

Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais

Adilson Rodrigues Soares^{1*}, Everardo Chartuni Mantovani¹, Alemar Braga Rena² e Antônio Alves Soares¹

¹Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

²Engenheiro Agrônomo. *Autor para correspondência. e-mail: arsoares@alunos.ufv.br

RESUMO. A cafeicultura é uma atividade de grande importância na economia brasileira, contribuindo de forma significativa para a balança comercial do país. A cafeicultura irrigada ocupa uma área significativa e necessita de informações que possibilitem o seu desenvolvimento. Este trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, localizada em Viçosa, Estado de Minas Gerais, no período de junho de 2000 a maio 2001, em cafeeiros adultos com oito anos de plantio, no estande de 3.330 plantas por hectare, irrigados por gotejamento. O estudo do efeito do estresse hídrico mostrou que não houve quebra da dormência dos botões florais pelo efeito do déficit aplicado, mesmo para potenciais de -0,8, -1,2 e -1,9 MPa, após 30, 63 e 90 dias, respectivamente. Nas condições edafoclimáticas observadas na condução do experimento, a quebra da dormência dos botões florais ocorreu somente em função da queda brusca de temperatura após a ocorrência de precipitações, mesmo com potencial da folha de -0,2 MPa.

Palavras-chave: irrigação, café, floração.

ABSTRACT. Irrigation and physiology of mature coffee blooming in the Zona da Mata region (Viçosa) - state of Minas Gerais – Brazil. Coffee culture is a very important activity for Brazilian economy, contributing significantly for the country budget. The irrigated coffee agriculture occupies a significant area in this scenario, which gives importance to any research whose results may increase quality and yield. This experiment was carried out at Laje farm, located in Viçosa, State of Minas Gerais, from September 1999 to May 2001, in a drip irrigated coffee field of 8 years, with 3.330 plants per hectare, as a part of the Coffee Development and Research National Program. Water deficit influence was also evaluated. Plant blooming was not affected by the water deficit, even for day-before leaf water potentials of -0.8, -1.2 and -1.9 MPa, after 30, 63 and 90 days without irrigation, respectively. At the local soil and climate conditions, plant blooming occurred due to temperature drop after rain, independently of the leaf water potential.

Key words: irrigation, coffee, influence.

Introdução

As mudanças no perfil da cafeicultura brasileira, na última década, potencializaram a busca de sistemas altamente tecnificados, que incorporam novos conhecimentos científicos e uma gestão empresarial, tanto em nível de pequenos quanto de grandes cafeicultores. Dentre esses avanços, destaca-se a utilização da irrigação, que pode proporcionar menores riscos, maior eficiência na utilização e aplicação de insumos, uniformização de floradas, além de maior produtividade e melhor qualidade do produto (Mantovani, 2000).

Atualmente, um café de excelente qualidade é produzido em regiões anteriormente consideradas impróprias, pelo elevado déficit hídrico, destacando-se o Triângulo Mineiro e o Alto Paranaíba em Minas

Gerais, o Norte do Espírito Santo e a região Oeste da Bahia. O uso da irrigação suplementar tem se mostrado vantajoso até em locais com períodos curtos de deficiência hídrica, mas que coincidem com as fases críticas da cultura, sendo uma técnica em considerável expansão.

O café é uma espécie de floração gregária, ou seja, todas as plantas de uma região florescem simultaneamente, com número de floradas variável, desde umas poucas até várias ao longo do ano nas regiões equatoriais. Assim, enquanto na Região Sudeste do Brasil ocorrem de duas a três florações com intensidades decrescentes, na Costa Rica verificam-se até 15 (Alvim, 1973). Esse hábito reprodutivo leva a dificuldades relacionadas com colheitas parciais, controle de doenças, controle de pragas e redução na qualidade dos grãos (Rena e

Maestri, 1986).

Um fator importante e polêmico relacionado à irrigação do cafeeiro é a discutida necessidade de um déficit hídrico para a quebra de dormência do botão floral para indução da floração, proporcionando uma florada uniforme, sem causar danos à produção. Entretanto, ainda não se tem conhecimento fisiológico suficiente para aplicar o déficit hídrico ideal, e na época correta para atingir esses objetivos sob condições de campo.

A redução no crescimento significa menor produção de nós disponíveis para a formação de flores, acarretando, conseqüentemente, queda na produção de frutos. Deste modo, a compreensão das relações hídricas no cafeeiro e de suas implicações ecofisiológicas pode oferecer subsídios ao técnico e ao cafeicultor, para que estes possam avaliar melhor a importância da água para os crescimentos vegetativo e reprodutivo dessa cultura, permitindo-lhes, ainda, tomar decisões mais conscientes sobre o manejo global da lavoura e desse caro e escasso componente de produção.

A uniformidade da floração tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, a qual, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto. Desta forma, o conhecimento de técnicas viáveis de uniformização da floração é de fundamental importância para a organização e redução dos custos da colheita e para a obtenção de um produto de melhor qualidade e maior valor agregado.

A floração nas plantas compreende uma seqüência de eventos morfofisiológicos, que vai da indução floral até a antese, passando pelas fases intermediárias da evocação floral, diferenciação ou iniciação dos primórdios florais e desenvolvimento da flor (Rena e Maestri, 1986).

No cafeeiro, a floração é composta por três fases: iniciação ou diferenciação floral, repouso ou quiescência e abertura floral. Cada fase é afetada por vários fatores, sendo difícil isolar o efeito de um fator específico, pois um mesmo fator pode afetar mais de uma fase, o que torna difícil o enfoque experimental e a interpretação do fenômeno (Kumar, 1979).

Barros *et al.* (1978) sugeriram que as condições que podem promover a abertura floral no cafeeiro são: a queda rápida de temperatura, independentemente da ocorrência de déficit hídrico, chuvas abundantes ou irrigações após um longo período de seca e as quedas bruscas de temperatura, seguidas por suprimento de água, tanto sob a forma de chuvas quanto de irrigação, complementar ou sinergicamente.

Segundo Rena e Maestri (2000), há muita polêmica em torno da submissão do cafeeiro ao erroneamente chamado “estresse hídrico”; o mais apropriado seria denominá-lo simplesmente “déficit

hídrico”. Porém, é aí que se localiza a confusão, pois é a planta que deve ser submetida ao déficit hídrico, que pode ocorrer mesmo estando o cafeeiro instalado em solo com teor de água próximo à capacidade de campo ou mesmo dentro de solução nutritiva. Tudo depende do déficit de pressão de vapor (DPV) a que a planta está submetida e do solo. Se o DPV for grande e/ou a capacidade de retenção de água no solo for pequena (por exemplo, solos arenosos), poucas horas após a irrigação as folhas e as gemas já começam a experimentar deficiência hídrica.

Segundo Mes (1957a), a provável influência da chuva na quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro ocorre devido à queda de temperatura, porque os cafeeiros cultivados em vasos, dentro de estufas, que recebiam regas normais e não apresentavam sintomas de murcha, mantiveram os botões florais dormentes.

Browning (1977) também considera que rápidas reduções na temperatura, que normalmente acompanham as chuvas nos trópicos, podem desempenhar um papel relevante na quebra da dormência dos botões florais do café. O autor conclui que a quebra da dormência ocorre apenas quando a temperatura decresce em 3°C ou mais, em um período de 45 minutos ou menos, e que tais alterações estavam sempre associadas a chuvas.

O efeito do déficit hídrico sobre a iniciação floral não tem sido investigado sistematicamente, sendo difícil correlacionar os dois fenômenos por meio de observações fenológicas (Rena e Maestri, 1986). No Sudeste do Brasil, Barros *et al.* (1973) constataram que a iniciação floral ocorre à medida que os dias se encurtam, a temperatura se reduz e a estação seca avança. Na Colômbia, a iniciação floral está associada a baixas precipitações, e antes da maturação de ramos e botões florais há necessidade de um período seco para a abertura da flor (Haarer, 1962; Trojer, 1968).

Alvim (1973) destacou a importância de um período seco prévio à abertura floral. Em experimentos realizados no Peru, região costeira onde raramente chove, verificou que nos cafeeiros constantemente irrigados os botões florais não se abriam, ao contrário da abertura floral regular quando os cafeeiros eram submetidos a déficit de água. Assim, o autor sugeriu que um período de seca é necessário para quebrar a dormência dos botões e que a subsequente adição de água era necessária apenas para a indução do crescimento das gemas quiescentes, fenômeno que ele denominou “hidroperiodismo”.

Rena e Maestri (1986) citaram vários autores que fizeram observações semelhantes, dando suporte à hipótese levantada por Alvim (1973). Porém, Franco (1962), trabalhando com cafeeiros em solução nutritiva, observou uma floração semelhante e simultânea àquelas dos cafeeiros em condições

naturais, o que aparentemente contraria a hipótese do hidroperiodismo.

Por outro lado, Magalhães e Angelocci (1976), medindo paralelamente o potencial hídrico dos botões florais e de seus respectivos pares de folhas, observaram que a quebra da dormência de botões florais, em cafeeiros sob irrigação localizada, somente ocorria quando o potencial hídrico das folhas se encontrava abaixo de -1,2 MPa. Assim, os autores levantaram a hipótese de que, em condições de déficit hídrico, as folhas fornecem água aos botões até que se estabeleça um equilíbrio entre seus potenciais. Concluíram que um potencial hídrico foliar de -1,2 MPa é necessário para que ocorra a quebra da dormência e que a irrigação causa a abertura floral em virtude de uma rápida turgescência dos botões florais.

Astegiano (1984), estudando a movimentação da água e a quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro, encontrou uma relação entre a presença da folha subtendida e a tensão hídrica e concluiu que a presença dessa folha aumentou o ingresso de água para os botões. O autor destacou que a passagem por um período de déficit hídrico foi essencial para a quebra da dormência dos botões florais.

Uma outra hipótese seria a de que os botões florais dormentes fariam uma leitura acumulativa da tensão hídrica, tanto em magnitude, quanto na duração (dada por um período prolongado ou pelo acúmulo de períodos curtos). Nas plantas que não tiveram um período definido de tensão hídrica, a dormência só é quebrada em espaços de tempo mais prolongados, uma vez que plantas constantemente irrigadas apresentam, em dias quentes e ensolarados, curtos períodos de déficit hídrico em razão da demanda transpiratória (Astegiano, 1984).

Do ponto de vista prático, um maior ou menor período de dormência faz com que botões iniciados em diferentes ocasiões possam alcançar o mesmo grau de desenvolvimento, ao final de certo tempo e com isso estabelecer uma uniformização das floradas gregárias do café (Rena e Maestri, 1986).

Um melhor conhecimento das causas de ocorrência e de interrupção da dormência dos botões florais do cafeeiro seria de grande utilidade para o manejo da cafeicultura, pois tornaria possível, por exemplo, regular o florescimento das plantas, de modo a obter floradas em menor número, mais regulares e uniformes, como acontece em regiões secas ou quando a chuva é escassa (Rayner, 1946).

Considerando o exposto, este trabalho teve por objetivo obter informações que possam auxiliar no conhecimento das relações existentes entre o déficit hídrico, expresso como potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}), a dormência dos botões florais e a abertura floral do cafeeiro, com vistas a concentrar as floradas.

Material e Métodos

Características da área experimental

O presente trabalho foi desenvolvido na fazenda Laje, uma das áreas de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada implantada pela Universidade Federal de Viçosa em parceria com produtores da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, localizada a 15 km do centro do município de Viçosa, a uma latitude 20° 75' S, longitude 42° 88' W e altitude média de 648 m.

O trabalho foi desenvolvido de junho de 2000 a maio 2001, em uma área experimental de 0,3 ha, de topografia acidentada, típica da região de Viçosa, MG.

O sistema de irrigação é do tipo localizado, composto por tubogotejador, com dimensões de 16 mm de diâmetro, espessura de parede 200 μ m, com emissores do tipo labirinto inseridos ao tubo, espaçados de 0,33 m, com vazão de 4,5 L/m/h, a uma pressão equivalente 68,6 kPa.

O cabeçal de controle é constituído de um sistema de filtragem com dois filtros de disco: um de 180 e o outro de 200 mesh, instalados nessa seqüência: válvulas de controle, manômetro de glicerina e conjunto de aplicação de fertilizantes, composto por um reservatório de 350 L e um injetor tipo Venturi, com capacidade de injeção 90 L/h.

As análises físico-hídricas e química do solo da área experimental foram realizadas nos laboratórios da UFV. Sua classificação textural é argilosa, com 31% e 20%, 2% (em peso) de valores médios de capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente, e densidade aparente média igual a 1,32 g/cm³. A análise química indicou boa disponibilidade de nutrientes no solo e serviu de base para todo o programa de adubação da cultura.

O manejo da irrigação

A irrigação foi controlada por meio do balanço de água no solo, seguindo o programa computacional SISDA 3, considerando as características físico-hídricas do solo, as características fenológicas da cultura e os dados climáticos da região. Considerou-se o fator de disponibilidade de água no solo igual a 50% na profundidade radicular de 0,6 m. O valor do kc utilizado, igual a 0,9, para cálculo da ETc foi obtido na literatura (Gutiérrez e Meinzer, 1994) e os valores de ks e kl para correção da ETo, para irrigação localizada, foram obtidos mediante o uso do método logarítmico e modelo Keller, respectivamente.

Tratamentos experimentais

Foram implantados seis tratamentos, cada um contendo um total de 50 plantas, das quais foram demarcadas oito, ao acaso, para serem avaliadas. Os

tratamentos implantados foram:

- Tratamento D₁: não-irrigado.
- Tratamento D₂: irrigado sem interrupção.
- Tratamento D₃: irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês de junho.
- Tratamento D₄: irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de junho e julho.
- Tratamento D₅: irrigado com interrupção da irrigação por 30 dias, no mês de julho.
- Tratamento D₆: irrigado com interrupção da irrigação por 60 dias, nos meses de julho e agosto.

Avaliação das floradas

Das oito plantas demarcadas previamente, foram escolhidos, aleatoriamente, dois ramos plagiotrópicos do terço médio superior de cada planta, ramos nos quais foram feitas as contagens dos números de flores obtidos. Definiu-se o estágio E5 (Figura 1) como indicador da contagem do número de flores em cada florada. Nesses mesmos ramos, foi feito um estudo do pegamento final dos frutos, por meio de sua contagem quando eles se encontravam na fase final de maturação.

Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) foi medido com uma bomba de pressão de Schöander, no final do período de déficit, antes da abertura dos estômatos, entre as 6 e as 7 horas da manhã. Foram avaliadas seis plantas por tratamento e três folhas por planta, obtidas dos terços inferior, médio e superior. O Ψ_{am} médio por planta foi obtido pela média dos valores das três folhas; para o tratamento trabalhou-se com a média dos valores do Ψ_{am} das oito plantas.

Estádio	Aspecto	Características
E1		Inchamento dos entrenós com presença de estípulas.
E2		Tamanho: 2 mm. Botão floral indiferenciado de cor verde, coberto por estípulas, e presença de mucilagem cor âmbar.

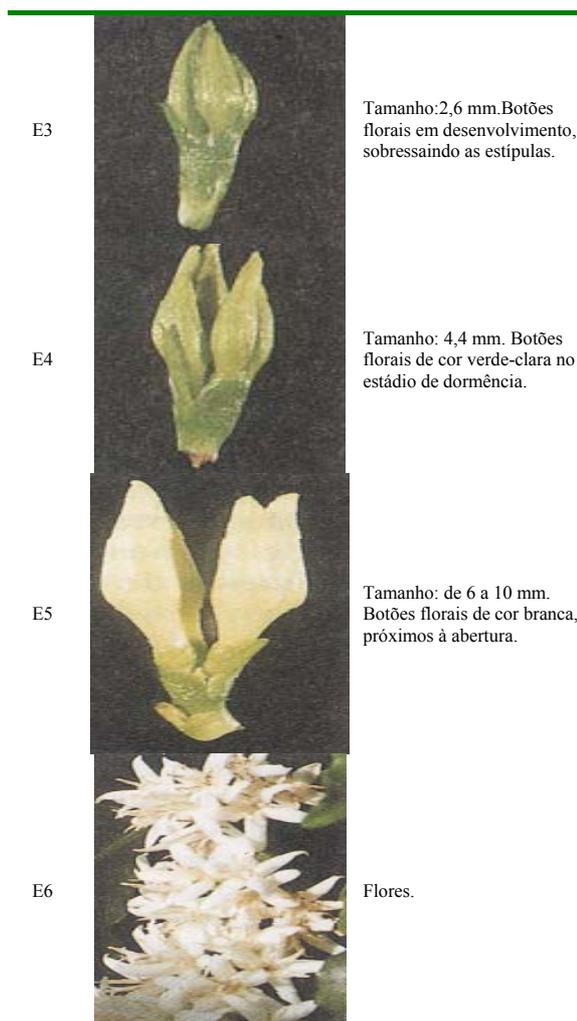


Figura 1. Estádios de desenvolvimento do botão floral do cafeeiro. Fonte: Womer e Guituanja (1970), citados por Camayo e Arcica (1996).

Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados climáticos utilizados para o estudo dos efeitos das variáveis climáticas sobre o desenvolvimento do botão floral foram obtidos com o uso de uma estação meteorológica automática, marca Micrometos, instalada no local, que fornece dados horários de temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar, precipitação e horas de brilho solar. O déficit de pressão de vapor foi determinado por meio da metodologia descrita por Smith (1991), conforme a equação 1:

$$DPV = e_a - e_d = \frac{e_a(T_{max}) + e_a(T_{min})}{2} - e_d \quad (1)$$

em que:

DPV = déficit de pressão de vapor [kPa];

$e_a(T_{max})$ = pressão de vapor de saturação à T_{max} [kPa];

$e_a(T_{min})$ = pressão de vapor de saturação à T_{min} [kPa];

e_d = pressão parcial de vapor [kPa] e
 e_a = pressão de vapor saturação[kPa].

Resultados e discussão

Efeito do déficit hídrico sobre a quebra da dormência na floração do cafeeiro

A imposição dos déficits hídricos pela supressão da irrigação foi feita de 1º de junho a 30 de agosto de 2000. Durante esse período, ocorreram várias chuvas (Figura 2), porém de baixas pluviosidades, exceto duas de 30 mm, que, no entanto, não tiveram nenhum efeito sobre a quebra da dormência dos botões florais, provavelmente porque estes não tinham ainda atingido o estágio 4 de desenvolvimento (Figura 1), descrito por Crisosto *et al.* (1992) quando apresentam condições fisiológicas para que ocorra a quebra da dormência. Para todos os tratamentos, o estágio 4 ocorreu entre 28 e 29 agosto, levando à primeira florada.

Observa-se, na Tabela 1, que, em 3 de julho os tratamentos D1, D3 e D4, que passaram por déficit hídrico por 30 dias no mês de junho, apresentaram Ψ_{am} de -0,8 MPa e δ de 24,2 mm, enquanto os tratamentos D2, D5 e D6, que vinham recebendo irrigações normalmente, apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm, com umidade do solo próxima da CC (31%). Esses valores dos déficits hídricos e a variação da umidade do solo devida à aplicação de irrigação e à ocorrência de chuvas, para os tratamentos D1, D2, D3, D4, D5 e D6, podem ser mais bem observados nas Figuras de 3 a 8, respectivamente.

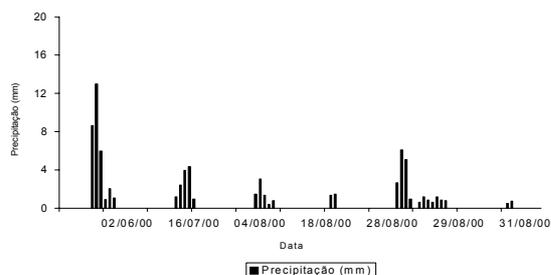


Figura 2. Valores de distribuição das chuvas durante a condução do experimento.

Tabela 1. Valores de potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) e déficit de água no solo, em mm (δ).

Tratamentos	Data					
	3/7/2000		3/8/2000		28/8/2000	
	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)	Ψ_{am} (Mpa)	δ (mm)
Não-irrigado	-0,8	22,4	-1,2	25,5	-1,8	35,1
Irrigado Permanente	-0,2	0,0	-0,2	0,0	-0,2	0,0
Déficit por 30 dias (junho)	-0,8	24,2	-0,2	0,0	-0,2	0,0
Déficit por 60 dias (junho/ julho)	-0,8	24,2	-1,2	24,8	-0,2	0,0
Déficit por 30 dias (julho)	-0,2	0,0	-0,7	15,0	-0,2	0,0

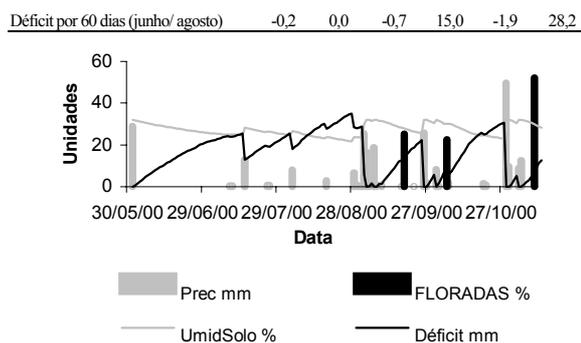


Figura 3. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento não-irrigado.

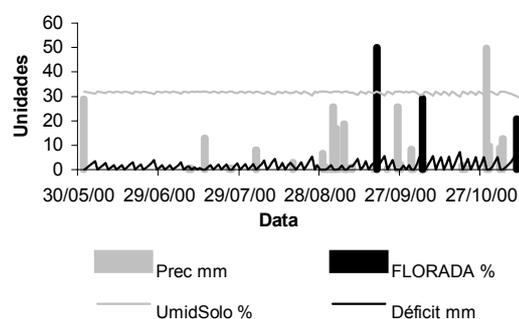


Figura 4. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento irrigado plenamente.

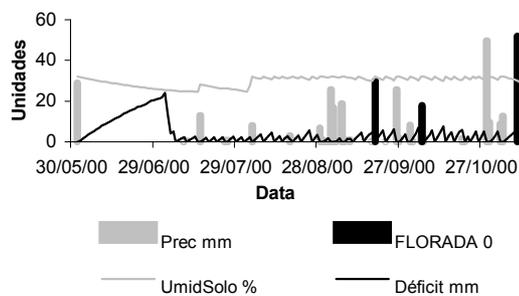


Figura 5. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (junho).

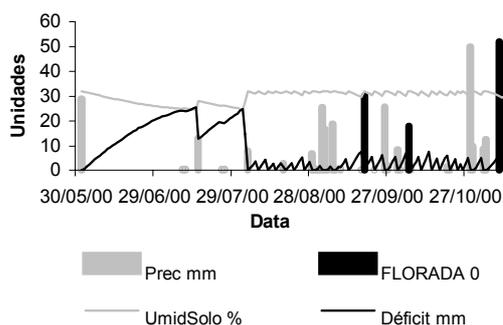


Figura 6. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (junho/julho).

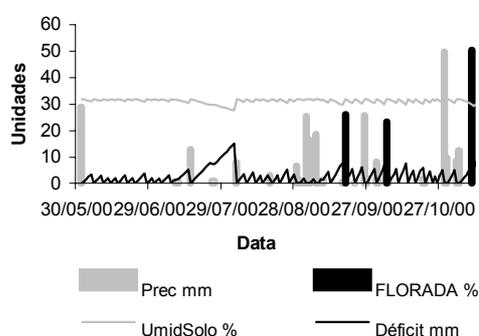


Figura 7. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 30 dias (julho).

A volta da irrigação para o tratamento D3 não causou qualquer floração, uma vez que os botões florais, em todos os tratamentos, encontravam-se entre os estádios 2 e 3 (Figura 1) que não eram, ainda, sensíveis ao déficit hídrico (Crisosto *et al.*, 1992).

Em 3 de agosto, os tratamentos D2 e D3 apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm com umidade do solo próxima a CC, os tratamentos D5 e D6 tinham Ψ_{am} -0,7 MPa e δ de 15 mm, os tratamentos D1 e D4 apresentaram, após esse período, valores Ψ_{am} -1,2 MPa e δ de 24,8 mm.

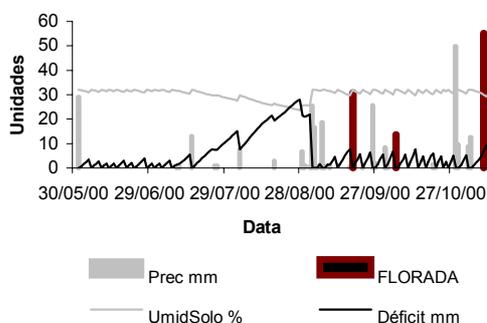


Figura 8. Valores de precipitação, déficit de água no solo, umidade do solo e porcentagem de flores emitidas para o tratamento déficit por 60 dias (julho/agosto).

Em 28 de agosto, os tratamentos D2, D3, D4 e D5 apresentaram Ψ_{am} de -0,2 MPa e δ de 0 mm, com umidade do solo próxima à CC, enquanto os tratamentos D1 e D6 de -1,8 e -1,9 MPa, respectivamente, correspondentes a δ de 35,1 e 28,4 mm. Uma avaliação dos estádios de desenvolvimento dos botões florais mostrou grande desuniformidade, tendo sido encontrados botões nos estádios 2, 3 e 4, em todos os tratamentos. Observa-se que os valores de Ψ_{am} para os tratamentos D1 e D6 foram praticamente iguais, apesar de o tratamento D1 não ter recebido nenhuma irrigação, demonstrando não ser necessária a aplicação de déficit no mês de junho para que se atinja Ψ_{am} suficientes para quebra da dormência.

Alguns autores, como Magalhães e Angelocci (1976) e Astegiano (1984), afirmam que o Ψ_{am} de -1,2 MPa é suficiente para quebrar a dormência dos botões florais de caféeiros quando estes se encontram no estágio 4, mesmo sob irrigação localizada. Em 3 de agosto, quando se encerrou o período de déficit no tratamento D4, as plantas apresentaram Ψ_{am} de -1,2 MPa. Com a volta da irrigação elevando a umidade do solo à CC, observou-se que não houve floração porque os botões florais ainda se encontravam nos estádios 2 e 3 (Figura 1).

O reinício das irrigações no tratamento D6 coincidiu com o início das chuvas de maior intensidade nos dias 28, 29 e 30 de agosto, totalizando 50 mm, o que proporcionou a abertura floral 13 dias depois das precipitações, correspondente aos botões que estavam no estágio 4 na época das chuvas.

Aparentemente, os déficits foram aplicados em época errada, quando a maior parte dos botões florais não estava ainda suscetível (Estádio 4) à quebra do déficit hídrico, quer aplicado via irrigação ou precipitação. Se tivesse havido uma melhor adequação do déficit com o desenvolvimento dos botões florais, sendo este aplicado quando a maior parte dos botões florais se encontrasse no estágio 4, certamente seria observada uma maior uniformidade entre as floradas.

Entre os dias 1^o e 27/9/2000 não houve ocorrência de precipitações, mas foi quando os botões florais apresentaram desenvolvimento com mudanças de estádios entre 2, 3 e 4, com maior concentração nos dois últimos estádios. No dia 27/9, com a ocorrência de uma precipitação de 28 mm, observou-se a quebra da dormência dos botões florais que se encontravam no estágio 4; dez dias após ocorreu a abertura floral para todos os tratamentos.

O tratamento não-irrigado atingiu um δ igual a 30,6 mm, em 29/10/2001, quando ocorreu uma precipitação de 50 mm, que induziu à florada em todos os tratamentos dez dias depois. Na Tabela 2 estão as datas das floradas, com uma análise

estatística e a porcentagem de flores emitidas para os devidos tratamentos.

Observaram-se três floradas, sendo estas nas mesmas datas para todos os tratamentos. Com exceção do tratamento D2, que emitiu maior número de flores na primeira florada (50%), nos outros tratamentos a maior concentração das flores ocorreu na última florada, apresentando uma média percentual de 60,1%. O espaçamento entre a primeira e a última florada foi de 60 dias cada, o que, em termos de maturação, causa uma desuniformidade muito grande. Observou-se que, enquanto alguns frutos estavam maduros (estádio de cereja), outros ainda estavam no estágio de enchimento de grãos, dificultando a colheita.

Tabela 2. Número médio de botões emitidos por tratamentos em três floradas.

Tratamentos	1ª Florada (9/9/2001)		2ª Florada (5/10/2001)		3ª Florada (9/11/2001)	
	Médias	%	Médias	%	Médias	%
Não irrigado	34,9 A	25,2	31,5 A	22,7	72,3 A	52,1
Irrigado Permanente	60,5 A	50,0	35,4 A	29,3	25,1 B	20,7
Déficit por 30 dias (junho)	42,2 A	33,7	21,0 A	16,8	62,0 A B	49,5
Déficit por 60 dias (junho/ julho)	32,7 A	30,1	19,6 A	18,0	56,4 A B	51,9
Déficit por 30 dias (julho)	34,7 A	26,3	30,9 A	23,4	66,5 A B	50,3
Déficit por 60 dias (junho/ agosto)	43,6 A	30,9	19,4 A	13,8	78,2 A B	55,4
Média	41,5	32,6	26,3	20,5	60,1	46,9

Os valores seguidos pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Como não houve diferença entre os tratamentos quanto à época e ao número de floradas, cabe fazer uma análise quanto ao pegamento das flores. Para isso, foi feita a contagem do número de frutos colhidos, para verificar os efeitos do déficit hídrico na produtividade. Na Tabela 3 estão o número médio de flores emitidas por ramo e o número final de frutos colhidos.

Não foi observada diferença estatística, entre todos os tratamentos para o número de flores emitidas; para o número de frutos colhidos apenas o tratamento não-irrigado (D1) apresentou diferenças significativas em relação aos demais tratamentos.

Tabela 3. Número médio de botões emitidos, média de frutos colhidos por ramo e porcentagem de pegamento de frutos.

Tratamento	Números de Flores Emitidas	Número de Frutos Colhidos	Pegamento (%)
Não-irrigado	121,1 A	38 B	31,37
Irrigado Permanente	138,8 A	77 A	55,48
Déficit por 30 dias (junho)	125,3 A	60 A	47,90
Déficit por 60 dias (junho/ julho)	108,8 A	57 A	52,38
Déficit por 30 dias (julho)	132,1 A	67 A	50,71
Déficit por 60 dias (junho/ agosto)	141,3 A	75 A	53,10
Média	127,9	62,33	48,7

Os valores seguidos pela mesma letra não diferenciam entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A relação percentual entre flores emitidas e frutos colhidos, para os tratamentos que receberam déficits controlados, variou de 47,9% a 55,48%, sendo em média de 51,9%, valor considerado satisfatório e próximo ao valor de 50% encontrado por Reis e

Arruda (1956) na região de Campinas. No tratamento D2, que não recebeu irrigação em momento algum, a água influenciou a formação e o pegamento das flores e, conseqüentemente, a produtividade do cafeeiro. Um acompanhamento do desenvolvimento do botão floral em nível de estádios e uma aplicação do déficit hídrico no momento certo poderão afetar de maneira significativa o pegamento floral, elevando, assim, a produtividade.

Efeito da queda de temperatura e do déficit de pressão de vapor sobre a retomada do crescimento do botão e a antese

Após o reinício das irrigações, não foram observados, para todos os tratamentos, efeitos da irrigação tanto no retorno do crescimento dos botões florais. No entanto, a ocorrência de uma chuva desencadeou o crescimento dos botões florais, visto que 13 dias após a sua ocorrência todos os tratamentos floriram. A influência da chuva provavelmente se deve à redução da temperatura (Figura 9), conforme sugerem vários autores (Mes, 1957b; Browning, 1977; Rena e Maestri, 1986).

Essa queda de temperatura não ocorre quando se trabalha com irrigação localizada, na qual a água é aplicada diretamente na superfície do solo e, possivelmente, não aconteceria sob irrigação por aspersão, que provavelmente acarretaria alterações em microclima somente na área irrigada; porém, dependendo do tempo de aplicação de água por aspersão, possivelmente ocorreria a quebra da dormência dos botões florais.

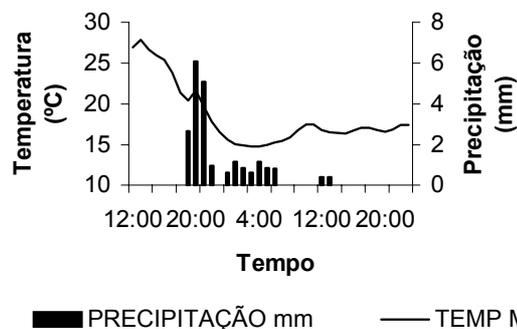


Figura 9. Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a primeira florada (9/9/2001).

Assim como na primeira florada, a segunda só ocorreu depois de um período de 28 dias sem chuvas, após o qual houve a ocorrência de chuvas que promoveram a queda da temperatura (Figura 10). Foi observada também a quebra da dormência dos botões florais, que após dez dias entraram em antese. O mesmo foi observado na terceira florada (Figura 11), quando a chuva e, conseqüentemente, a queda da temperatura causaram o crescimento dos botões florais e a antese após dez dias.

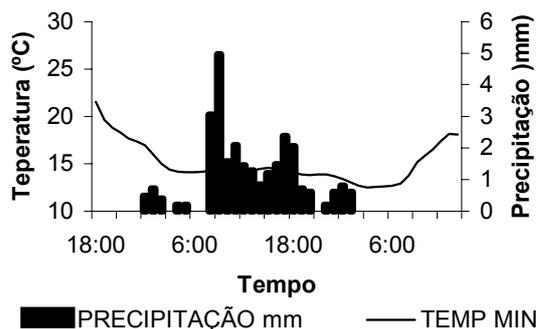


Figura 10. Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a segunda florada (5/10/2000).

Assim, é provável que a queda rápida de temperatura tenha sido a responsável pela quebra da dormência, mesmo quando as plantas não foram sujeitas a um déficit hídrico, a chuvas abundantes ou a irrigações, após um longo período de seca. No entanto, Rena e Maestri (1986) relataram que alguns estudos com ramos cortados que foram imersos em água mostraram efeitos contrários ao hipotético efeito da baixa temperatura, como o de MES (1957b), que, submergindo ramos em água, à temperatura ambiente de 30°C dia/24°C noite e a 23°C dia/17°C noite, verificou florescimento igual.

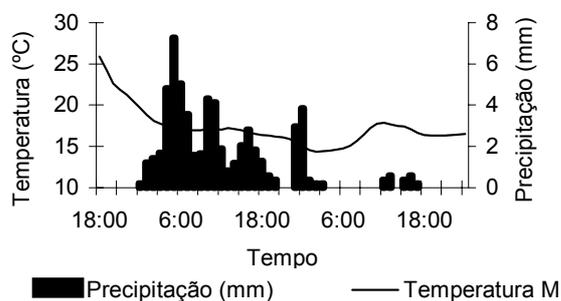


Figura 11. Variações de temperatura durante as precipitações que desencadearam a terceira florada (9/11/2001).

O início das precipitações geralmente está relacionado à chegada de frentes frias e, conseqüentemente, quedas de temperatura, aumentando também a umidade relativa, a qual por sua vez, provoca queda no déficit de pressão de vapor (DPV).

O efeito do DPV sobre a dormência dos botões florais não tem sido muito estudado. Aparentemente, existe uma relação entre essa variável climática e outras variáveis, como temperatura e precipitação.

Na Figura 12 estão apresentadas as curvas de variação do DPV e de precipitação ocorridas ao longo do experimento. Observa-se que a ocorrência de precipitações sempre ocasionou uma queda no DPV, porém só foram observadas alterações no desenvolvimento dos botões florais quando a queda do DPV foi acompanhada por queda de temperatura. A

precipitação ocorrida no dia 28 de agosto induziu à quebra da dormência dos botões florais, que entraram em antese 13 dias após, para todos os tratamentos, independentemente do potencial hídrico das folhas. Observa-se que houve uma queda na temperatura juntamente com o déficit de pressão de vapor. Esse fato também foi observado na ocorrência da quebra de dormência, que induziu a duas próximas floradas, evidenciando um sinergismo entre temperatura, déficit de pressão de vapor e precipitação sobre a quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro.

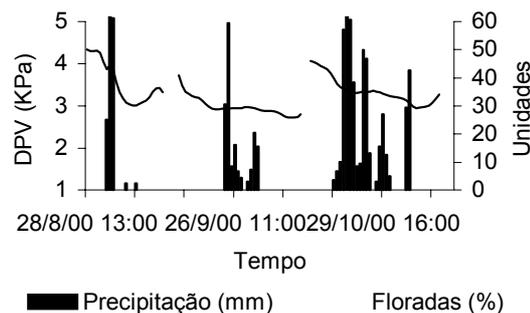


Figura 12. Variações do déficit pressão vapor durante as precipitações que desencadearam as três floradas (9/9, 5/10 e 9/11/2001).

Diante dos resultados obtidos, parece evidente que só com estudos mais aprofundados sobre o efeito do déficit hídrico aliados a fatores climáticos, como precipitações, temperatura e déficit de pressão de vapor chegar-se-á a dados mais confiáveis sobre o desenvolvimento do botão floral do cafeeiro, os quais só poderão ser obtidos estudando o efeito de cada fator climático isoladamente e, posteriormente, fazendo associações entre estes. A adequação da aplicação do déficit hídrico aos estádios de desenvolvimento do botão floral pode vir a ser o fato crucial para obtenção de floradas uniformes, sem afetar a produtividade do cafeeiro.

Conclusão

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. Não houve quebra da dormência dos botões florais devido ao déficit hídrico imposto e à posterior irrigação, mesmo quando ψ_{am} alcançou -0,8 MPa, após 30 dias de déficit, e -1,2 e -1,9 MPa, após 63 e 90 dias, respectivamente.

2. A quebra da dormência dos botões florais só ocorreu quando estes se encontravam no estágio de desenvolvimento 4, definido por Crisosto *et al.* (1992).

3. A quebra da dormência dos botões florais ocorreu, em todos os tratamentos, após a ocorrência de precipitações acompanhadas de queda brusca de temperatura, mesmo nos tratamentos com ψ_{am} de -0,2

MPa.

4. Aparentemente, existe um sinergismo entre os fatores climáticos, como precipitações, temperatura e déficit de vapor, agindo sobre o desenvolvimento do botão floral, o que leva à antese quando estes se encontram no estágio 4.

Referências

- ALVIM, P.T. Factors affecting flowering of coffee. In: Genes Enzymes and Population. New York: Plenum, SBR, A M. 1973. p.193-202.
- ASTEGIANO, E.D. *Movimentação de água e quebra de dormência dos botões florais de café*. 1984. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- BARROS, R.B. *et al.* Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. "Bourbon Amarelo"). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 20, n.107, p. 44-52, 1973.
- BARROS, R.S. *et al.* *The physiology of flowering in coffee*. A review. *Journal of Coffee Research*, v. 8, p. 29-73, 1978.
- BROWING, G. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: LANDSBERG, J.J.; CUTTING, C.V. (Ed.). *Environmental effects on crop physiology*. New York: Academic Press. p.321- 331, 1977.
- CAMAYO, V.G.C.; ARCILA, P.J. Estudio anatómico e morfológico de la diferenciación e desarrollo de las flores del caféto *Coffea arábica* L. variedad Colombia. *Canicafé*, Bogota, v. 47, n. 3, p.121-139,1996.
- CRISOSTO, C.H. *et al.* Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Physiol.*, Victoria, v.10, p.127-139, 1992.
- FRANCO, C.M. *Fisiologia do cafeeiro*. Campinas: Secretaria da Agricultura, Centro de Treinamento. 1962.
- GUTIÉRREZ, M.V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. *J. Am. Soc. Horticu. Sci.*, Athens, v. 119, n. 3, p. 652-657, 1994.
- HAARER, A.E. *Modern coffee production*. London: Leonard Hill, 1962.
- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. *Kenia Coffee*, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.
- MAGALHÃES, A.C.; ANGELOCCI, L.L. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. *J. Horti. Sci.*, London, v. 51, p. 419-423, 1976.
- MANTOVANI, E.C. Fertirrigação em café. In: *Cafeicultura Irrigada*. Belo Horizonte, 2000 p. 45-50.
- MES, M. G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. Breaking the dormancy of coffee flower buds. *Portugaliae Acta Biológica* (Sér. A), Lisboa, v.4, p.328-41, 1956. 57a.
- MES, M.G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. *Portugaliae Acta Biológica* (Sér. A), Lisboa, v. 4, p. 328-341, 1956/57b.
- RAYNER, R.W. Growth and bearing habits of *Coffea arabica* L in Kênya and in Southern India. *East African. Agri. Florest. J.*, Nairobi, v. 11, p. 251-245, 1946.
- REIS, A.J.; ARRUDA, H.V. Frutificação do cafeeiro. *Bragantia*, Campinas, v.5, p.93-98, 1956.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A.B. *et al.* (Ed.). *Cultura do cafeeiro-Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-106.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. *Relações hídricas no cafeeiro*. In: ITEM. *Irrigação e Tecnologia Moderna*. Belo Horizonte, 2000, p.64-73.
- SMITH, M. (Ed.). *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements*. Rome: FAO, 1991.
- TROJER, T. *The phenological equator for coffee planting in Colombia*. In: Read Symposium on Agroclimatological Methods, Paris: Unesco 1968. p.107-113.

Received on August 19, 2004.

Accepted on January 28, 2005.