

**ESTUDO DE ALGUNS EVENTOS DO
FLORESCIMENTO DO CAFEIRO
RELACIONADOS A FATORES DO
AMBIENTE**

MARILZA NEVES DO NASCIMENTO

2006

MARILZA NEVES DO NASCIMENTO

**ESTUDO DE ALGUNS EVENTOS DO FLORESCIMENTO DO
CAFEIEIRO RELACIONADOS A FATORES DO AMBIENTE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração
em Fisiologia Vegetal, para a
obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Ângela Maria Soares

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos
Técnicos da Biblioteca Central da UFLA**

Nascimento, Marilza Neves do

Estudo de alguns eventos do florescimento do cafeeiros relacionado a fatores do ambiente / Marilza Neves do Nascimento. -- Lavras : UFLA, 2006.

33 p. : il.

Orientadora: Ângela Maria Soares.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Morfologia de gema. 2. Ácido abscísico. 3. Prolina. 4. Estresse hídrico. 5. Indução floral. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7387

MARILZA NEVES DO NASCIMENTO

**ESTUDO DE ALGUNS EVENTOS DO FLORESCIMENTO DO
CAFEIRO RELACIONADOS A FATORES DO AMBIENTE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de
concentração em Fisiologia
Vegetal, para a obtenção do
título de "Mestre".

APROVADA em 25 de agosto de 2006.

Prof. Dr. José Donizeti Alves **UFLA**

Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga **UFLA**

Dr. Fátima Conceição Rezende **UFLA**

Profª. Dra. Ângela Maria Soares

UFLA

(Orientador)

Aos meus pais, Robson e Ana Luiza,

DEDICO

A Deus, pela força e serenidade nos momentos mais difíceis,
Aos meus irmãos,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por capacitar-me em todos os momentos da condução deste trabalho e me conduzir até este ponto da minha vida.

Aos meus familiares, principalmente meu pai, Hilário, minha mãe, Mercedes e meus irmãos, pelo apoio e carinho constantes. Ao meu marido, Robson e minha filha, Ana Luiza que, nas horas mais difíceis, estavam sempre ao meu lado, me trazendo muita alegria. A Fátima e ao Eustáquio, pela ajuda e carinho.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Setor de Fisiologia Vegetal, pela oportunidade e pelos conhecimentos proporcionados.

A Profa. Ângela Maria Soares, pela orientação, amizade e apoio.

Ao Departamento de Engenharia, pela área cedida para o experimento.

Aos Departamentos de Química e de Fitopatologia, que disponibilizaram espaço para a realização das análises.

A todos os professores da UFLA que, de forma direta ou indireta contribuíram para a minha formação acadêmica.

A toda equipe do Laboratório de Ecofisiologia, pela amizade e contribuição para a realização do trabalho: João Paulo, Gustavo, Fernando, Tereza, João Peterson e ao bolsista de iniciação científica, Guilherme.

Ao Pesquisador Marcelo Murad, pela amizade e por ter colaborado muito com o trabalho. A Girlene, pela ajuda em uma parte do trabalho.

Aos servidores Tanhã, Lena, Evaristo, Izonel, Joel e Odorêncio, pela ajuda.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa.

Aos amigos da Fisiologia que sempre me deram apoio e estímulo, principalmente: Patrícia, Daniela, Fernanda Grisi e Larissa.

As minhas amigas, Francine, Livia, Perla e Jankerle, pelo companheirismo.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para que fosse possível a realização deste sonho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 Introdução.....	1
2 Referencial teórico.....	3
2.1 Alguns aspectos do florescimento em cafeeiros.....	3
2.2 Síntese de ácido abscísico e prolina em resposta à disponibilidade hídrica.....	7
3 Material e métodos.....	10
3.1 Caracterização da área experimental.....	10
3.2 Características avaliadas.....	11
3.2.1 Anatomia de gemas.....	11
3.2.2 Potencial hídrico.....	11
3.2.3 Teor de prolina.....	12
3.2.4 Teor de ácido abscísico.....	13
3.5 Delineamento experimental.....	14
4 Resultados e Discussão.....	15
4.1 Anatomia de gemas.....	15
4.2 Potencial hídrico.....	18
4.3 Teor de prolina.....	21
4.4 Teor de ácido abscísico.....	23
5 Conclusões.....	27
6 Referências bibliográficas.....	28

RESUMO

NASCIMENTO, Marilza Neves. **Estudo de alguns eventos do florescimento do cafeeiro relacionados a fatores do ambiente**. 2006. 60p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O florescimento do cafeeiro envolve diversos fatores, tanto da própria planta como do ambiente. Uma maior compreensão das interações entre esses fatores pode contribuir para o desenvolvimento de práticas de manejo mais adequadas, principalmente em relação à irrigação. Tais práticas podem vir a promover uma uniformização da floração, conseqüentemente uniformização da maturação dos frutos, minimizando os custos de produção. Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo observar alterações morfológicas da gema, e relacioná-las com fatores do ambiente. Objetivou-se também associar a síntese de prolina e de ácido abscísico em diferentes fases do florescimento de cafeeiros irrigados e não irrigados. Foram feitas análises, por meio de técnicas de microscopia eletrônica de varredura, em gemas de ramos plagiotrópicos de primeira ordem, coletadas semanalmente durante o período de novembro/04 a fevereiro/05. No período de julho a setembro de 2005, foram realizadas avaliações em plantas irrigadas e não irrigadas, de potencial hídrico foliar antes do amanhecer e teor de prolina, em folhas totalmente expandidas, posicionadas em ramos do terço superior da copa. Foi também avaliado o teor de ácido abscísico na seiva do xilema e nas gemas florais. Os resultados obtidos mostram modificações na estrutura das gemas, coletadas em dezembro, sendo essas alterações associadas a um período de déficit hídrico seguido de precipitação e, conseqüentemente, uma menor amplitude térmica. Foram observadas diferenças no potencial hídrico entre os tratamentos hídricos. Os potenciais hídricos variaram entre $-0,3$ e $-0,8$ MPa, para as plantas irrigadas, e $-0,6$ e $-1,5$ MPa, para as plantas não irrigadas. Os maiores valores de teores de prolina e de ABA foram observados em períodos de menor oferta de precipitação, no entanto, não foi verificada uma relação direta entre a síntese destes compostos e as fases do florescimento avaliadas.

¹ **Comitê Orientador:** Dra. Ângela Maria Soares – UFLA. (Orientadora), Dr. José Donizeti Alves – UFLA. (Co-orientador).

ABSTRACT

NASCIMENTO, Marilza Neves. **Study of some coffee tree flowering events related to environmental factors.** 2006. 60p. Dissertation (Master in Plant Physiology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil.

The coffee tree flowering involves several events related with the factors of plant and environmental characteristics. A better comprehension on the flowering events and the relations among those factors can improve the knowledge in cropping practices, mainly in irrigation techniques, aiming to promote the homogeneity on the flowering and, consequently, on the maturation of the fruits in order to minimize costs. Based in these facts this paper aimed to associate environmental factors with morphological alterations on the flower buds of coffee trees as well as connect proline and abscisic acid synthesis with the diverse flowering events of irrigated and non-irrigated coffee. Scanning electron microscopy analyses had been performed in buds collected every week from november/04 to february/05 in plagiotropic shoots. Predawn leaf water potential and proline content analyzes were performed from july to september/05 using mature leaves from plagiotropic shoots of the higher third of irrigated and non-irrigated trees. The abscisic acid content was evaluated on the xylem sap and on flower buds. The results showed modifications in the bud structure in december what could be correlated with a period of water deficit followed by precipitation and also a lower thermal amplitude. Differences in the leaf water potential could be observed among the irrigation treatments with values around $-0,3$ and $-0,8$ MPa for irrigated plants and $-0,6$ and $-1,5$ MPa for non-irrigated plants. The highest values of proline and abscisic acid content were observed in dryer periods, nevertheless it was not verified a direct relation between flowering phases and the biosynthesis of these compounds in coffee tree.

¹ **Guidance Committee:** Dra. Ângela Maria Soares – UFLA (Adviser),
Dr. José Donizeti Alves – UFLA (Co-Adviser).

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio mundial do café abrange, anualmente, recursos que chegam a 91 bilhões de dólares e envolve, aproximadamente, 8% da população mundial. O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de café, com 31% da produção, em torno de 33 milhões de sacas de café e também como maior exportador, exportando 22 milhões de sacas, ou seja, 67% da produção interna (Bradesco, 2006). Assim, o café tem um papel importante para a economia brasileira, seja pela sua participação na receita cambial, pela transferência de renda aos outros setores da economia, pela contribuição à formação de capital no setor agrícola do país, ou pela expressiva capacidade de absorção de mão-de-obra.

Um ponto de interesse em pesquisas com a cultura do cafeeiro refere à heterogeneidade e à complexidade dos fenômenos envolvidos no florescimento. Este envolve tanto fatores internos da planta como balanço hormonal, idade da planta e também fatores externos, como temperatura, radiação, fotoperíodo e recursos hídricos. Entretanto, são ainda escassas as informações sobre como esses fatores atuam na formação das gemas florais.

Geralmente, associa-se ao florescimento do cafeeiro a necessidade de um déficit hídrico para a quebra de dormência do botão floral e, assim, iniciar a antese, contribuindo para uma florada mais homogênea. Alguns estudos mostram uma relação entre a florada principal e um período de estresse hídrico e ou uma queda de temperaturas, seguidas de suprimento de água via precipitação ou irrigação.

O déficit hídrico pode alterar o metabolismo das plantas de diferentes maneiras. Dentre elas, podemos citar o mecanismo de ajustamento osmótico, que é caracterizado pela manutenção da turgescência celular, em baixos potenciais hídricos. A prolina é um dos compostos envolvidos nesse mecanismo

que mais se correlaciona com o déficit hídrico em cafeeiros. É observado também, em condição de deficiência hídrica, um aumento da síntese do ácido abscísico (ABA) nas raízes, que é posteriormente transportado para a parte aérea, via xilema, após precipitação ou irrigação.

O conhecimento de aspectos do florescimento, associado às condições hídricas do ambiente e da planta, pode contribuir para o desenvolvimento de técnicas de manejo, particularmente para a cultura irrigada. Um manejo mais adequado e racional da irrigação pode promover uma uniformização da floração e, como consequência, uma maturação mais homogênea dos frutos, minimizando assim, os custos de produção e agregando maior valor à qualidade da bebida. Uma maior compreensão do florescimento poderá também auxiliar em pesquisas relativas a estimativas de safra, além de direcionar programas de melhoramento genético do cafeeiro.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo observar alterações morfológicas de gemas e relacioná-las com fatores do ambiente. Objetivou-se também avaliar a síntese de prolina e de ácido abscísico, em diferentes fases do florescimento de cafeeiros irrigados e não irrigados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alguns aspectos do florescimento em cafeeiros

Segundo Bernier et al. (1981), na maioria dos meristemas vegetativos observa-se uma zonação cito-histológica complexa, onde são reconhecidas três regiões distintas: zona central (axial), zona periférica e zona do “pith-rib”. A zona central é constituída de células grandes, localizadas no centro da túnica e do corpo, com vacúolos grandes e pequenos nucléolos, que podem ser coradas levemente com reagentes para RNA ou proteína. Em torno da zona central encontra-se a zona periférica, na qual as células são pequenas, com vacúolos pequenos e grandes nucléolos. Abaixo da zona central encontra-se a zona do “pith-rib”, caracterizada por uma camada de células aplainadas e vacuolizadas.

A floração nas plantas compreende uma seqüência de eventos morfofisiológicos que vão desde a indução floral até a antese, passando por fases intermediárias. Três eventos ocorrem durante a transição da gema vegetativa para a reprodutiva; indução, evocação e iniciação, que envolvem interações entre sinais internos e externos (Krajewski & Rabe, 1995). Nesta fase, observa-se um aumento da atividade mitótica entre a zona central e o “pith-rib”, dando origem a células pequenas (Bernier, 1988).

A indução floral é definida como um evento que ativa processos que permitem que a planta esteja apta para o florescimento, por meio da transcrição e da expressão de genes, que ocorrem antes da iniciação (Bernier et al., 1981). Krajewski & Rabe (1995) referem-se à indução como uma condição fisiológica iniciada nos tecidos, em resposta às características do ambiente, sobretudo ao fotoperíodo.

A evocação é descrita como processos biológicos e bioquímicos essenciais para a formação de primórdio floral, que acontecem no ápice. Na fase de iniciação, a gema “evocada” fica reconhecível como uma gema floral. Isto é

evidente com a observação do alargamento e aplainamento do ponto crescente com lóbulos em desenvolvimento (Krajewski & Rabe, 1995).

Pouco se sabe sobre a indução e o processo de desenvolvimento de gemas reprodutivas em *Coffea arabica*. A maioria das informações disponíveis abrange as fases mais avançadas de desenvolvimento das gemas florais. Além disso, grande parte dos experimentos com cafeeiros raramente é desenvolvida em condições ambientais controladas (Majerowicz & Söndahl, 2005).

O processo de florescimento do cafeeiro é um fenômeno complexo, pois as gemas florais, após atingirem um tamanho definido, entram em repouso para posteriormente iniciar a antese (Gouveia, 1984). Esse processo é dividido em três fases: iniciação ou diferenciação floral, repouso ou quiescência e abertura floral (Camargo & Camargo, 2001; Pezzopane et al., 2003). 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 limita, portanto, a condução de experimentos que visam à compreensão das relações entre esses fatores e o florescimento (Kumar, 1979).

Os resultados de algumas pesquisas relacionadas à transição de gemas vegetativas para reprodutivas são ainda divergentes. Segundo Gouveia (1984), em janeiro, quando o fotoperíodo diminuiu, as gemas vegetativas axilares sob ação do fotoperíodo são induzidas em gemas reprodutivas. No entanto, no esquema de fases fenológicas, propostas por Camargo & Camargo (2001), é indicado que a indução das gemas vegetativas para gemas reprodutivas ocorre a partir de abril, ou seja, sob dias curtos. Majerowicz & Söndahl (2005) relatam que existem respostas diferentes para ramos de primeira e segunda produção e que, para a região de Campinas, SP, em ramos de primeira produção, a indução de gemas florais ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro, enquanto que a diferenciação das gemas florais só foi observada a partir dos meses de março e abril.

Coffea arabica L. é uma espécie tropical de floração gregária, isto é, todas as plantas, numa certa extensão geográfica, florescem simultaneamente, com surtos de floradas variáveis, desde poucos, nas regiões cafeeiras de latitudes médias, com época seca bem definida (Brasil), até vários ao longo do ano, em regiões equatoriais chuvosas (Colômbia) (Guimarães & Mendes, 1996). Assim, há interesse em desenvolver estudos que possam contribuir para uma floração mais uniforme a partir da compreensão da interação de fatores que afetam essa fase de desenvolvimento da planta. Essa uniformidade tem implicações diretas na uniformidade de maturação dos frutos de café, a qual, por sua vez, terá grande influência na qualidade final do produto.

A florada, em cafeeiros, é resultante do comportamento fenológico da cultura, bem como da interação de fatores ambientais, tais como suprimento de água (Moens, 1962; Cannel, 1972; Rena & Maestri, 1985; Camargo & Camargo, 2001; Soares et al., 2005), radiação solar (Moens, 1962), fotoperíodo (Cannel, 1972; Camargo & Franco, 1985) e temperaturas (Cannel, 1972; Browing, 1977; Iaffé et al., 2003; Barros & Maestri (1978). Há evidências de que baixas temperaturas e ou períodos de seca, durante o período de dormência das gemas florais, seja necessário para completar eventos fisiológicos e ou morfológicos, tornando assim as gemas florais prontas a responderem a estímulos externos (Barros & Maestri, 1978; Rena et al., 1994 ; Soares et al., 2005).

Rena & Maestri (1985) relatam que, para ocorrer uma florada principal, o cafeeiro precisa passar por um período de deficiência hídrica, seguido de chuva ou irrigação abundante. Drinnan & Menzel (1994) também observaram que cafeeiros que apresentaram potencial hídrico foliar menor que -2,5 MPa floresceram nove dias após a irrigação. Tais constatações sugerem que o florescimento é também condicionado por um sinal hidráulico. Crisosto et al. (1992) verificaram que a quebra de dormência dos botões florais ocorreu quando

o cafeeiro foi submetido a potenciais hídricos foliares de -0,8 MPa com posterior irrigação, e que esta prática foi muito importante para a sincronização da florada.

Magalhães & Angelocci (1976), ao avaliarem 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 igualava ou se tornava menor que o dos botões. Assim, esses 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 cause a abertura floral, em virtude de uma rápida turgescência dos botões florais.

Outros estudos também evidenciam que um decréscimo na temperatura promove a quebra de dormência das gemas florais. Segundo Browing (1977) rápidas reduções na temperatura, que normalmente acompanham as chuvas nos trópicos, podem desempenhar um papel relevante na quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro. O autor concluiu 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 à ocorrência de precipitação. Barros & Maestri (1978) também sugeriram que uma das condições que pode promover a abertura floral no cafeeiro é a queda rápida de temperatura, seguida por suprimento de água, tanto sob a forma de precipitação quanto de irrigação.

Diante do exposto, constata-se que há evidências de que o florescimento bem como o desenvolvimento de frutos do cafeeiro esteja associado às variações edafoclimáticas, principalmente no que refere às alterações no estado hídrico das plantas de café, particularmente nas proximidades das gemas florais. Entre os fatores do ambiente associados às variações do potencial hídrico incluem-se a

precipitação ou a irrigação após um período seco ou rápido decréscimo de temperatura do ar, que afetam reações biofísicas e ou bioquímicas e, assim, promoveriam a quebra de dormência das gemas, permitindo, sua abertura (Silva et al., 2001).

2.2 Síntese de ácido abscísico e prolina em resposta à disponibilidade hídrica

O efeito do déficit hídrico sobre a produção das culturas está vinculado ao período de ocorrência durante o desenvolvimento das plantas. De acordo com Chaves (1991), a extensão dos efeitos do déficit hídrico nas espécies vegetais, em geral, depende da sua intensidade, duração e do potencial genético das plantas em responder às mudanças do ambiente. Esses efeitos podem incluir, entre outros mecanismos, o ajustamento osmótico em algumas espécies, que é caracterizado pela manutenção da turgescência celular em baixos potenciais hídricos, verificados durante uma condição de baixa disponibilidade de água.

Em condição de deficiência hídrica observa-se também um aumento da concentração de ácido abscísico (ABA), composto que é sintetizado nas raízes e nas folhas, cuja síntese no sistema radicular é estimulada pela deficiência hídrica (Preez, 2001). Davies & Zhang (1991) relatam que o ABA pode desempenhar importante papel por meio de sinais químicos para a comunicação das raízes com o dossel vegetativo, via xilema, em resposta ao secamento do solo.

Segundo La Rosa et al. (1987), o ABA desempenha importante papel na adaptação de plantas a diferentes condições adversas. Além de seu papel bem estabelecido quanto ao fechamento estomático, também há evidências de que o ABA aumenta o influxo de íons nas membranas da raiz e estimula a acumulação de proteínas, que tem uma ação protetora durante déficit hídrico. A presença dessas proteínas têm sido observada também em resposta a outros fatores ambientais ou, mesmo, em resposta ao ABA.

A indução da dormência nas gemas é também atribuída ao ABA, uma vez que há observações de acúmulo em gemas dormentes e uma diminuição dos seus níveis, especialmente após o tecido ter sido exposto a baixas temperaturas. Entretanto, existem estudos que demonstraram que o conteúdo de ABA nas gemas nem sempre está correlacionado com o grau de dormência. Essa aparente incoerência pode ser atribuída às interações entre o ABA e outros hormônios, uma vez que o estado de dormência e o crescimento são regulados pelo balanço entre inibidores de crescimento, como o ABA e substâncias promotoras do crescimento, como as citocininas e as giberelinas (Browning et al., 1970; Browning, 1973; Taiz & Zieger, 2004).

Em relação ao cafeeiro, observou-se que a quebra de dormência das gemas não é apenas de um mecanismo físico de suprimento de água, mas também um possível mecanismo químico ou hormonal, em que a hidratação promoveria a síntese ou ativação de um composto químico responsável pela antese (Oliveira, 2002). Durante o período de estresse hídrico, grandes quantidades de ABA se acumulam nas gemas florais do cafeeiro, sendo responsáveis por 75% do processo de dormência, o que, talvez, está relacionada com um balanço interno desfavorável entre promotores e inibidores (Browning, 1973). De acordo com Barros & Maestri (1978), a quebra de dormência se dá mais em razão do aumento dos níveis de promotores ou da razão promotor/inibidor, que por diminuição do inibidor.

O ABA atua, ainda, na síntese e na acumulação de solutos osmoticamente ativos, que são comumente acumulados no processo de ajustamento osmótico. Dentre estes compostos, incluem-se os álcoois de açúcar (sorbitol e manitol), uma amina quaternária a glicina betaína e a prolina (Bartels & Nelson, 1994). Segundo Savoure et al. (1997), existe uma relação entre prolina e ABA, embora ainda não muito conhecida, o que justifica o interesse

em determinar a contribuição do ABA para a regulação dos genes envolvidos na síntese de prolina.

Tem-se discutido a possível implicação da prolina na tolerância ao estresse osmótico e hídrico, como soluto compatível, como agente protetor de enzimas (Solomon et al., 1994), como fonte de carbono e nitrogênio, como uma simples consequência do estresse (Carvalho, 2003), como estabilizador da estrutura terciária das proteínas (Low, 1985) e preservação da integridade das membranas e das estruturas celulares (Van Rensburg et al., 1993). A ação protetora da prolina deve-se, em parte, a sua função antioxidante como captadora de radicais livres e espécies ativas de oxigênio (Alia & Pardha, 1995). Esse soluto acumula-se, principalmente, nas folhas, embora, em algumas espécies, maiores acúmulos tenham sido observados nas raízes (Rosa-Ibarra & Maiti, 1995).

Em geral, observa-se que o teor de prolina em folhas de cafeeiros aumenta com o decréscimo do potencial hídrico, contribuindo para o ajustamento osmótico (Maestri et al., 1995; Da Matta et al., 1993; Grisi, 2006). Embora, em outros estudos, também tenha sido constatada uma relação entre o teor de prolina e o déficit hídrico em cafeeiros (Da Matta, 1991; Da Matta et al., 1993), Rena & Maestri (2000) destacam que, particularmente em cafeeiros arábica e canephora, o potencial hídrico de base, parece indicar melhor o estado hídrico das plantas.

Ressalta-se que, na análise de teores de prolina em resposta ao decréscimo de potencial hídrico, deve-se considerar o nível de desidratação do solo, pois há evidências de que o ajustamento osmótico, como mecanismo protetor, é mais freqüentemente observado quando a sobrevivência da planta está ameaçada (Serra & Sinclair, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em uma área experimental nas proximidades do Departamento de Agricultura, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, sob latitude de 21°15'S, longitude de 45°00'W e altitude média de 918m. O clima da região é Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, com médias anuais, para precipitação e temperatura, de respectivamente, 1.530mm e 19,4°C (Brasil, 1992).

Foram estudadas plantas de uma lavoura cafeeira com, aproximadamente, dez anos de idade e que foi submetida a um processo de poda drástica (recepa), aos 65 meses de idade (setembro de 2001). A cultivar desta lavoura é a 'Topázio MG-1190', implantada com espaçamento de 1,80 x 0,70.

As avaliações foram feitas em plantas não irrigadas e plantas irrigadas. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, sendo a lâmina aplicada equivalente a 80% do balanço entre a evaporação do tanque classe A (ECA) e as precipitações ocorridas no período entre duas irrigações consecutivas (80% ECA – precipitação). Os dados de precipitação e ECA foram obtidos na Estação Climatológica situada no Campus da UFLA, localizada a, aproximadamente, 500 metros da área experimental. As irrigações foram realizadas duas vezes por semana.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura muito argilosa, plano e uniforme (Embrapa, 1999). O tipo de cultivo utilizado é o convencional, com adubação realizada em quatro vezes, de outubro a março, baseada na análise de fertilidade do solo e de acordo com o método da 5ª aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.

3.2 Características avaliadas

3.2.1 Anatomia de gemas

Para essa avaliação, foram utilizadas apenas plantas não irrigadas. A coleta das gemas foi feita semanalmente, durante o período de novembro de 2004 a fevereiro de 2005. A escolha desse período foi baseada em observações realizadas em gemas coletadas na mesma área experimental, em janeiro de 2004, que já apresentavam modificações em sua estrutura, ou seja, as gemas já se apresentavam com um formato arredondado e com algumas protuberâncias.

As gemas foram coletadas a partir do ápice até o quarto nó dos ramos plagiotrópicos, posteriormente colocadas no fixador karnovisck e armazenadas em câmara fria para posteriores avaliações. Na seqüência, as amostras foram lavadas com tampão cocodilato (0,05 M) por três vezes, durante 10 minutos. Em seguida, foram transferidas para uma solução de tetróxido de ósmio 1% em água por 2 horas e, subseqüentemente, desidratadas em uma série de acetona (30%, 50%, 70%, 90% e 100%, por três vezes) e depois levadas para o aparelho de ponto crítico. Os espécimes obtidos foram montados em suportes de alumínio "stubs".

Com auxílio de uma fita de carbono, os espécimes foram colocados sobre "stubs" revestidos por uma película de papel alumínio, cobertos com ouro e observados em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo 40 no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica do Departamento de Fitopalogia da UFLA. Diversas imagens das amostras foram registradas digitalmente, em aumentos variáveis e gravadas no Software Photopaint, do pacote Corel Draw 9 (Alves, 2004).

3.2.2 Potencial hídrico

O estado hídrico das plantas foi avaliado por meio de medidas do potencial hídrico de base (Ψ_w máximo), realizadas com auxílio de uma câmara

de pressão (Soil Moisture – Modelo 3005), em folhas do terceiro ou quarto nó, totalmente expandidas. As avaliações foram realizadas em quatro plantas por coleta (repetições), sorteadas na área experimental. As medidas foram realizadas com frequência quinzenal, durante diferentes fases do florescimento, definidas a partir do esquema proposto por Pezzopane et al. (2003). A fase 1 corresponde ao período em que a gema apresenta-se dormente, na fase 2 a gema apresenta-se intumescida e na fase 3, com botões florais e flores abertas e com um pico de florada ao final dessa fase.

3.2.3 Teor de prolina

O material para a determinação do teor de prolina, foi composto por folhas de ramos posicionados no terço superior da copa, do terceiro ou do quarto nó. As coletas foram realizadas em quatro plantas (repetições), sorteadas na área experimental, com frequência quinzenal, durante as diferentes fases do florescimento citadas.

As folhas coletadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a 72°C, durante 48 horas e, posteriormente, maceradas em cadinho de porcelana. Em seguida, 100 mg de massa seca das folhas foram homogeneizados em 10 mL de ácido sulfosalicílico a 3%. Essa mistura foi submetida à agitação por 60 minutos e filtradas em papel de filtro. Os filtrados foram coletados e armazenados a -20°C.

Para a quantificação do teor de prolina, utilizaram-se 2 mL do filtrado, aos quais foram adicionados 2 mL de ninhidrina ácida e 2 mL de ácido acético glacial. Essa mistura, após um período de 60 minutos em banho-maria, sob ebulição, foi resfriada em banho de gelo, sendo as leituras de absorbância realizadas em espectrofotômetro a 520 nm. A determinação do teor de prolina nas amostras foi feita a partir de uma curva padrão, com concentrações

conhecidas de prolina. Essa metodologia foi obtida a partir do protocolo descrito por Bates (1973).

3.2.4 Teor de ácido abscísico

As coletas para a determinação do teor de ácido abscísico foram feitas mensalmente, de julho a setembro de 2005, abrangendo as diferentes fases do florescimento já citadas, realizadas em duas plantas (repetições), sorteadas na área experimental.

As gemas florais foram coletadas nos ramos plagiotrópicos de primeira e segunda ordem e armazenadas a -80°C . A seiva do xilema foi coletada na base dos ramos plagiotrópicos de primeira e segunda ordem, com o auxílio da câmara de pressão (Soil moisture – Modelo 3005), utilizando-se uma microseringa, sendo coletado um volume de 400 μL , seguido de armazenamento a -80°C .

O método de extração do ácido abscísico em gema floral foi adaptado a partir de Berry & Bewley (1992) e Raykhel et al. (1987). O material foi liofilizado e, posteriormente, macerado em nitrogênio líquido para a obtenção de pó. Um grama do material foi pesado e adicionados 20mL de metanol 80%, BHT 0,1% e ácido ascórbico 1% seguido de centrifugação a 14.000 x g/15 minutos a 4°C . O resíduo foi ressuspensão e centrifugado nas mesmas condições anteriores. Os sobrenadantes resultantes foram coletados, combinados com aqueles obtidos previamente e armazenados a -20°C . Posteriormente, o metanol foi removido por rota-evaporação a 30°C . Em seguida, foi feita a liofilização e, em seguida, as amostras foram ressuspensas em 300 $\mu\text{L/g}$ de pó em tampão TBS (25mM Tris-HCL, 100mM NaCl, 1mM MgCl_2 , pH 8,5).

Para a extração do ácido abscísico na seiva foi feita apenas a liofilização.

Para a detecção de ácido abscísico, foram utilizados kits de ensaio imuno-enzimático (ABA Enzyme Immunoassay Test Kit - Sigma). Para calcular

o conteúdo de ABA das amostras, foi necessário realizar uma curva padrão a partir de concentrações conhecidas de ABA. As leituras das amostras e dos padrões foram realizadas por um espectrofotômetro MRX, com filtro de 405 nm. Para a expressão dos resultados foram consideradas as diluições realizadas ao longo dos processos de extração e purificação, sendo os dados para gemas florais expressos em μmol de ABA por grama de matéria seca e, para seiva xilemática, em μmol de ABA por cm^3 de seiva.

3.5 Delineamento experimental

A análise de variância foi feita considerando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições para prolina e potencial hídrico e duas repetições para o ácido abscísico, utilizando o teste de F a 5% de probabilidade, para verificar a significância por meio do software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Anatomia de gemas

No mês de novembro, as gemas, independente da posição no ramo, não apresentaram modificações em sua estrutura (Figura 1). Apenas nas gemas do quarto nó do ramo plagiotrópico, no mês de dezembro, foi observada uma modificação morfológica, caracterizada por uma protuberância (Figura 2).

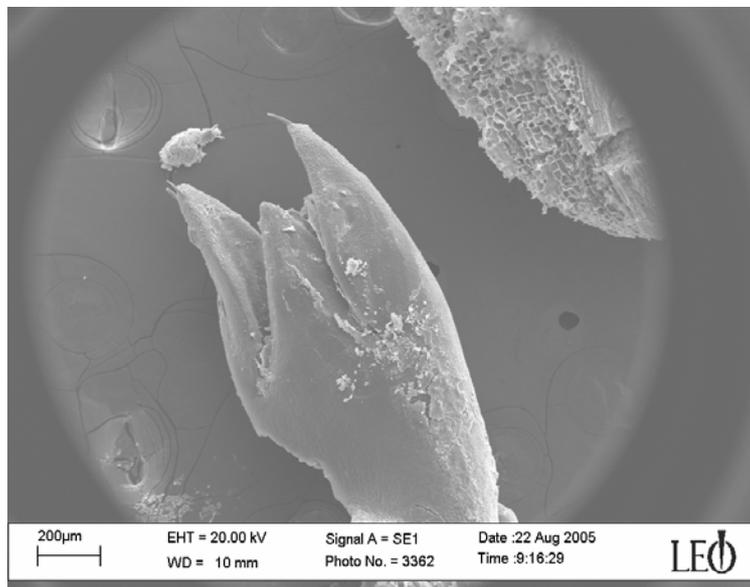


FIGURA 1: Eletromicrografia de gema localizada no quarto nó do ramo plagiotrópico de café cv. Topázio, coletada em 23 de novembro. Lavras, MG, 2004.

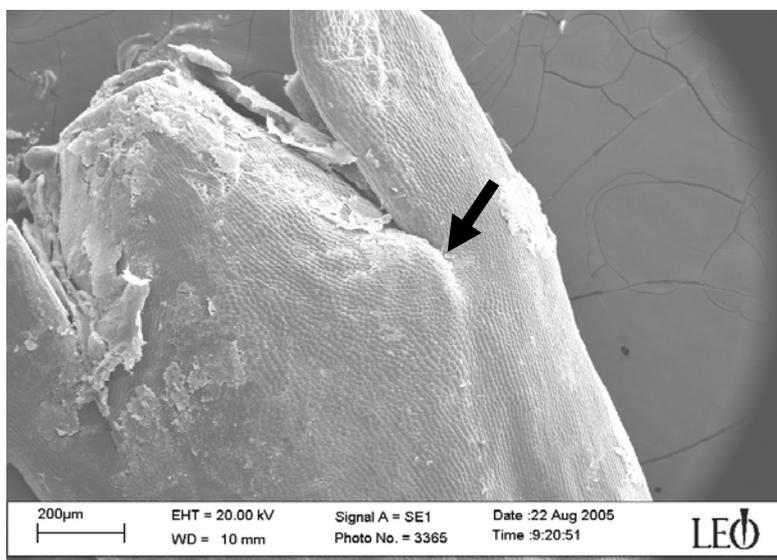


FIGURA 2: Eletromicrografia de gema localizada no quarto nó do ramo plagiotrópico de cafeeiro cv. Topázio, coletada em 14 de dezembro. Lavras, MG, 2004.

A modificação observada na estrutura da gema em dezembro indica que pode indicar um indício de divisões celulares entre a zona central e o “pith-rib” como citado por Bernier (1988). Tais alterações podem ser tanto associadas ao crescimento como a diferenciação. Os cortes realizados não permitiram identificar camadas de células típicas de um processo de diferenciação, evidenciando a necessidade de realização de um estudo mais completo de ontogenia de gemas.

Como pode ser observado pelos dados meteorológicos referentes ao início do experimento até a observação de modificações na estrutura da gema (Figura 3), o início do mês de novembro foi caracterizado por um período de precipitações mais esparsas, em torno de 30mm e uma alta amplitude térmica. Em seguida, observa-se uma seqüência de 8 dias sem precipitação, ainda caracterizada por alta amplitude térmica. Após esse período, há uma seqüência

de dias chuvosos (5 dias, precipitação total: 85,6mm) acompanhada por uma menor amplitude térmica, seguida por 6 dias sem precipitação e, conseqüentemente, um aumento da amplitude térmica. Ao final de novembro e no início de dezembro teve início a um período de precipitações mais freqüentes que continuam até a data da coleta em 14 de dezembro, quando foi observada a modificação na estrutura da gema. Ressalta-se que, nesse período, o fotoperíodo aumentou.

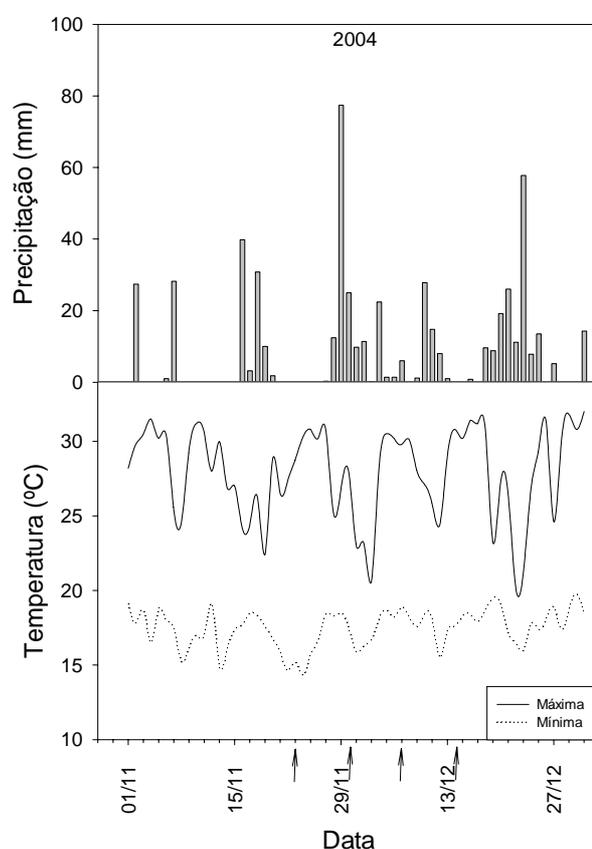


FIGURA 3. Precipitação e temperaturas máxima e mínima, observados durante o período experimental, de novembro a dezembro. Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, 2004.

Essas condições meteorológicas podem indicar que as modificações morfológicas observadas ocorreram em resposta a um período sem precipitações (6 dias) com elevada amplitude térmica (período seco), seguido de uma seqüência de dias chuvosos (16 dias), em que observou-se um decréscimo significativo da amplitude térmica. Em alguns estudos, entre eles Jordan (1993), a diferenciação do meristema é associada ao estresse hídrico, que contribui para um aumento na concentração de amônia na planta, precedendo a biossíntese de etileno e, conseqüentemente, diferenciação floral.

Estudos realizados com cafeeiros freqüentemente ressaltam a importância do fotoperíodo na indução floral, normalmente associada a dias curtos, embora ela nem sempre ocorra num mesmo período (Majerowicz & Söndahl, 2005; Gouveia, 1984; Camargo & Camargo, 2001). Diante dessas informações e dos resultados aqui obtidos de modificações morfológicas nas gemas, verifica-se a necessidade de estudos mais detalhados sobre a indução floral. Avaliações anatômicas, bioquímicas e da expressão gênica no período da iniciação floral podem contribuir para uma maior compreensão das interações com fatores ambientais que determinam o florescimento no cafeeiro.

4.2 Potencial hídrico

Os resultados de potencial hídrico obtidos durante o período experimental indicam diferenças entre os tratamentos hídricos, em que os maiores potenciais hídricos são observados no tratamento irrigado. Em média, os potenciais hídricos variaram entre -0,3 e -0,8 MPa, para plantas irrigadas e entre -0,6 e -1,5 MPa, para plantas não irrigadas (Figura 4). A pouca variação do potencial hídrico, observada para o tratamento irrigado, mostra que o manejo da rega foi adequado para a manutenção dos potenciais hídricos ao longo do período experimental.

No período de julho, os valores de potencial hídrico observados, tanto para as plantas irrigadas como para as não irrigadas, foram maiores que -1.0 MPa, em resposta à ocorrência de precipitação (de 14,8 mm), no dia 07/07 (Figura 4).

No início de agosto (02/08), foi observado o menor potencial hídrico de todo o período experimental para as plantas não irrigadas ($-1,5$ MPa). Esse valor de potencial é superior ao valor considerado crítico para o cafeeiro. De acordo com Rena & Maestri (2000), em cafeeiros no campo, o potencial hídrico foliar de base raramente cai a valores menores que $-1,5$ MPa, pois, sob condições naturais, o déficit hídrico é estabelecido lenta e gradualmente, permitindo as plantas ajustarem-se a essa condição, minimizando os impactos de tensões ambientais.

A avaliação de 02/08 corresponde à fase 1 do florescimento, em que as gemas encontram-se dormentes. Os valores obtidos para as plantas não irrigadas são próximos do valor que, segundo Magalhães & Angeloci (1976), caracteriza um déficit hídrico necessário para que os botões florais dormentes retomem o seu crescimento, após chuva ou irrigação (igual ou inferior a $-1,2$ MPa). Crisosto et al. (1992) observaram floradas expressivas somente após os cafeeiros atingirem potenciais hídricos foliares inferiores a $-0,8$ MPa. Esse valor é próximo dos valores para as plantas não irrigadas, na avaliação de 12/07.

Em meados de agosto (16/08), as gemas encontravam-se intumescidas (fase 2 do florescimento) e com alguns botões florais, para o tratamento irrigado, enquanto que, nas plantas não irrigadas, foram observadas apenas as gemas intumescidas. Diante dos valores de potenciais hídricos verificados para as plantas irrigadas ($-0,6$ MPa) não caracterizando, portanto, um déficit hídrico, pode-se associar a presença de botões florais à quebra da dormência das gemas, devido às baixas temperaturas que ocorreram no período. Essa observação está

em acordo com os resultados obtidos por Browning (1977) e Barros & Maestri (1978).

No início de setembro (fase 2 do florescimento), observou-se uma maior porcentagem de flores no tratamento irrigado. No tratamento não irrigado, havia a presença de alguns botões florais, em consequência, provavelmente, das precipitações que ocorreram em 27/08, 28/08, 01/09 e 02/09 com 2,9mm, 1,2mm, 0,6mm e 7,8mm, respectivamente, havendo também um acréscimo nas temperaturas nesse período.

No tratamento não irrigado, observou-se uma florada em picos, caracterizada por uma maior uniformidade das flores. Por outro lado, nas plantas irrigadas observou-se uma desuniformidade de flores, como consequência de floradas contínuas, embora, no final de setembro, a maioria dos botões encontrou-se abertos em ambos os tratamentos.

A uniformidade floral das plantas não irrigadas pode ser atribuída ao fato de a florada ter ocorrido após um período de déficit hídrico, seguido de precipitações, o que propiciou um aumento significativo do potencial hídrico das plantas. Esse resultado é semelhante aos obtidos por Oliveira (2002) e Oliveira (2003), que verificaram a presença de flores em uma frequência maior nas plantas submetidas à irrigação, em relação a plantas não irrigadas, para as quais foram observados picos de floradas mais uniformes.

Embora alguns estudos dêem ênfase à necessidade de déficit hídrico para que a florada ocorra (Magalhães & Angeloci, 1976; Drinnam & Menzel, 1994), o fato de terem sido observadas flores em cafeeiros do tratamento irrigado, mesmo sem atingir potenciais hídricos típicos de uma condição de déficit hídrico pronunciado, pode ser interpretado de acordo com a hipótese de Astegiano (1984). Segundo esse autor, os botões florais dormentes fazem uma “leitura” acumulativa da tensão hídrica, tanto na sua magnitude quanto na sua duração (dada por um período prolongado ou por acúmulo de períodos curtos).

Dessa maneira, a florada ocorre, mesmo em cafeeiros que, *a priori*, não foram submetidos a déficit hídrico. Assim, pode-se inferir que o déficit hídrico não é uma condição *sine qua non* para o cafeeiro florescer, mas necessário para uma floração mais uniforme (Oliveira, 2002).

4.3 Teor de prolina

Quanto aos teores de prolina, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 4).

Isso pode ser devido ao fato de os potenciais hídricos foliares observados serem maiores que o valor considerado crítico para o cafeeiro, que é de -2,5 MPa (Magalhães & Angeloci, 1976). Grisi (2006), em estudo com mudas de cafeeiros, relata que os teores de prolina aumentaram somente quando o potencial hídrico atingiu o valor de -2,5 MPa. Mazzafera & Teixeira (1989) também encontraram boa correlação entre os teores de prolina e os potenciais hídricos foliares, somente quando o cafeeiro era submetido a déficits hídricos mais acentuados.

A análise dos resultados mostra que, no período de julho até meados de agosto, época com poucas precipitações e baixas temperaturas, os teores de prolina são mais elevados. Após a ocorrência de precipitações, associada a um aumento da temperatura, no período do final de agosto até setembro, observaram-se menores teores em relação às avaliações anteriores, sendo mais evidente na fase final do experimento, quando ocorreram maior disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, maiores potenciais hídricos, em ambos os tratamentos.

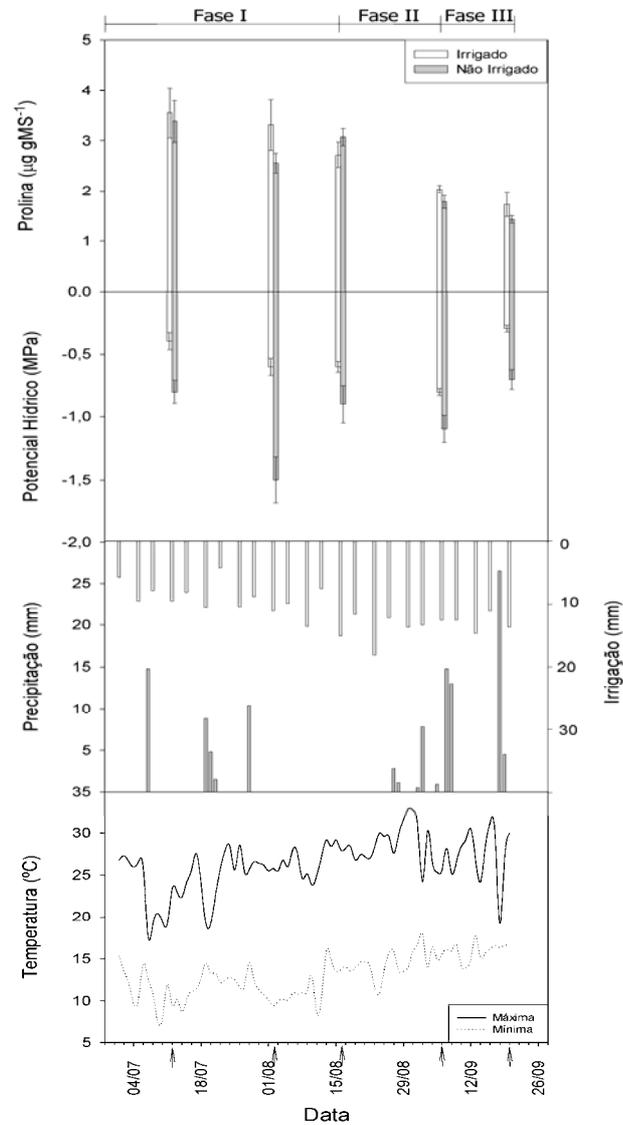


FIGURA 4. Teor de prolina e potencial hídrico foliar (Ψ_w) em cafeeiros irrigados e não irrigados. As setas indicam as datas de coleta e as barras representam o erro padrão da média de quatro repetições. Altura de lâmina d'água, precipitações e temperaturas máxima e mínima observados durante o período experimental (julho a setembro). Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Portanto, a diminuição do teor de prolina observada ao longo do período experimental foi mais associada ao aumento do potencial hídrico foliar que às variações das fases do florescimento. Assim, pode-se dizer que o déficit hídrico necessário para que ocorra a quebra de dormência das gemas não é muito severo, pois, como afirma Serra & Sinclair (2002), o ajustamento osmótico é um mecanismo que ocorre em condições de déficit hídrico acentuado.

4.4 Teor de ácido abscísico

A análise dos resultados obtidos para o teor de ABA na seiva do xilema em ramos plagiotrópicos e em gemas florais (Figura 5 e 6) mostra que os teores de ABA na seiva do xilema são superiores aos valores encontrados nas gemas. Isso pode ser devido ao fato do ABA ser sintetizado nas raízes, induzido pelo déficit hídrico e ser transportado via xilema, justificando, assim, as maiores concentrações em relação a outras partes da planta, nas quais o mesmo é redistribuído.

Para as gemas, foi observado, na fase 1 do florescimento (julho) e no final do florescimento, maiores teores de ABA que correspondem aos menores teores de ABA na seiva. A avaliação do início da fase 2 apresentou menores teores de ABA, o que caracteriza um comportamento inverso em relação ao teor de ABA na seiva. Em relação aos tratamentos, houve diferenças entre eles, sendo os maiores teores observados em plantas não irrigadas. No entanto, no período em que ocorreu um pico de floração (final da fase 3 do florescimento), quando foi observada maior frequência de precipitações e maiores temperaturas, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

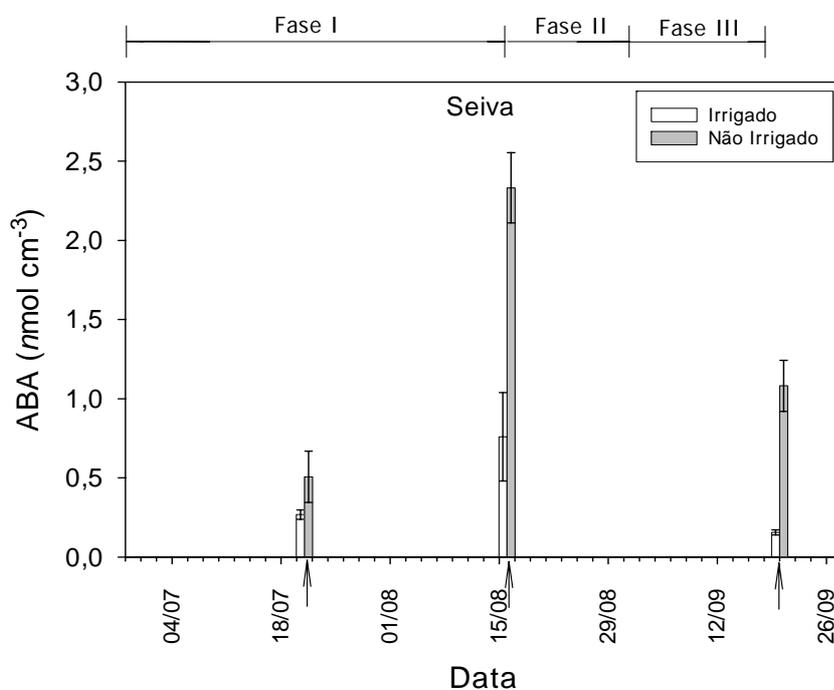


FIGURA 5. Teores de ácido abscísico em seiva do xilema em cafeeiros irrigados e não irrigados. As setas representam as datas de coleta e as barras representam o erro padrão da média de duas repetições. UFLA, Lavras, MG, 2005.

Constatou-se, portanto, que altos teores de ABA na seiva corresponderam a baixos teores na gema, isto é, no início do experimento, quando as gemas estavam quiescentes, o teor de ABA nas gemas era elevado, quando comparado às outras épocas e, na seiva, os valores eram baixos.

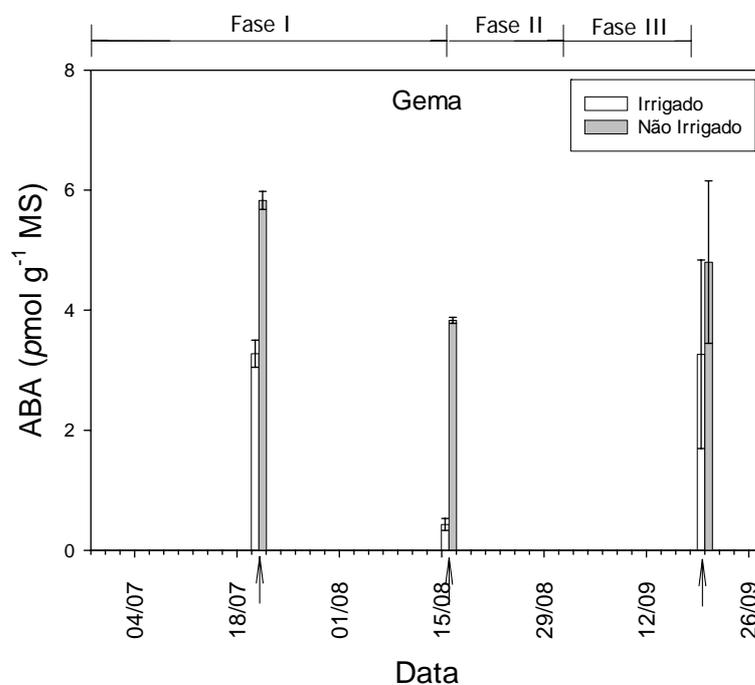


FIGURA 6. Teores de ácido abscísico em gemas florais em cafeeiros irrigados e não irrigados. As setas representam as datas de coleta e as barras representam o erro padrão da média de duas repetições. UFLA, Lavras, MG, 2005.

A diminuição de ABA na seiva pode ser devido à precipitação que ocorreu no dia 07/07, aumentando o potencial hídrico das plantas. Esse aumento de potencial hídrico reflete no teor de ABA, primeiramente mais na seiva do xilema que em outras partes da planta. Esse resultado corresponde aos observados por Burschka et al. (1983) em estudo de ABA em tecidos foliares e seiva do xilema, tendo sido mostrado que a concentração de ABA no xilema é muito mais sensível à falta de água no solo que a concentração de ABA nas folhas.

Os resultados obtidos mostram que houve relação direta entre a concentração de ABA na gema e o grau de dormência, confirmando os resultados de Browing (1973). No período em que as gemas encontravam-se dormentes (julho), o teor de ABA foi maior em ambos os tratamentos, embora não tenha havido diferenças em relação à época em que ocorreu um pico de floração. Esse aumento de ABA na época em que ocorreu o pico de floração se deve, provavelmente, ao aumento de ABA na seiva no período de seca e que, posteriormente, foi transportado para a gema, aumentando o teor na gema e diminuindo na seiva. Este fato é coincidente com a ocorrência de precipitações, aumento de temperatura e de potencial hídrico e, conseqüentemente, diminuição do teor de prolina e maior porcentagem de flores abertas.

5 CONCLUSÕES

Há indícios de que alterações morfológicas da gema correspondem a um período de déficit hídrico, seguido de precipitação e, conseqüentemente, uma menor amplitude térmica.

Os teores de prolina estão relacionados à disponibilidade hídrica, ou seja, menores teores de prolina em folhas correspondem à maior oferta de precipitação, portanto, maiores potenciais hídricos, independente do tratamento hídrico. No entanto, as alterações do teor de prolina não estão associadas às variações das fases do florescimento, mostrando que o déficit hídrico necessário para que ocorra a quebra da dormência não é muito severo. Logo, a prolina não é um bom indicador fisiológico do estado hídrico no processo de florescimento do cafeeiro.

Os resultados obtidos mostram que a dormência da gema pode estar associada positivamente ao teor de ABA. No entanto, não permite afirmar que a quebra de dormência esteja diretamente ligada à diminuição do teor de ABA. Já para os teores de ABA na seiva do xilema constata-se que há uma relação direta entre teor de ABA e potencial hídrico e que não tem uma relação direta com o florescimento.

Finalmente, os resultados obtidos mostram que a prolina e o ABA respondem mais às condições hídricas que aos eventos de florescimento. Além disso, mostram também que a quebra de dormência das gemas não está relacionada a um déficit hídrico severo e, portanto, outros fatores ambientais e endógenos interagem de maneira mais complexa na floração do cafeeiro.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIA, P.K.; PARDHA, S.P. Effects of zinc on free radicals and praline in *Brassica* and *Cajanus*. **Phytochemistry**, v.39, p.45-47, 1995.
- ALVES, E. **Introdução à microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. (Texto Acadêmico).
- ASTEGIANO, E.D. **Movimentação de água e quebra de dormência dos botões florais de café**. 1984. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Floração do café – uma revisão. **Revista Ceres**, Viçosa, v.25, n.141, p.467-479, set./out. 1978.
- BARTELS, D.; NELSON, D. Approaches to improve stress tolerance using molecular genetics. **Plant Cell Environ.**, v.17, p.659-667, 1994.
- BATES, L.S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short Communication. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.39, n.1, p.205-207, 1973.
- BERNIER, G. The control of floral evocation and morphogenesis. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.39, p.175-219, 1988.
- BERNIER, G.; KINET, J.M.; SACHS, R.M. **The physiology of flowering**. Boca Raton: CRC, 1981.v.1-3.
- BERRY, T.; BEWLEY J.D. A Role for the surrounding fruit tissue in preventing the germination of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seeds. **Plant Physiology**, v.100, p.951-957, 1992.
- BRADESCO. Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. Agronegócio do café. Disponível em:
<http://www.economiaemdia.com.br/br/pdf/producao/AGRO_ANALISE_05_01_06.pdf#search=%22BRADESCO%202006%20AGRONEG%C3%93CIO%20EM%20AN%C3%81LISE%22>. Acesso em: 10 jun. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas – 1960-1991**. Brasília, 1992. 84p.

BROWING, G. Flower bud dormancy in *Coffea Arabica* L. I. Studies of gibberellin in flower buds and xylem sap and of abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. **Journal of Horticultural Science**, London, v.48, n.1, p. 29-41, Jan. 1973.

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, 1977. p.321- 331.

BROWING, G.; HOAD, G. V.; GASKING, G. Identification of abscisic acid in flower buds of *Coffea arabica* L. **Planta**, Berlin, v.94, n.3, p.213-219, 1970.

BURSCHEKA, C.; TENHUNEN, J.D.; HARTUNG, W. Diurnal variations in abscisic acid content and stomatal response to applied abscisic acid in leaves of irrigated and non-irrigated *Arbutus unedo* plants under naturally fluctuating environmental conditions. **Oecologia**, v.58, p.128- 131, 1983.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: _____. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, 1985. p.19-50.

CANNELL, M.G.R. Photoperiodic response of mature trees of Arabica coffee. **Turrialba**, v.22, p.198-206, 1972.

CARVALHO, J.S.B. **Respostas metabólicas de genótipos de bananeira (*Musa spp.*) ao estresse salino in vitro**. 2003. Tese (Doutorado em Botânica)-Universidade Federal de Pernambuco.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

CRISOSTO, H.C.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea Arabica* L.). **Tree Physiology**, Victoria, v.10, n.2, p.127-139, Mar. 1992.

DA MATTA, F.M. **Alguns aspectos das relações hídricas em cultivares de *Coffea arábica* e *Coffea canephora***. 1991. 45p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)–Universidade Federal de Viçosa, MG.

DA MATTA, F.M. et al. Water relations of coffee leaves (*Coffea Arabica* and *Coffea canephora*) in response to drought. **Journal of Horticultural Science**, London, v.68, n.5, p.741-746, Sept. 1993.

DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.55-76, 1991.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee following water stress during floral initiation. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.5, p.841-849, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações / Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GOUVEIA, N.M. **Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.:** observações sobre antese e maturação dos frutos. 1984. 237p. Dissertação (Mestrado em Biologia)–Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas.

GRISI, F.A. **Relações hídricas, bioquímicas e anatômicas de mudas de café (*Coffea arábica* L.) ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas a déficit hídrico**. 2006. 59p. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1996. 38p.

IAFFE, A. et al. Temperaturas elevadas no florescimento de cafeeiros – III. primeira e última data de ocorrência de períodos com 4 dias seguidos com temperaturas máximas superiores à 34° C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS, 2003. p.491-492.

JORDAN, B.R. **The molecular biology of flowering**. Wallingford: CAB, 1993. 226p.

KRAJEWSKI, A.J.; RABE, E. Citrus flowering: A critical evaluation. **Journal of Horticultural Science**, v.70, n.3, p.357-374, 1995.

KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. **Kenia Coffee**, Nairobi, v.44, p.9-47, 1979.

LA ROSA, P.C. et al. Abscisic acid stimulated osmotic adjustment and its involvement in adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiol.**, v.85, p.174-181, 1987.

LOW, P.S. Molecular basis of the biological compatibility of natural osmolytes In: GILLIES, R.; GILLES-BAICCLLEN. (Ed.). **Transport processes, ions and osmoregulation**. Berlin: Springer Verlag, 1985. p.469-477.

MAESTRI, M. et al. Accumulation of proline and quaternary ammonium compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*). **Journal Horti. Science**, London, v.70, n.2, p.229-233, Mar.1995.

MAGALHÃES, A.C.; ANGELOCCI, L.L. Sudden alterations in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. **Journal Horti. Science**, London, v.51, p.419-423, 1976.

MAJEROWICZ, N.; SÖNDAHL M.R. Induction and differentiation of reproductive buds in *Coffea Arabica* L. **Braz. Journal Plant. Physiol.**, v.17, n.2, p.247-254, 2005.

MAZZAFERA, P.; TEIXEIRA, J.P.F. Prolina em Cafeeiros submetidos á Déficit Hídrico. **Turrialba**, San José, v.39, n.3, p.305-313, jul./set. 1989.

MOENS, P. Étude ecologique du development génératif et végétatif des bourgeons de *Coffea canephora* Pierre: l'initiation florale. Inst. Nat. Étude Agron. Congo (INEAC), **Sér. Scientifique**, v.96, 1962.

OLIVEIRA, L.A.M. **Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, P.M. **Florescimento do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) sob diferentes freqüências de irrigação**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia. Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEZZOPANE, J.R.M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.499-505, 2003.

PREEZ du M. Irrigation of citrus with reference to water shortages and poor water quality. **Agricultural Consultants International**, Xx, 2001.

RAYKHEL N.V.; HUNGHERS D.W.; GALAU, G.A. An enzyme-immunoassay for quantitative analysis of abscisic acid in wheat. In: _____. **Molecular biology of plant growth control**. New York: Alan R. Liss, Inc., 1987. p.197-207.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.26-40, 1985.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. **ITEM**, Brasília, v.48, p. 34-41, set. 2000.

RENA, A.B. et al. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC, 1994. v.2, p.101-122.

ROSA-IBARRA, M.; MAITI, R.K. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.146, p. 515-519, 1995.

SAVOURE, A. et al. Abscisic acid-independent and abscisic acid-dependent regulation of proline biosynthesis following cold and osmotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. **Mol. Gen. Genet.**, v.254, p.104-109, 1997.

SERRA, R.; SINCLAIR, R.T. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant Cell Environmental**, v.25, p.333-341, 2002.

SILVA, A.M. et al. Efeito da época de início da irrigação e do parcelamento de adubação sobre a uniformidade de maturação e produtividade do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Trabalhos Apresentados...** Vitória, ES: EMBRAPA, 2001. CD-ROM.

SOARES, A.S. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.27, n.1, p.117-125, Jan./Mar. 2005.

SOLOMON, A. et al. Effects of NaCl on the carboxylating activity of rubisco from tamarix jordanis in the presence and absence of proline-related compatible solutes. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.90, p. 198-204, 1994.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Tradução de Eliane Romanato Santarém, et al. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720p.

VAN RENSBURG, L.; KRUGER, G.H.J.; KRUGER, H. Proline accumulation as drought-tolerance selection criterion: Its relationship to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum* L. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.141, p.188-194, 1993.

ZHANG, J.; DAVIES, W.J. Changes in the concentration of ABA in xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth. **Plant, Cell and Environment**, v.13, p.277-285, 1990.