebrar a dormência verdadeira dos botões florais e induzir à antese. Além disso, o tratamento IC também proporcionou elevada percentagem de flores (98%) na mesma data (Figura 2 D).

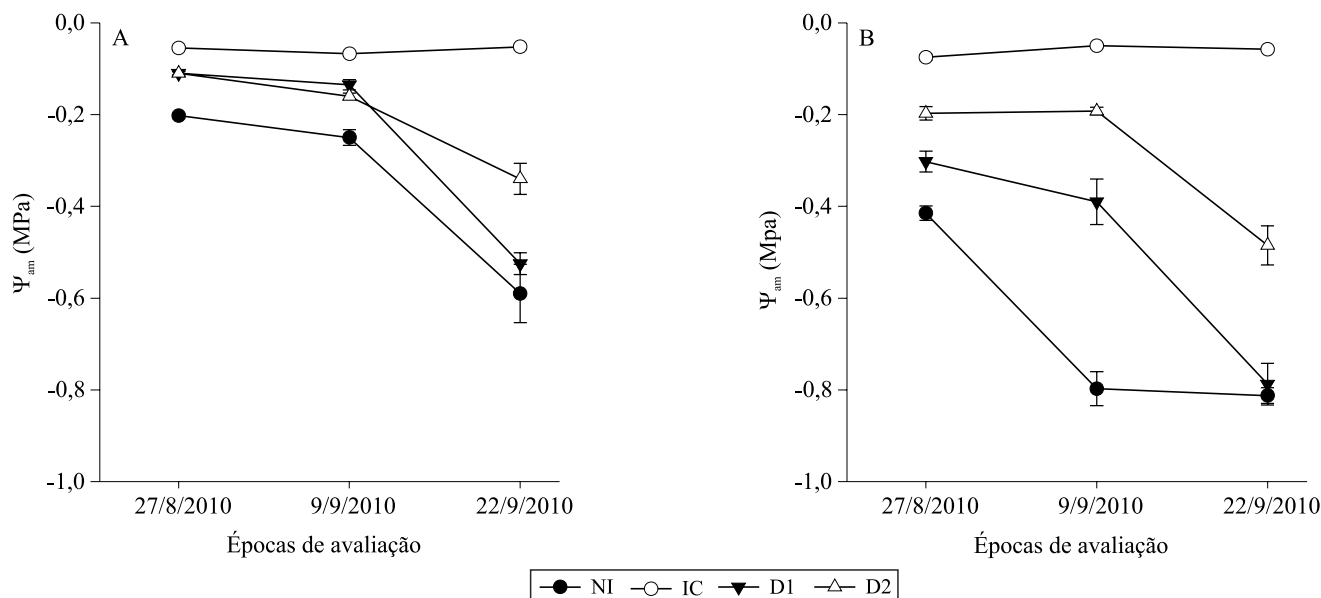


Figura 1. Potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 (A) e Bourbon Amarelo J9 (B), em três épocas de avaliação: 27/8, 9/9 e 22/9/2010. NI, não irrigado a partir de 2/6/2010; IC, irrigado continuamente; D1, suspensão da irrigação em 1/7 e retomada em 24/9/2010; D2, suspensão da irrigação em 1/8 e retomada em 24/9/2010.

Uma possível explicação para esses resultados foi a ocorrência de uma “chuva de florada”, três dias após a retomada da irrigação, com precipitação de 69 mm, acumulada entre os dias 26 e 28/9/2010. Desse modo, essa chuva teria eliminado a dormência das gemas, tanto do tratamento NI quanto do IC, e as induzido à antese. A rápida hidratação causada pela chuva em botões florais sob déficit hídrico (Rena & Barros, 2004) não é o único fator meteorológico capaz de quebrar a dormência. Assim, mesmo botões florais mantidos sob alto Ψ_{am} podem ser induzidos à antese, por exemplo, pela queda rápida da temperatura do ar (Browning,

1973; Silva et al., 2009). Apesar de essa possibilidade ainda ser questionada (Rena & Barros, 2004), o presente trabalho traz evidências que a apoiam, como a queda de 9–10°C na temperatura máxima do ar, por um período máximo de 24 horas, simultaneamente ao início das chuvas. Segundo Silva et al. (2009), parece existir um efeito sinérgico de fatores meteorológicos, como precipitações, temperatura e DPV, sobre o desenvolvimento do botão floral, quando esse se encontra em E4.

Os tratamentos não diferiram quanto a g_s , A, E, A/E e C_i/C_a , na análise realizada em 27/8/2010,

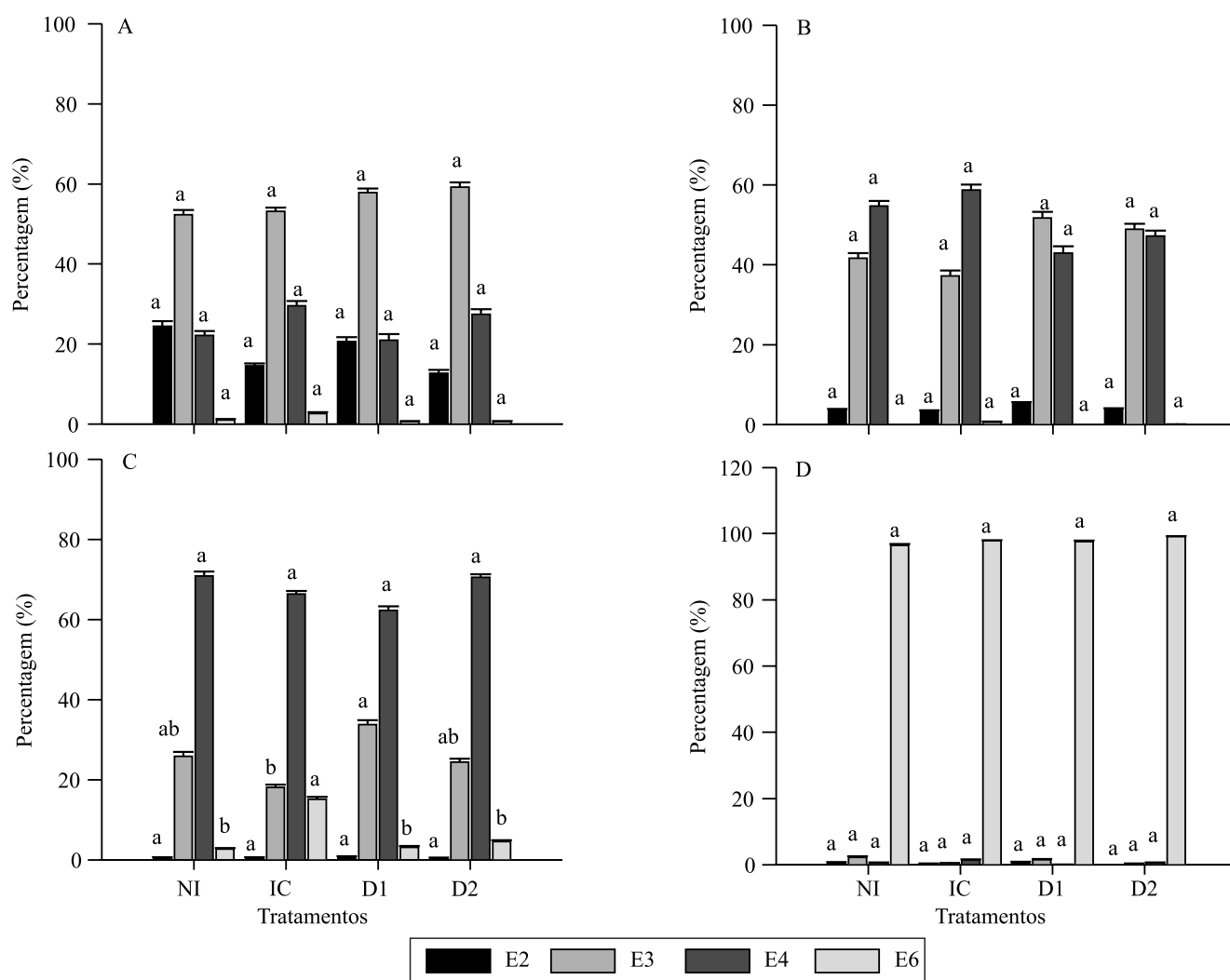


Figura 2. Percentual de botões florais em cada estágio de desenvolvimento (E2, E3, E4 e E6), nos dias 5/8 (A), 26/8 (B), 22/9 (C) e 13/10 (D) de 2010, em função dos tratamentos de déficit hídrico, independentemente da cultivar. NI, não irrigado a partir de 2/6/2010; IC, irrigado continuamente; D1, suspensão da irrigação em 1/7 e retomada em 24/9/2010; D2, suspensão da irrigação em 1/8 e retomada em 24/9/2010. Barras seguidas de letras iguais, em cada estágio do botão floral e época de avaliação, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Estádios de acordo com Rena & Barros (2004).

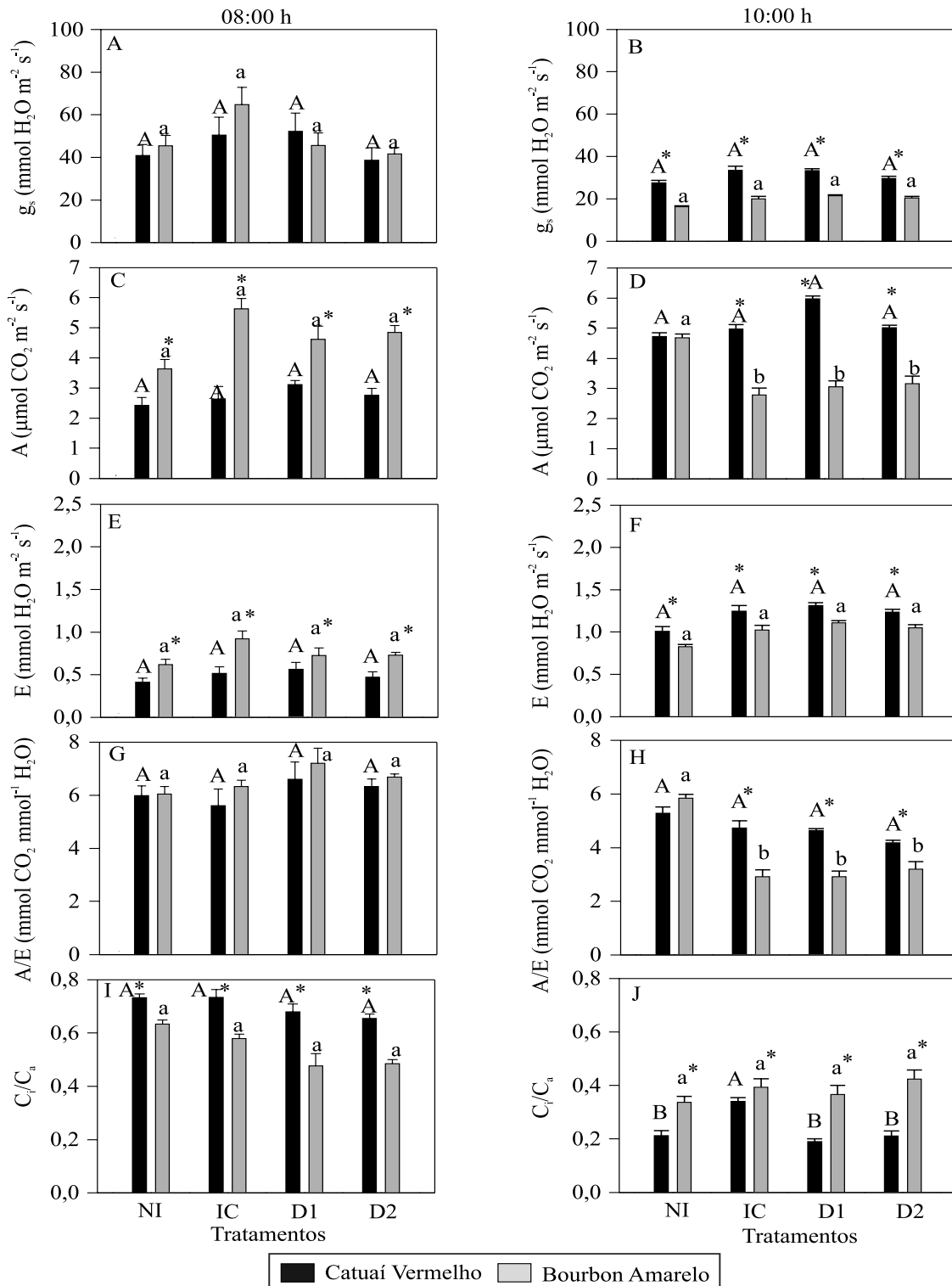


Figura 3. Condutância estomática, g_s (A, B); taxa de assimilação líquida do carbono, A (C, D); taxa transpiratória, E (E, F); eficiência instantânea no uso da água, A/E (G, H); e relação entre concentrações interna e externa de CO₂, C_i:C_a (I, J), medidas em 27/8/2010, às 8h e às 10h. NI, não irrigado a partir de 2/6/2010; IC, irrigado continuamente; D1, suspensão da irrigação em 1/7 e retomada em 24/9/2010; D2, suspensão da irrigação em 1/8 e retomada em 24/9/2010. Para cada variável e horário de medição, barras seguidas de letras iguais, maiúsculas para as barras pretas e minúsculas para as cinzas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. *Diferença significativa entre as cultivares, dentro do mesmo tratamento.

em ambas as cultivares (Figura 3), embora tenham ocorrido diferenças significativas nas trocas gasosas entre cultivares, dentro de um mesmo tratamento. Apesar do longo período de suspensão da irrigação, as plantas do tratamento NI apresentavam, nessa época, Ψ_{am} de apenas -0,20 e -0,42 MPa, para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, respectivamente (Figura 1). Ainda não se determinou, precisamente, um valor de Ψ_{am} a partir do qual as taxas fotossintéticas são afetadas (DaMatta & Ramalho, 2006), principalmente porque uma grande diversidade de fatores interfere na relação entre Ψ_{am} e A (DaMatta, 2003). A literatura mostra que, mesmo valores de Ψ_{am} bastante negativos, como -1,0 ou -1,5 MPa, ainda são insuficientes para reduzir A em café (DaMatta et al., 2003; DaMatta & Ramalho, 2006). Portanto, os níveis de déficit hídrico obtidos no presente trabalho não teriam sido capazes de afetar significativamente as trocas gasosas, sobretudo com medidas instantâneas, em folhas isoladas, no início do dia.

Independentemente dos tratamentos, observou-se intenso aumento na taxa transpiratória do cafeeiro em 27/8/2010, entre as 8h e as 10h (Figura 3 E e F), mesmo com a redução em g_s (Figura 3 A e B), pelo forte aumento do DPV, de 1,24 para 4,05 kPa. Também observou-se que A foi maior às 10h do que às 8h, mesmo com a redução em g_s nesse período. Embora o aumento do DPV tenha tido maior efeito sobre g_s que sobre A (DaMatta & Ramalho, 2006), as reduções verificadas em C_i/C_a , do início para o meio da manhã (Figura 3 I e J), sugerem que houve efeito positivo do aumento na temperatura foliar, de 19,5 para 33,1°C, sobre a etapa bioquímica da fotossíntese (DaMatta, 2004).

As plantas da cultivar Bourbon Amarelo J9 submetidas ao tratamento NI também apresentaram maior eficiência instantânea do uso da água às 10h, a julgar pelo valor significativamente superior de A/E (Figura 3 G e H). Isso provavelmente ocorreu pela manutenção de altas taxas de A (Figura 3 C e D), uma vez que não houve diferenças significativas em g_s e E entre os tratamentos (Figuras 3 A, B, E e F). Além disso, a cultivar Bourbon Amarelo J9 apresenta características anatômicas importantes para o cultivo sob restrição hídrica (Batista et al., 2010), como: capacidade de manutenção de potenciais hídricos mais elevados, cutícula mais espessa, maior proporção de

parênquima paliçádico, maior espessura da nervura central e maior densidade estomática.

Na segunda época de avaliação, em 10/9/2010, as trocas gasosas não diferiram significativamente entre os tratamentos de déficit hídrico, para nenhum dos parâmetros fotossintéticos avaliados, tanto às 8h quanto às 10h. Da mesma forma, em 22/9, poucos dias antes da retomada da irrigação, as trocas gasosas não foram afetadas significativamente, na medição às 8h, apesar de os tratamentos sob déficit terem atingido Ψ_{am} médios de -0,59 MPa (Figura 1). No entanto, às 10h, o tratamento IC apresentou maior valor de g_s , o que resultou em maior valor de E, nesse tratamento, mas nenhum efeito positivo sobre A.

Não houve interação entre cultivares e níveis de déficit hídrico na maturação dos frutos. A percentagem de grãos cereja foi relativamente alta e não diferiu entre os tratamentos, em razão da sincronização da florada pela chuva, com média de 66%, independentemente das cultivares (Figura 4). O estágio passa apresentou média geral de 21%, e a percentagem de verdes foi igual nos tratamentos NI e IC (Figura 4). Esses resultados diferem dos de Silva et al. (2009), que encontraram, em várias regiões cafeeiras de São Paulo, menor percentagem de cerejas e maior de verdes em tratamentos irrigados

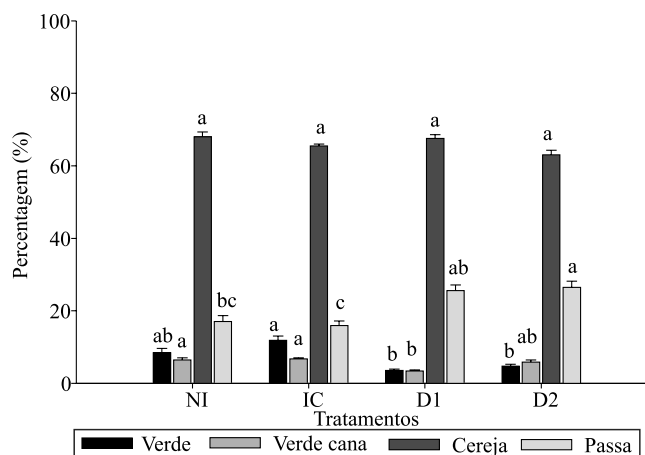


Figura 4. Distribuição percentual de frutos de “café da roça” nos diferentes estádios de maturação, em função dos níveis de déficit hídrico, independentemente das cultivares. Para um mesmo estágio de maturação, colunas seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As colunas representam a média±erro-padrão (n=8). NI, não irrigado a partir de 2/6/2010; IC, irrigado continuamente; D1, suspensão da irrigação em 1/7 e retomada em 24/9/2010; D2, suspensão da irrigação em 1/8 e retomada em 24/9/2010.

ou com baixo nível de déficit hídrico na pré-florada. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de, no caso de Silva et al. (2009), não ter ocorrido chuva de florada. Na comparação entre cultivares, constatou-se percentagem igual de grãos cereja (66%), mas maior de passa em Bourbon Amarelo J9 (31%) que em Catuaí Vermelho IAC 144 (12%), em decorrência da maturação ligeiramente antecipada daquela cultivar; as avaliações foram feitas simultaneamente em ambas as cultivares.

Para a produtividade, houve efeito significativo apenas para cultivares, em que a Bourbon Amarelo J9 apresentou maior produção de “café da roça” e de café em coco, bem como maior volume de café em coco por planta, que a Catuaí Vermelho IAC 144 (Tabela 1). Porém, ao se levar em consideração o estande de plantas, não houve diferença significativa entre as cultivares, independentemente dos níveis de déficit hídrico (Tabela 1). Silva et al. (2009) obtiveram maiores produtividades em tratamentos irrigados ou submetidos a déficits hídricos menos severos, mas também demonstraram que é possível aliar uniformidade na maturação dos frutos e produtividade,

Tabela 1. Produção de grãos de café (*Coffea arabica*) por planta, produtividade e qualidade física dos grãos (peneiras) das cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, independentemente dos tratamentos de déficit hídrico.

Variável	Catuaí Vermelho	Bourbon Amarelo
Produção e produtividade ⁽¹⁾		
Peso de “café da roça” (kg por planta)	2,2±0,04	2,7±0,06*
Volume de “café da roça” (L por planta)	4,1±0,06	5,0±0,10 ^{ns}
Peso de café em coco (kg por planta)	0,9±0,01	1,2±0,02**
Volume de café em coco (L por planta)	2,0±0,03	2,7±0,06**
Rendimento (L kg ⁻¹)	5,4±0,02	5,5±0,02 ^{ns}
Produtividade (saca de 60 kg por ha) ⁽²⁾	33,1±0,52	27,6±0,59 ^{ns}
Análise física (%)		
Peneira 18	11,2±0,3	2,3±0,1**
Peneira 17	22,1±0,3	7,0±0,2**
Peneira 16	29,4±0,2	28,7±0,3 ^{ns}
Moka 11	9,5±0,1	7,9±0,1*
Peneira 15	15,6±0,3	28,9±0,3**
Mokinha 10	3,8±0,2	10,2±0,1**
Peneira 14	5,1±0,1	9,8±0,2**
Peneira 13	1,9±0,1	2,9±0,1**
Fundo	1,9±0,1	2,5±0,1 ^{ns}

⁽¹⁾Consideraram-se, para a estimativa, as densidades de 5.260 e 3.290 plantas por hectare, para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, respectivamente. ⁽²⁾Os dados referem-se à percentagem de grãos com base na massa de café verde, numa amostra de 100 g. ^{ns}Não significativo. * e **Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

desde que se aplique o nível de déficit adequado para cada região.

Quanto à qualidade física dos grãos, os níveis de déficit não afetaram, o que está de acordo com Silva et al. (2009). Entretanto, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 apresentou maior percentual de grãos nas peneiras 17 e 18 que a Bourbon Amarelo J9 (Tabela 1), o que é um comportamento normal para essas cultivares (Ferreira et al., 2013).

Conclusões

1. A cultivar de café (*Coffea arabica*) Bourbon Amarelo J9 atinge maior nível de déficit hídrico que a Catuaí Vermelho IAC 144, quando submetidas a um mesmo período de suspensão da irrigação.

2. As trocas gasosas, a produtividade, a uniformidade de maturação de frutos e a classificação dos grãos beneficiados não são afetadas por níveis moderados de déficit hídrico, nas cultivares testadas.

3. O percentual máximo de botões florais no estádio E4, imediatamente antes da ocorrência da “chuva de florada”, não é afetado pelos níveis de déficit impostos durante o inverno, independentemente das cultivares.

4. O efeito dos diferentes tratamentos sobre o status hídrico dos botões florais não se sobrepõe ao efeito da chuva de florada, que foi determinante para sua abertura.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig, Processo CAG-APQ-00328-09), pelo apoio financeiro; e à Fazenda Transagro, pela disponibilização da área experimental e pelo apoio na condução do experimento.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: café: safra 2014 – segundo levantamento – maio/2014. Brasília: Conab, v.1, n.1, maio 2014. 61p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_05_20_08_49_17_boletim_mai-2014.pdf>. Acesso em: 22 maio 2014.

ALVIM, P.T. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. *Science*, v.132, p.354, 1960. DOI: 10.1126/science.132.3423.354.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; COONS, M.P. The physiology of flowering in coffee: a review. *Journal of Coffee Research*, v.8, p.29-73, 1978.

- BATISTA, L.A.; GUIMARÃES, R.J.; PEREIRA, F.J.; CARVALHO, G.R.; CASTRO, E.M. de. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.475-481, 2010. DOI: 10.1590/S1806-66902010000300022.
- BOMFIM NETO, H. **Influência do déficit hídrico na floração do cafeeiro arábico, monitorado pelo desenvolvimento do botão floral e potencial hídrico da planta**. 2007. 36p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BROWNING, G. Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. 1. Studies of gibberellin in flower buds and xylem sap and abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.48, p.29-41, 1973.
- CRISOSTO, C.H.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effect of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree Physiology**, v.10, p.127-139, 1992. DOI: 10.1093/treephys/10.2.127.
- DAMATTA, F.M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: HEMANTARANJAN, A. (Ed.). **Advances in plant physiology**. Jodhpur: Scientific Publishers, 2003. v.5, p.227-265.
- DAMATTA, F.M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v.86, p.99-114, 2004. DOI: 10.1016/j.fcr.2003.09.001.
- DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; PINHEIRO, H.A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M.E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v.164, p.111-117, 2003. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00342-4.
- DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.55-81, 2006. DOI: 10.1590/S1677-04202006000100006.
- DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P. MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.485-510, 2007. DOI: 10.1590/S1677-04202007000400014.
- FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.231-240, 2012. DOI: 10.1590/S1983-40632012000200015.
- FERREIRA, A.D.; CARVALHO, G.R.; REZENDE, J.C. de; BOTELHO, C.E.; REZENDE, R.M.; CARVALHO, A.M. de. Desempenho agrônomico de seleções de café Bourbon Vermelho e Bourbon Amarelo de diferentes origens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.388-394, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000400006.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.65/66, p.42-45, 2005.
- MAGALHÃES, A.C.; ANGELOCCI, L.R. Sudden alterations in water balance associate with flower bud opening in coffee plants. **Journal of Horticultural Science**, v.51, p.419-423, 1976.
- RENA, A.B.; BARROS, R.S. Aspectos críticos no estudo da floração do café. In: ZAMLLOLIM, L. (Ed.). **Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café**. Viçosa: Ed. da UFV, 2004. p.149-172.
- RONCHI, C.P.; DAMATTA, F.M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p.92-119.
- SCHUCH, U.K.; FUCHIGAMI, L.H.; NAGAO, M.A. Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stress and gibberellic acid. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.117, p.158-163, 1992.
- SILVA, E.A. da; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C. de M. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.68, p.493-501, 2009. DOI: 10.1590/S0006-87052009000200024.
- SOARES, A.R.; MANTOVANI, E.C.; RENA, A.B.; SOARES, A.A. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.117-125, 2005. DOI: 10.4025/actasciagron.v27i1.2128.

Recebido em 4 de junho de 2014 e aprovado em 19 de dezembro de 2014