

**ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE  
MUZAMBINHO**  
**Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura**

**WILLY DIAS DE LIMA**

**FISIOLOGIA DO FLORESCIMENTO DO CAFEIRO**

**Muzambinho**  
**2008**

**WILLY DIAS DE LIMA**

**FISIOLOGIA DO FLORESCIMENTO DO CAFEIEIRO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, da EAFMuz., como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.**

**Orientadora: Anna Lygia de Rezende Maciel**

**Muzambinho  
2008**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

-----  
-----  
-----

**Muzambinho, de de 20**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>3 OBJETIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Indução das gemas florais.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Evocação floral: sinais internos e externos.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3 Fotoperiodismo.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3.1 Ritmos circadianos: o relógio interno.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3.2 Fotoperiodismo: monitorando o comprimento do dia..</b>	<b>11</b>
<b>4.3.3 As plantas podem ser classificadas por suas Respostas fotoperiódicas.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.4 Função da noite no fotoperiodismo.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.5 O fotoperíodo na indução da floração do cafeeiro</b>	<b>15</b>
<b>4.4 Vernalização.....</b>	<b>18</b>
<b>4.5 desenvolvimento dos botões florais.....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>24</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## RESUMO

O florescimento do cafeeiro é resultante do comportamento fenológico da cultura, bem como a interação de fatores ambientais tais como, disponibilidade hídrica, radiação solar e temperatura. Muito se sabe sobre a fisiologia do florescimento de alguns grupos de plantas, sendo possível com esse conhecimento manipular esta fase do ciclo de vida de tais espécies vegetais, seja induzindo-a inibindo-a. o controle do florescimento na cafeicultura é desejável, porém a disponibilidade de técnicas eficientes ainda são restritas para tal controle. As pesquisas relacionadas à fisiologia do florescimento do cafeeiro são pouco conclusivas e divergentes, sendo necessários estudos contínuos nesta área de conhecimento. Contudo, o presente trabalho tem como objetivo apresentar aspectos relevantes da fisiologia do florescimento de *coffea arabica* L. utilizando como referências a revisão de literatura.

## **ABSTRACT**

The flowering of coffee is due to phenological behavior of culture and the interaction of environmental factors such as water availability, solar radiation and temperature. Much is known about the physiology of some groups of flowering plants, and with this knowledge can handle this phase of the life cycle of these plant species, inducing it to be inhibiting it. the control of the boom in coffee is desirable, but the availability of efficient techniques are still restricted to such control. The research related to the physiology of the flowering of coffee is little conclusive and divergent, necessitating continued studies in this field. However, this paper aims to provide relevant aspects of the physiology of the blossoming of *coffea arabica* L. using as referencas a review of literature.

# 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea arabica L.* é pertencente à família Rubiaceae, tendo sua origem nos bosques das regiões montanhosas do centro-leste africano. É uma planta perene de porte arbustivo ou arbóreo com folhas persistentes e flores hermafroditas.

A fisiologia vegetal como ciência, é uma parte da biologia vegetal que estuda as atividades metabólicas e funcionais das plantas. A compreensão da fisiologia das plantas cultivadas possibilitou ao longo dos anos, um manejo mais adequado de cada espécie, resultando em aumento da produtividade e racionalização no uso dos recursos de produção. Desta forma, a fisiologia vegetal contribuiu e ainda tem muito a contribuir para a inovação de técnicas que possam ser utilizadas em culturas como a do cafeeiro, podendo resultar em aumento significativo, não somente de produtividade, mas também de qualidade de produto, uma exigência crescente do mercado mundial.

A fase reprodutiva é marcada pela capacidade da planta em produzir flores e resultante de mudanças que ocorrem no meristema das gemas. No cafeeiro o desenvolvimento reprodutivo começa com a iniciação floral e termina com a queda dos frutos.

A iniciação floral no cafeeiro é resultante do comportamento fenológico da cultura, bem como da interação de fatores ambientais, como suprimento de água, radiação solar, níveis de irradiação e temperaturas. No entanto sabe-se que a produção de flores e, conseqüentemente, de frutos de *coffea arabica L.* depende do crescimento dos ramos plagiotrópicos formados na estação anterior ou corrente, assim, fatores que inibem ou promovem o crescimento vegetativo acabam por influenciar o florescimento e a frutificação dessas plantas.

No entanto, em bases fisiológicas, a iniciação e o desenvolvimento de flores e frutos do cafeeiro parecem bastante complexos e pouco compreendidos.

Há necessidade urgente de mais informações sobre os mecanismos envolvidos na floração do café para que se possa tomar decisões mais conscientes em vários aspectos do manejo da cultura, como espaçamentos, podas, adubações, irrigação. Há enorme deficiência de conhecimentos bioquímicos, anatomo-citológicos e fisiológicos envolvidos nas fases de indução, diferenciação e dormência das estruturas florais e sua retomada de crescimento, que culmina com a antese. Ênfase especial deve ser dada à regulação hormonal dessas fases. Há ainda que se demonstrar a participação e a interação efetivas das gemas, folhas e raízes entre si e com os fatores ambientais, como luz temperatura e água, no processo global de formação.

Somente assim poder-se á controlar a formação da flor, seja mediante a manipulação gênica e ambiental, de forma a se ter floradas mais concentradas e maturação mais uniforme dos frutos. Então será possível ter colheitas mais uniformes e mais fáceis e melhores produtividades e qualidade do café, aliada a considerável redução de custos (ZAMBOLIM 2001).

“Novos estudos na área de florescimento precisam ser realizados, dado o interesse existente no controle deste” (MONACO et al 1977).



## **2 JUSTIFICATIVA**

A presente revisão de literatura é de relevante importância considerando-se que é necessário unir um conjunto de informações sobre a fisiologia do florescimento do cafeeiro.

### **3 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar aspectos relevantes sobre a fisiologia do florescimento do cafeeiro (*Coffea arabica L*)

## **4 REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Indução das gemas florais**

O estágio reprodutivo é de suma importância para qualquer planta, pois em uma visão mais ampla, significa a perpetuação da espécie através da produção de sementes. Assim, o desenvolvimento adequado de estruturas reprodutivas fornece para a planta uma maior probabilidade de sobrevivência ao longo do tempo e para o produtor, significa maiores rendimentos, o que realmente lhe interessa.

Botanicamente uma flor é simplesmente uma folha modificada, onde devido às influências do ambiente, juntamente com as características específicas de cada espécie, uma estrutura inicialmente vegetativa se transforma em uma estrutura reprodutiva que potencialmente originará um fruto.

O primeiro processo para que haja a transformação das gemas vegetativas em reprodutivas é a indução floral. A indução pode ser influenciada por um fator específico do ambiente como a duração do dia (fotoperíodo) ou por vários fatores atuando em conjunto (água, luz, nutrientes, temperatura, etc).

### **4.2 Evocação floral: sinais internos e externos**

O fotoperiodismo e a vernalização são os dois mais importantes mecanismos que marcam as respostas sazonais. O fotoperiodismo é uma resposta ao comprimento do dia; a vernalização é a promoção do florescimento temperaturas subseqüentes mais altas-levando a cabo pela exposição ao frio. Outros sinais, tais como o total de radiação luminosa e a disponibilidade de água, podem também ser importantes sinais externos (TAIZ, 2004).

A evolução dos sistemas de controle interno (autônomo) e externo (sensível ao ambiente) permite às plantas, regular cuidadosamente o florescimento na época ótima para o sucesso reprodutivo. Por exemplo, em muitas populações de uma espécie em particular, o florescimento é sincronizado, sincronia esta que favorece o intercruzamento e permite que as sementes sejam produzidas em ambientes favoráveis, em particular quanto à água e à temperatura (TAIZ, 2004).

## **4.3 Fotoperiodismo**

### **4.3.1 Ritmos circadianos: o relógio interno**

Os organismos estão normalmente sujeitos a ciclos diários de luz e escuro, e tanto plantas quanto animais exibem um comportamento cíclico associado com tais alterações. Exemplos destes ritmos incluem os movimentos das folhas e pétalas (posições de dia e noite), abertura e fechamento estomáticos, padrões de crescimento e esporulação em fungos, hora do dia para emergência de pupas e ciclos de atividade roedores, além de processos metabólicos, tais como a capacidade fotossintética e a taxa de respiração (TAIZ, 2004).

Quando os organismos são transferidos de um ciclo diário de luz e escuro para o escuro contínuo (ou luz contínua de baixa intensidade), muitos destes ritmos continuam a ser expressos por, pelo menos, vários dias. Sob tais condições uniformes, o período do ritmo é então próximo a 24 horas e, conseqüentemente, a expressão ritmo circadiano é aplicada. Devido ao fato de continuarem em um ambiente de luz constante ou escuro, estes ritmos circadianos não podem ser respostas diretas à presença ou à ausência de luz, mas devem ser baseados em um marcapasso interno, geralmente chamado de oscilador endógeno (TAIZ, 2004).

O oscilador endógeno está acoplado a uma variedade de processos fisiológicos, tais como movimentos foliares ou fotossíntese, e ele mantém o ritmo. Por isso, o oscilador endógeno pode ser considerado o mecanismo do relógio e as funções fisiológicas que estão sendo reguladas, tais como os movimentos foliares ou fotossíntese, são às vezes chamadas de ponteiros do relógio (TAIZ).

### **4.3.2 Fotoperiodismo: monitorando o comprimento do dia**

Como foi apresentado, o relógio circadiano possibilita aos organismos determinar a hora do dia em que um certo evento molecular ou bioquímico ocorre. O fotoperiodismo ou a capacidade de um organismo de detectar o comprimento do dia torna possível para um evento ocorrer em um determinado momento do ano, permitindo, desse modo, uma resposta sazonal. Os ritmos circadianos e o fotoperiodismo têm a propriedade comum de responder a ciclos de luz e escuro (TAIZ, 2004).

Precisamente no equador, os comprimentos do dia e da noite são iguais e constantes durante todo o ano. Na medida em que nos movimentamos do equador para os pólos, os dias tornam-se mais longos no verão e mais curtos no inverno. Não surpreende que as espécies vegetais tenham evoluído para detectar essas mudanças sazonais no comprimento do dia e que suas respostas fotoperiódicas específicas sejam fortemente pela latitude da qual originaram (TAIZ, 2004).

Os fenômenos fotoperiódicos são observados tanto em animais quanto em plantas. No reino animal, o comprimento do dia controla atividades sazonais tais como hibernação, desenvolvimentos de coberturas de verão e inverno e atividade reprodutiva. As respostas das plantas controladas pelo comprimento do dia são numerosas, incluindo a iniciação do florescimento, a reprodução assexual, a formação de órgãos de reserva e a indução de dormência (TAIZ, 2004).

Talvez todas as respostas fotoperiódicas das plantas utilizem os mesmos fotorreceptores, com rotas de transdução de sinais subseqüentes específicas que regulam respostas diferentes. Por ser claro que o movimento da passagem do tempo é essencial às respostas fotoperiódicas, um mecanismo de contagem do tempo deve fundamentar tanto as respostas à época do ano quanto as respostas à hora do dia. Acredita-se que o oscilador circadiano forneça um mecanismo de medição do tempo que sirva de ponto de referência para a resposta aos sinais de luz (ou escuro) que chegam do ambiente (TAIZ, 2004).

### **4.3.3 As plantas podem ser classificadas por suas respostas fotoperiódicas**

Varias espécies de plantas florescem durante os longos dias de verão. Por muitos anos, os fisiologistas vegetais acreditaram que a correlação entre os dias longos e o florescimento era uma consequência da acumulação de produtos da fotossíntese sintetizados durante aqueles dias.

Segundo Taiz (2004), o trabalho de Wigtman Garner e Henry Allard, conduzido na década de 1920 nos laboratórios do departamento de agricultura dos estados unidos, em beltsville, Mariland, mostrou que esta hipótese estava incorreta. Eles notaram que uma variedade mutante de tabaco, *Maryland Mammoth*, crescia bastante, até aproximadamente 5 metros de altura, porém não florescia nas condições predominantes do verão. Entretanto as plantas florescem na casa de vegetação durante o inverno sob condições naturais de luz.

Estes resultados levaram Garner e Allard a testar o efeito de encurtar artificialmente os dias, cobrindo as plantas cultivadas durante os dias longos do verão com uma tenda a prova de luz do final da tarde até a manhã seguinte. Estes dias curtos artificiais provocaram o florescimento das plantas. Esta necessidade de dias curtos era difícil conciliar com a idéia que longos períodos de radiação e o resultante aumento na fotossíntese promoviam o florescimento. Garner e Allard concluíram que o comprimento do dia era fator determinante do florescimento, e foram capazes de confirmar esta hipótese em muitas espécies e condições diferentes. Este trabalho lançou as bases para a subsequente e extensa pesquisa sobre as respostas fotoperiódicas.

Garner e Allard, citados por Castro (2005), ao lançarem as bases do fotoperiodismo, classificaram o comportamento das plantas em relação ao florescimento como sendo de três tipos:

- Plantas de dias curtos (PDC): as quais florescem quando os dias têm um número inferior a certo limite.
- Plantas de dias longos (PDL): as que florescem quando os dias têm um número de horas superior a certo limite.
- Plantas neutras ou indiferentes (PN): aquelas cujo florescimento não é controlado pelo fotoperíodo.

Segundo Castro (2005) o número de horas críticas não é o mesmo para todas as espécies e é acima definido como um certo limite. Esse limite, o fotoperíodo crítico, varia até dentro de uma mesma espécie, em função da região de origem. Pode-se considerar a resposta de duas espécies, uma PDC (*Pharbitis nil*, violeta) e outra PDL (*Sinapis alba*, mostarda), ao fotoperíodo. O fotoperíodo crítico para a violeta é de 15 horas e para a mostarda é de 12 horas. A primeira, embora PDC, floresce em dias até de 15 horas. A segunda, embora PDL, floresce em dias com apenas 12 horas. Mas a violeta é pdc porque floresce em dias de 15, 14, 13, etc., mas não em dias de 16 horas de luz (acima de seu limite). Por outro lado, a mostarda é PDL porque florescem se os dias foram maiores que 12 horas, mas permanece vegetativa abaixo desse limite. Note-se ainda que em um dia de 13 horas, ambas floresceriam, pois 13 é menor que o limite de 15 horas para a violeta e maior que o limite de 12 horas para a mostarda.

De acordo com este mesmo autor, algum tempo depois, a classificação de Garner e Allard precisou ser ampliada. Primeiro, porque algumas plantas precisavam não de um só tipo

de estímulo, mas na verdade precisavam de um primeiro tratamento com dias curtos e a seguir passar por um segundo tratamento com dias longos, para só então florescerem. Ou o inverso, ou seja, havia outras que primeiro necessitavam passar por dias longos e a seguir por dias curtos para então florescerem. Essas plantas foram chamadas de plantas alternantes. As primeiras florescem na primavera, e as últimas no outono. Além disso, descobriu-se que havia algumas espécies que só florescia quando os dias eram, nem muito longos e nem muito curtos; são as plantas intermediárias. Finalmente em contrapartida das plantas intermediárias, constatou-se que havia plantas que permaneciam vegetativas em dias intermediários (nem longos nem curtos) e florescia quando os dias encurtavam, ou aumentavam; são as plantas ambifotoperiódicas.

Este autor ainda cita que hoje existem muitas variações e numerosas exceções a estas classes fotoperiódicas de florescimento. A primeira consideração se deve ao fato de que algumas plantas têm uma resposta qualitativa, rigorosa ao fotoperíodo, florescendo somente quando este for favorável. Já outras são quantitativamente fotoperiódicas, ou seja, florescem abundantemente nos fotoperíodos adequados, mas não deixam de florescer, ainda que parcialmente, em fotoperíodos inadequados. Alguns grupos de plantas captam, de maneira muito precisa, a variação do fotoperíodo, em alguns casos, com uma precisão de 5 a 10 minutos, enquanto que o limite crítico não é detectado com a mesma precisão em outros grupos.

#### **4.3.4 Função da noite no fotoperiodismo**

Sendo a soma de uma noite e um dia igual a 24 horas, sempre que um dia é longo estamos também pensando também em uma noite curta. Portanto a percepção de comprimento de dia crítico poderia ser através da medição tanto do período escuro como do período luminoso. Muitos experimentos foram dedicados à descoberta de qual seria a parte do ciclo luz/escuro que controlava o florescimento. Em um tipo de experimento os períodos luminosos e escuros eram avaliados independentemente, sem somarem necessariamente 24 horas. Observou-se então que a noite crítica, e não o dia crítico funcionava como relógio. Assim era possível induzir o florescimento em uma PDC com períodos luminosos acima do valor crítico, desde que fossem seguidos de noites suficientemente longas. Da mesma maneira, o florescimento não ocorria em PDCs quando dias curtos eram seguidos de noites curtas (CASTRO 2005).

### 4.3.5 O fotoperíodo na indução da floração do cafeeiro

Na literatura existem relatos de trabalhos (FRANCO, 1940 e PIRINGER e BORTHWICK, 1955 citados por RENA et al., 2001) que mencionam que o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma espécie de fotoperíodo curto, sendo que o fotoperíodo crítico estaria em torno de 13 a 14 horas. No entanto, este papel do fotoperíodo no estímulo da indução floral tem sido questionado (RENA e MAESTRI, 1987), vez que nas regiões cafeeiras de todo o mundo, o comprimento do dia não excede o fotoperíodo crítico e assim sendo, o cafeeiro estaria o ano todo induzido ao florescimento. Evolutivamente seria difícil imaginar o cafeeiro como uma planta de dias curtos em um ambiente onde o fotoperíodo é praticamente constante o ano todo, sendo mais provável que o mesmo seja de dias neutros. RENA e MAESTRI (1987) chegam a mencionar esta possibilidade, onde em um trabalho realizado em Campinas-SP, quatro cultivares de café e a variedade *semperflorens* em regime de fotoperíodo longo (18 horas), não somente produziram flores, como também produziram em maior número.

O fotoperiodismo é um mecanismo fisiológico de adaptação das plantas às variações estacionais do meio, que implica na existência de um processo de “leitura” da duração da luz do dia que leva a planta a florescer no momento mais adequado, normalmente para evitar situações críticas de estresse (COLL et al., 2001). A indução floral se entende como sendo a ação da luz sobre as folhas que exerce um estímulo estável sobre a floração, isto é, uma alteração no balanço hormonal que causa a passagem da planta do estado vegetativo, para o estado reprodutivo. A mudança morfo-anatômica dos meristemas vegetativos para botões florais é chamada de evocação floral.

Segundo AMARAL et al. (2006) o padrão sazonal de crescimento de ramos e da área foliar não é modificado pelo aumento do fotoperíodo para 14 horas, que foram utilizadas em seu experimento. Estes resultados demonstraram que o padrão de crescimento vegetativo não sofreu influência do tempo de duração do período luminoso, não causando alterações que pudessem demonstrar a influência do fotoperíodo sobre a transição vegetativo-reprodutiva de plantas de café.

Outra evidência de que o cafeeiro seja uma planta de dias neutros é demonstrada no trabalho de MAJEROWICZ e SÖNDAHL (2005) que acompanharam anatomicamente a indução e diferenciação de gemas reprodutivas de *Coffea arabica* L. Foi observado que em ramos de primeira colheita (sem frutos), a indução das gemas ocorreu de janeiro-fevereiro e o



início da diferenciação em março-abril, enquanto que em ramos de segunda colheita (com frutos) a indução ocorreu de outubro a julho e o início da diferenciação em maio (após a colheita). Os resultados apontam para uma resposta fisiológica em que o estímulo para a floração é diferencial para a mesma planta, e sendo que o fator indutivo (fotoperíodo) é o mesmo, então se pode assumir que os ramos respondem de forma distinta ao estímulo fotoperiódico (o que é pouco provável fisiologicamente), ou então o cafeeiro não estaria respondendo ao fotoperíodo.

CAMARGO (1985) cita que em regiões equatoriais, onde é pequena a variação do comprimento do dia no curso do ano, o café arábica não apresenta uma estação de florescimento definida, onde os dias são sempre curtos e continuamente indutivos para a gema floral. O mesmo autor também verificou que em algumas das regiões produtoras de café, o florescimento ocorre duas vezes ao ano, como em Ruiru no Quênia, Palmira-Valle na Colômbia e em Lyamungu na Tanzânia, além de que a época de florescimento é bastante diversificada em diversas regiões do mundo e também no Brasil. Desta forma, deveremos também considerar que além de diferentes regiões da planta responder ao estímulo do fotoperíodo de formas distintas, cada população de plantas dependendo do local, também respondem diferenciadamente, mesmo localizando-se em uma latitude próxima.

Observando os dados obtidos por MAJEROWICZ e SÖNDAHL (2005), pode-se inferir que o desenvolvimento de gemas reprodutivas é o resultado de uma relação fonte-dreno. Em ramos sem frutos, parte da produção de fotoassimilados pode ser utilizada na produção de gemas reprodutivas, enquanto que em nos ramos com frutos, o dreno principal seria os frutos e assim o desenvolvimento de gemas seria posterior à fase de colheita, onde os drenos seriam modificados.

Franco (1940) observou estímulo na produção e no desenvolvimento de gemas florais em plantas de *C. arabica* submetidas a fotoperíodos curtos e , desde então, o cafeeiro é considerado planta de dia curto. Piringer e Bortwick (1955), citados por Zambolim (2001) estimaram que o fotoperíodo crítico para a indução floral estava entre 13 e 14 horas, mas Went (1957) citado pelo mesmo autor, sugeriu um fotoperíodo crítico de 12 horas ou menos para a indução, independentemente da combinação das temperaturas diurna/noturna. O desponte do ramo ortotrópico principal de café arábica parece tornar os ramos laterais mais sensíveis aos dias curtos (cueto e pineda, 1981).

Várias observações são difíceis de serem reconciliadas com a idéia de o café arábica ser uma planta de dia curto ou, pelo menos que o comprimento do dia seja o fator ecológico primário no controle da floração. No Quênia, o café apresenta dois períodos principais de

floração, fevereiro-março e outubro-novembro, mas as variações do comprimento do fotoperíodo durante o ano são extremamente pequenas (ZAMBOLIM 2001). Ainda no Quênia, pela extensão do fotoperíodo ou pela interrupção do nictoperíodo (noite), CANNEL (1972) citado por ZAMBOLIM (2001) observou que cafeeiros, nas condições de campo, parecem reter o estímulo fotoperiódico para a indução floral por pelo menos seis meses. Assim, nas regiões cafeeiras próximas ao equador, em que a variação no comprimento do dia é desprezível, as plantas devem ser permanentemente induzidas ou fotoperiodicamente insensíveis. Portanto, outros fatores climáticos, se algum, devem ser necessários à indução floral (MATIELLO et al., 1978). Ainda mais, Mõnaco et al., (1978) demonstraram que plantas jovens de café arábica de vários cultivares e de primeira floração mantinham sua capacidade de florescer, independentemente do comprimento do fotoperíodo.

Em cafeeiros aparentemente, as gemas florais começam a crescer e a se diferenciar quando a taxa de crescimento vegetativo diminui ou paralisa. Isso ocorre comumente, entre o final do período chuvoso e o início da estação seca, nas regiões onde há um ou dois ciclos principais de florescimento. Onde não há estações secas definidas, o cafeeiro floresce em vários ciclos sucessivos durante o ano, mas, em geral, com alguma concentração durante um período amplo (CUETO et al., 1984; MEULEN, 1939; PATTABHIRAMAN e ANANTH, 1959) citados por Zambolim 2001. Mesmo a variedade *semperflorens de C. arabica*, que é considerada neutra, com respeito ao fotoperíodo, apresenta alguma periodicidade floral, o florescimento Máximo ocorre em abril e flores não são observadas de outubro até janeiro, quando a taxa de floração de nó é a maior (CAMARGO et al. 1984).

#### **4.4 Vernalização**

A vernalização é o processo pelo qual o florescimento é promovido por um tratamento de frio dado a uma semente completamente hidratada (isto é, uma semente que foi embebida em água) ou a uma planta em crescimento. Sem o tratamento de frio, as plantas que exigem a vernalização, mostram retardo no florescimento ou permanecem vegetativas. Em muitos casos, tais plantas permanecem como rosetas, com nenhum alongamento caulinar (TAIZ, 2004).

As plantas diferem grandemente quanto a idade na qual elas se tornam sensíveis à vernalização. As anuais de inverno, como as formas de inverno dos cereais (que são semeadas no outono e florescem no verão seguinte), respondem à baixa temperatura bastante cedo em

seus ciclos de vida. Elas podem ser vernalizadas antes mesmo da germinação, se as sementes foram embebidas em água e se tornaram metabolicamente ativas. Outras plantas incluindo a maioria das bienais (que crescem como rosetas durante a primeira estação após a semeadura e florescem no verão seguinte) precisam atingir um tamanho mínimo antes de se tornarem sensíveis a baixas temperaturas para a vernalização (TAIZ, 2004).

A faixa efetiva de temperatura para a vernalização vai de um pouco abaixo da temperatura de congelamento até cerca de 10 °C, com uma ampla faixa ótima entre 1 e 7 °C. o efeito do frio aumenta com a duração do tratamento de frio até que a resposta fique saturada. A resposta requer usualmente varias semanas de exposição a baixas temperaturas, mas a duração precisa varia amplamente com a espécie e com a variedade (TAIZ, 2004).

Este autor também cita que a vernalização pode ser perdida como resultado da exposição a condições de desvernalização, como altas temperaturas, mas quanto maior for a exposição a baixas temperaturas, mais permanente será o efeito da vernalização.

É importante observar que, para a vernalização ocorrer, um metabolismo ativo é necessário durante o tratamento de frio. Fontes de energia (açúcares) e oxigênio são requeridos, e temperaturas abaixo do congelamento que suprirem a necessidade metabólica não são efetivas para a vernalização. Além disso, a divisão celular e a replicação do DNA também parecem ser necessárias (TAIZ, 2004).

A vernalização é uma preparação para a indução floral. Os meristemas das gemas apicais são as partes mais sensíveis à vernalização. A enxertia de uma planta vernalizada em uma não vernalizada, resulta na vernalização desta última. Uma planta ou semente vernalizada pode ser desvernalizada se for exposta a altas temperaturas (30°C), logo após exposição a temperaturas baixas. Em certos casos, as gibererlinas podem substituir as temperaturas baixas na vernalização. Isto ocorre com sementes de videira e com plantas de crisântemo japonês. Plantas como o arroz (anual) e o espinafre (bianual) requerem altas temperaturas para a iniciação floral e a floração (CASTRO 2005).

Em cafeeiros do Quênia a taxa de diferenciação floral é mais alta nos meses mais frios, neste caso, a temperatura pode ser importante na regulação da floração (WORMER E GITUANGEA 1970) citado por Zambolim (2000).

Cafeeiros sob condições controladas, temperaturas noturnas controladas parecem ser mais importantes que temperaturas diurnas para a iniciação floral. Mais gemas floríferas são formadas nas combinações de temperatura diurna/noturna de 26°C/23°C, 23°C/23°C e 20°C/23°C (MÊS, 1965<sup>a</sup>) ou 30°C/23°C (WENT, 1957) citados por Zambolim (2001). Desde que a produção de frutos em café arábica depende da quantidade de lenho formada na estação

anterior, fatores que limitam o crescimento vegetativo supostamente afetam os florescimentos subseqüentes. Entre estes fatores estão: o desfolhamento (CANNEL, 1974), a chuva (DEAN, 1939; MOENS, 1962), a radiação solar (MOENS, 1962), o nível de luz (CASTELHO e LOPES, 1966) e a adubação com nitrogênio, após a colheita (SANDERS and WAKEFIELD, 1932), Drinnan e Menzal (1994) observaram um efeito retardador da seca na iniciação floral de plantas envasadas, pareceu estar associado à abscisão foliar, todos estes autores citados por Zambolim (2000).

#### **4.5 Desenvolvimento dos botões florais**

Após a indução floral, o cafeeiro no início da fase reprodutiva apresenta o desenvolvimento dos botões florais. Segundo RENA et al. (2001), o cafeeiro apresenta em sua floração duas fases distintas: a primeira fase do crescimento da flor do café vai da diferenciação do primórdio floral até a formação das células mães dos micrósporos e ao entrar em dormência, o final desta fase, o botão floral alcança certo comprimento característico, o qual depende da espécie, da variedade, do cultivar ou das condições ambientais. A segunda fase dura de uma a duas semanas, sendo caracterizada pelo rápido crescimento dos botões florais após a chuva de florada e culminando com a abertura das flores e posterior senescência das mesmas.

Na literatura é muito comum o uso do termo “dormência” para os botões florais do cafeeiro, que ocorre normalmente ao final da primeira fase de crescimento das gemas (SCHUCH et al., 1990; SCHUCH et al., 1994; RENA et al., 2001; ). No entanto, deve-se analisar cuidadosamente o termo para que algumas considerações sejam feitas sobre o assunto.

Segundo FINKELSTEIN (2004), a dormência é uma condição onde o crescimento não ocorre sob circunstâncias que são normalmente favoráveis ao crescimento. Para COLL et al. (2001), nas regiões localizadas fora da faixa tropical, todos os vegetais estão normalmente submetidos a variações climáticas e ambientais, cujo resultado é uma alternância singular de períodos favoráveis e desfavoráveis para o crescimento. Em decorrência disto, as fases de dormência coincidem com os períodos onde as condições são desfavoráveis para o crescimento, como temperaturas baixas ou altas, períodos de seca, fotoperíodos não adequados, etc. As plantas respondem a estas condições mediante a interrupção do

crescimento e permanecem assim até que as condições sejam novamente favoráveis ao seu desenvolvimento.

Segundo RENA e MAESTRI (1987), aparentemente sob condições de campo, a pausa de crescimento dos botões florais coincide com uma estação seca e com a redução do crescimento vegetativo. Todavia, os relatos sobre a importância de um déficit hídrico na interrupção do crescimento dos botões florais são bastante contraditórios, sugerindo alguns autores, que os botões desenvolvidos sob suprimento abundante de água crescem continuamente até a abertura da flor, enquanto outros afirmam que nas mesmas condições, os botões cessam temporariamente de crescer. RENA et al. (1994) citado por RENA et al. (2001), afirmam que o período de dormência que em condições naturais está invariavelmente associado a um período de seca, é aparentemente necessário para que se completem eventos fisiológicos e, ou morfológicos sutis, que permitem aos botões florais tornarem-se sensíveis a estímulos externos e retornar o crescimento.

Todas as informações contidas na literatura nos levam a acreditar invariavelmente em um período de dormência dos botões florais do cafeeiro, porém algumas considerações devem ser feitas a respeito do assunto. PEZZOPANE et al. (2003) construíram uma escala para a avaliação dos estágios fenológicos do cafeeiro, onde o estágio 0 corresponde à gema dormente, o estágio 1 à gema intumescida, o estágio 2 corresponde à fase do botão floral denominado abotoado e o estágio 3 à florada propriamente dita. Entre os estágios 0 e 3, no entanto, existe todo um desenvolvimento das gemas, culminando com a antese.

Segundo WORMER e GITUANJA (1970) citado por CAMAYO-VÉLEZ e ARCILA-PULGARÍN (1996), quando o botão floral apresenta 2,6 milímetros e sobressaem por debaixo das estípulas, o botão floral está em desenvolvimento e quando atinge aproximadamente 4,4 milímetros, o botão se encontra completamente desenvolvido e então permanece em um estado de latência.

Após a indução floral, as gemas passam por transformações morfo-anatômicas, sendo natural que essas transformações para se completarem, necessitam de certo período de tempo, que segundo CAMARGO (1985) dura alguns meses. Desta forma, embora os botões florais sejam perfeitamente visíveis, possivelmente, mesmo quando existissem todas as condições para que houvesse o florescimento, o mesmo não ocorreria, não por algum tipo de dormência, mas por razões ligadas ao seu pleno desenvolvimento. Este desenvolvimento será, no entanto, influenciado pelo estado hídrico da planta, temperatura, fatores nutricionais, fotossíntese, etc. Quanto mais distantes estiverem estes fatores dos níveis ideais para a planta, maior será o

tempo de desenvolvimento das gemas, e conseqüentemente o tempo para que as mesmas estejam aptas para o pleno florescimento.

Um fator de extrema importância para o florescimento de qualquer espécie é indubitavelmente o acúmulo de carboidratos nas pétalas. Segundo DOORN e MEETEREN (2003) a abertura floral normalmente é um processo rápido, sendo acompanhada por uma elevada taxa de expansão celular. Em muitas espécies, a abertura da flor está ligada à quebra de carboidratos de reserva nas pétalas ou à importação de sacarose. Geralmente, os carboidratos de reserva das pétalas são amidos, frutanos, ou os dois, sendo que a quebra dos carboidratos de reserva em suas unidades fundamentais, provoca alterações nas relações hídricas entre os botões florais e o resto da planta. Com um abaixamento abrupto do potencial osmótico e conseqüentemente do potencial hídrico dos botões florais, ocorre um aumento da pressão hidrostática dentro das células, provocando a expansão celular, quando os outros fatores são favoráveis para que ocorra tal expansão, como o nível de auxinas nas pétalas. Segundo SCHUCH et al. (1994), durante o período de rápida expansão dos botões florais, os níveis de AIA livre e AIA conjugado aumentaram nas pétalas de *Coffea arabica* cv. Guatemala, evidenciando a participação deste hormônio na abertura das flores.

O envolvimento do amido no processo de abertura floral também foi verificado por DONATO (1969), onde durante a antese, observou-se a queda nos teores de amido das pétalas e o aumento nas concentrações de carboidratos solúveis, que exercem um papel direto na diminuição do potencial osmótico e hídrico das células. Portanto, deve existir para o cafeeiro, um nível ideal de carboidratos nos botões florais para a ocorrência da plena florada e sendo assim, novamente os fatores como o estado hídrico da planta, temperatura, fatores nutricionais, fotossíntese, etc, seriam essenciais para torná-las prontas para a abertura.

Existem diversos trabalhos afirmando que a utilização de giberelina causou uma antecipação da florada do cafeeiro, provocando inclusive uma uniformização da floração (ALVIM, 1958; SCHUCH et al., 1990; SCHUCH et al., 1992, citados por RENA et al., 2001). Entretanto, SCHUCH et al. (1990) afirmaram que a aplicação de giberelina estimulou a abertura de flores somente em botões florais maiores do que quatro milímetros, isto é, em estruturas já completamente diferenciadas, não sendo eficiente em botões florais com menores dimensões.

Assim sendo, a floração do cafeeiro envolve a indução floral que provoca a mudança do estágio vegetativo para o reprodutivo, a diferenciação dos tecidos que provoca mudanças morfo-anatômicas, resultando em botões florais e o acúmulo de compostos de reserva nas pétalas, que causa alterações fisiológicas, culminado com a antese. Sem o conhecimento

pontual e profundo de cada um desses eventos, dificilmente pode-se inferir que exista uma dormência verdadeira das gemas florais do cafeeiro, pois o que se chama de dormência pode ser apenas um estágio de desenvolvimento no qual não existam ainda as condições necessárias para o florescimento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A ciência evolui continuamente através do tempo e apesar dos avanços tecnológicos existentes, ainda existem muitos modelos fisiológicos do cafeeiro que são extremamente contraditórios. Um dos princípios da experimentação científica é a de que sob as mesmas condições, um experimento deve ser reproduzível com resultados bastante semelhantes e quando isso não é verificado, os modelos vigentes devem ser repensados, seja para afirmação, seja para sua complementação ou para a sua rejeição.

Na cultura cafeeira, existem diversos paradigmas e longe da pretensão de esgotar o assunto, ou de querer afirmar que o conhecimento existente está correto ou não, espero que as hipóteses expostas por mais polêmicas que sejam, possam instigar a reflexão, pois somente a reflexão poderá deslocar a órbita do conhecimento científico, gerando novas metodologias e tecnologias que possam contribuir efetivamente com o desenvolvimento da cultura cafeeira.

## **6 REFERÊNCIAS**



AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.41, n.3, p.377-384, 2006.

CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeeiras) do Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 20, n.7, p. 831-839, 1985.

CAMAYO-VÉLEZ, G.C.; ARCILA-PULGARÍN, J. Estudio anatómico y morfológico de la diferenciación y desarrollo de las flores del cafeto *coffea arabica* L. Variedad Colômbia. **Cenicafé**, Chinchiná, v.47, n.3, p.121-139, 1996.

CARVALHO, G.R.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, L.F.; BARTHOLO, B.F. Eficiência do ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade de bebida. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.27, n.1, p.98-106, 2003.

CASTRO, P.R.; FRANCO, J.F.; COSTA, J.D.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeitos de ethephon e uréia na maturação de frutos e abscisão foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz**. Piracicaba, v.38, p.281-288, 1981.

CASTRO, Paulo Roberto Camargo et al; Manual de fisiologia vegetal: Teoria e Prática. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

COLL, J.B.; RODRIGO, G.N.; GARCÍA, B.S.; TAMÉS, R.S. **Fisiologia Vegetal**. 1. edição. Madrid: Ediciones Pirâmide, 2001. 566p.

DONATO, F. **Crescimento do botões florais e variações no amido das corolas de café (Coffea arabica L. 'Mundo Novo', sob condições naturais**. 1969. 29f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, Viçosa.

DOORN, W.G.; MEETEREN, U. Flower opening and closure: a review. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 389, p.1801-1812, 2003.

ECCARDI, F.; SANDALJ, V. **O café: ambientes e diversidade**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2003. 237p.

FINKELSTEIN, R. Ácido Abscísico: um sinal para a maturação de semente e antiestresse. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. edição. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.561-580.

GRANDE Fernanda gollo a. febres; TAKAKI Massanori. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). *Bragantia*, vol.65 no.1 Campinas 2006. disponível em:

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

MARÍN-LÓPEZ, S.M.; ARCILA-PULGARÍN, J.; MONTOYA-RESTREPO, E.C.; OLIVEROS-TASCÓN, C.E. Câmbios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colômbia). **Cenicafé**, Chinchiná, v.54, n.3, p.208-225, 2003.

MATIELLO, J. B.; MACHADO, J.R.M.; CAMARGO, A. P. Observações da fonologia e fonometria do cafeeiro (*coffea arabica* L.) no plantio de Ibiapaba, Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 6, 369-372, 1978, Ribeirão Preto. Resumo do congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras, Rio de Janeiro: IBC, 1978.

MÔNACO, L. C.; MEDINA Fº, H. P.; SONDAHL, M. R.; LIMA, M. M. A.

Efeitos de dias longos no crescimento e florescimento de cultivares de café. *Bragantia*, 37: 25-32, 1978.

MÔNACO et al. **EFEITO DE DIAS LONGOS NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE CULTIVARES DE CAFÉ**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v37n1/04.pdf>> acesso em 30 maio 2008.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: **Cultura do cafeeiro-fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1986. p.13-85.

RENA, A.B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1987. p.119-147.

RENA, A.B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001. p.101-128.

SCHUCH, U.; FUCHIGAMI, L.H.; NAGAO, M.A. Giberellic acid causes earlier flowering and synchronizes fruit ripening of coffee. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v.9, p. 59-64, 1990.

SCHUCH, U.; FUCHIGAMI, L.H.; NAGAO, M.A. Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stress and giberellic acid. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.117, n.1, p.158-163, 1992.

SCHUCH, U.; AZARENKO, A.N.; FUCHIGAMI, L.H. Endogenous IAA levels and development of coffee flower buds from dormancy to anthesis. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v. 15, p.33-41, 1994.

TAIZZ, Lincon; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal; Trad. Elaine ramanato santarém...[et al.], 3 ed., Porto Alegre: Artimet, 2004.

ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café de qualidade**; Viçosa: UFV, departamento de fitopatologia, 2001; 648 p.