

---

**PAULO MARINHO DE OLIVEIRA**

**FLORESCIMENTO DO CAFEIRO (*Coffea arabica* L.) SOB DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
**2002**

À

Imensurabilidade do conhecer e a grandiosidade da vida;

## OFEREÇO

“O nosso medo mais profundo não é de sermos inadequados.

Nosso medo mais profundo  
é que somos poderosos além de qualquer medida.

É a nossa luz, não nossas trevas,  
o que mais nos apavora.

Nós nos perguntamos:  
Quem sou eu para ser brilhante,  
maravilhoso, talentoso e fabuloso?  
Na realidade, quem é você para não ser?  
Você é filho do universo.

Você se fazer de pequeno não ajuda o mundo.  
Não há iluminação em se encolher,  
para que os outros não se sintam inseguros  
quando estão perto de você.

Nascemos para manifestar  
a glória do universo que está dentro de **nós**.

Não está apenas em um de **nós**: está em todos nós  
E conforme deixamos nossa própria luz brilhar,  
inconscientemente damos às outras pessoas  
permissão para fazer o mesmo.

E conforme nos libertamos do nosso medo,  
Nossa presença, automaticamente, libera os outros.”

(Nelson **Mandela**)

E por acreditar que idéias não podem ser concebidas a partir de modelos pré-  
estabelecidos, fechados e pragmáticos;

**CONTINUO VIVENDO...**

## AGRADECIMENTOS

A todos os meus familiares, pela força nos momentos de incerteza.

À Universidade Federal de Lavras pelo conhecimento adquirido.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela participação direta neste trabalho.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento do Café (CBP&DCafé), que financiou este projeto.

Ao senhor Francisco Carlos Alves Trindade, proprietário da área onde foi conduzido este experimento.

A Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE) da Universidade Federal de Lavras, por ter viabilizado a realização desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo nos dois primeiros anos do Curso.

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

Aos amigos do passado e do presente, os quais espero ter também no futuro.

Aos professores, Rubens, Silvana e Manoel, pela contribuição na realização deste trabalho.

À acadêmica Rebecca Bélens, minha bolsista, companheira e amiga, que teve participação decisiva na conclusão desta pesquisa.

Aos amigos da república “Nóstravamus”, Nélio, Zebu, Fleury (*in memorian*), Caçula, Negão, Bomba, Véio e Guedão, pela fraternidade, momentos inesquecíveis e eterna amizade.

Aos colegas da República “Toca dos Gabiru” pelo companheirismo e por me acomodarem no último estágio do curso.

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

## BIOGRAFIA

Paulo Marinho de Oliveira, filho de Simão Marinho Leite (*in memoriam*) e Maria da Luz Marinho de Oliveira, nasceu em Claro dos Poções, Estado de Minas Gerais, em **24** de fevereiro de **1972**.

Formou-se em Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Januária, EAFJ - MG, em dezembro de **1988**. Graduiu-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, UFLA, em janeiro de **1995**; em fevereiro deste mesmo ano, ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, o qual concluiu em agosto de **1997**; ingressou, neste mesmo mês, no Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia.

Em maio de **1999**, foi admitido, por concurso público, para o quadro permanente de professores do Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia (CEFET/BA), para atuar na área de Engenharia de Água e Solo e Recursos Hídricos. Coordenou o processo de implantação do Curso de Tecnologia Ambiental desta instituição, do qual foi Coordenador de março de **2000** a março de **2002**.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	<b>1</b>
ABSTRACT .....	<b>ii</b>
1 INTRODUÇÃO .....	<b>01</b>
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	<b>04</b>
2.1 Fatores envolvidos na dormência dos botões florais do cafeeiro ..	<b>04</b>
2.2 Efeitos da tensão de água no solo e na planta sobre a quebra da dormência em botões florais .....	<b>09</b>
2.3 <i>O continuum</i> solo-planta-atmosfera • a relação entre potencial hídrico do solo e da folha .....	<b>12</b>
2.4 Efeito do déficit hídrico no acúmulo de prolina .....	<b>17</b>
3. MATERIAL E METODOS .....	<b>20</b>
3.1 Observação .....	<b>20</b>
3.2 Area experimental .....	<b>20</b>
3.3 Cultura .....	<b>20</b>
3.4 Delineamento experimental .....	<b>21</b>
3.5 Sistema de manejo e irrigação .....	<b>22</b>
3.6 Características avaliadas .....	<b>26</b>
3.6.1 Florescimento .....	<b>26</b>
3.6.2 Potencial hídrico foliar de ante-manhã (“pre-dawn”) • ( $\psi_F$ ) .....	<b>26</b>
3.6.3 Potencial hídrico do solo ( $\psi_S$ ) .....	<b>27</b>
3.6.4 Teores de prolina .....	<b>27</b>
3.7 Análise estatística das informações .....	<b>28</b>
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	<b>29</b>
4.1 Florescimento .....	<b>29</b>

4.2 Exigência de déficit hídrico para a floração do cafeeiro .....	38
4.3 A relação entre os potenciais hídricos no solo e na folha e os teores de prolina .....	41
4.3.1 Estudo da relação entre o potencial hídrico do solo (PHS) e o potencial hídrico foliar (PHF) .....	41
4.3.2 Correlação entre os potenciais hídricos do solo (PHS) e da folha (PHF) com os teores de prolina (PROL) .....	42
<b>5 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>45</b>
6 CONCLUSÕES .....	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
ANEXOS .....	54

## RESUMO

OLIVEIRA, Paulo Marinho de Florescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes frequências de irrigação. 2002. 67p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de diferentes frequências de irrigação sobre a floração do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí Vermelho, em campo; e ainda estudar a relação entre o potencial hídrico foliar e do solo e os teores do aminoácido prolina. O estudo foi conduzido em área experimental localizada na Fazenda Santa Clara, em Caraíbas, Bahia, Lat.14°46”S e Long. 41°20”W. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo (Split-plot). As frequências de irrigação (tratamentos) foram: 1 - irrigação de 2 em 2 dias; 2 - irrigação de 4 em 4 dias; 3 - irrigação de 6 em 6 dias; 4 - irrigação de 8 em 8 dias; 5 - irrigação de 10 em 10 dias. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento e o manejo da irrigação foi feito com base em tensiometria, utilizando-se a curva característica de retenção de água do solo, ajustada pelo software Soil Water Retention Curve (SWRC). Avaliou-se, ao longo do experimento, a abertura floral, através da contagem das flores que se abriam (antese). Determinaram-se, ainda, os potenciais hídricos do solo (PHS) e foliar (PHF), ao longo do tempo, e os níveis do aminoácido prolina (PROL). As análises estatísticas foram feitas utilizando o sistema SAS (Statistical Analysis System). Neste experimento foi possível observar que: o número médio de flores acumuladas no tempo foi igual em todas as frequências de irrigação; irrigações frequentes no período pós “abotoamento” floral levaram a uma maior desuniformidade na floração; “floradas” mais expressivas foram observadas somente após chuvas. Não houve correlação entre o potencial hídrico medido no solo e na planta (folha). Os potenciais hídricos foliares e os teores de prolina tiveram boa correlação.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Rubens José Guimarães - UFLA (Orientador), Manoel Alves de Faria - UFLA.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Paulo Marinho de. Coffee tree flowering (*Coffea arabica* L.) under different irrigation frequencies. Lavras: UFLA, 2002. 67p. (Thesis - Doctor Science in Agronomy/Crop Production)<sup>1</sup>

This work aimed to evaluate the effects of different irrigation frequencies, on the coffee tree flowering (*Coffea arabica* L.) Red Catuai, in the field, to study the relationship between the leaf and soil water potential and to evaluate the amino acid proline levels. The study was conducted in the experimental area of Santa Clara farm, in Caraibas, Bahia, Lat.14°46”S and Long. 41°20”W. The experimental design was the entirely randomized, with portions subdivided through time (Split-plot). The irrigation frequencies (traits) were: 1 - 2 in 2 days irrigation; 2 - 4 in 4 days irrigation; 3 - 6 in 6 days irrigation; 4 - 8 in 8 days irrigation; 5 - 10 in 10 days irrigation. The irrigation system was the drip irrigation and the irrigation schedule was based in tensiometry, by using the characteristic curve of soil water retention, adjusted with the software Soil Water Retention Curves (SWRC). The floral opening was evaluated along the experiment, by counting the flowers that opened up (anthesis). The soil water potential (SWP), the leaf water potential (LWP) and the amino acid proline levels were evaluated through time. The statistical analysis were carried out using the SAS system (Statistical Analysis System). It was possible to observe, in this experiment, that: The mean number of flowers accumulated in the time it was equal in all irrigation frequencies. Frequent irrigations in the post flower-bud formation period took away to a higher flowering desuniformity. More expressive "bloomed" are only observed after rains. There was no correlation between the water potential measured in the soil and in the plant (leaves). The foliar water potentials and the proline levels showed good correlation.

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Rubens José Guimarães - UFLA (Major Professor), Manoel Alves de Faria - UFLA.



# 1 INTRODUÇÃO

A história da cafeicultura confunde-se com a do próprio país, O Brasil é o maior produtor e exportador mundial, desde o século XIX, há pelo menos 150 anos. A comercialização em âmbito mundial movimentava uma considerável soma de dinheiro, sendo o comércio que se situa em segundo lugar internacionalmente, perdendo apenas para o petróleo. Gera, anualmente, de 12 a 13 bilhões de dólares, com a exportação de cerca de 60 milhões de sacas.

O agrusiness do café gera, no Brasil, cerca de 3 bilhões de dólares/ano, envolvendo uma complexa cadeia que vai desde a indústria de insumos até o consumo final (Guimarães et al., 2002).

O setor da produção cafeeira no Brasil é representado por aproximadamente 320.000 propriedades, na sua maioria pequenas (até 10 hectares), constituído por um parque cafeeiro ao redor de 3,6 bilhões de covas implantadas, em uma área de 2,2 milhões de hectares, distribuídos em vários Estados brasileiros, abrangendo 1.980 municípios cafeeiros (Associação..., 2001).

A expansão da cultura do café para áreas aptas com irrigação obrigatória, nas quais o déficit hídrico é fator limitante à produção, levou à formação de uma cafeicultura diferenciada quanto a aspectos edafoclimáticos, bem como no tocante à própria fisiologia da planta.

A irrigação do cafeeiro em larga escala é uma prática relativamente nova, e como toda tecnologia em fase de implantação, muito carente de informações. Os limites e as variáveis envolvidas em todo processo de produção desta cultura irrigada ainda estão por ser investigados, cabendo aos pesquisadores da área responder aos questionamentos impostos por técnicos, produtores e empresários do setor.

Estudar a floração do cafeeiro, na perspectiva de uniformizá-la, sempre foi um grande desafio, e como tal, cheio de antagonismos e controvérsias, diante do grande número de fatores envolvidos neste importante processo fisiológico. Até então, a teoria mais aceita é a de que o cafeeiro necessita de certo estresse hídrico para que ocorra a floração; entretanto, existem controvérsias quanto a este aspecto.

Algumas publicações trazem revisões abordando as relações entre a água e o cafeeiro (Nunes, 1976; Maestri & Barros, 1977; Barros & Maestri, 1978; Kumar, 1979; Alvim, 1985; Rena & Maestri, 1985; Rena et al., 1994; Barros et al., 1995; Santinato et al., 1997; Rena & Maestri, 2000; Carr, 2001). Contudo, os mecanismos ecofisiológicos que conduzem o cafeeiro à floração não são completamente conhecidos. Sabe-se que as relações hídricas, a temperatura e a irradiância interagem para desencadear os processos que conduzem à formação e abertura da flor, com destaque para a deficiência de água (Rena & Maestri, 2000). Mas a contribuição de cada um desses fatores ainda encontra-se aberta a investigações.

**A** uniformização da maturação dos frutos do cafeeiro, em tempos de alta competitividade entre países produtores, passou a ser fator de grande relevância, pois é um mecanismo que possibilita, entre outros aspectos, a otimização da colheita (principalmente a mecânica), o escalonamento da produção, racionalização do uso dos sistemas de irrigação, o controle mais efetivo de algumas pragas e doenças, a minimização da bienalidade da cultura e a melhora em atributos pós-colheita, o que pode levar, em linhas gerais, a minimização do custo de produção.

Manejar sistemas de irrigação com base em parâmetros ligados à planta é um imperativo em tempos em que a água tende a ficar cada vez mais disputada, em virtude de sua escassez. Não foram encontrados trabalhos que correlacionam o potencial de água no solo com o da planta para o cafeeiro, e

atualmente não se tem idéia de qual o potencial ótimo de irrigação para a cultura do café com base na planta.

Diante do exposto, verifica-se que há a necessidade de pesquisas que venham a evidenciar a real implicação de diferentes frequências de irrigação sobre o comportamento do florescimento do cafeeiro, e se períodos de déficit hídrico são realmente imprescindíveis a esse evento fisiológico. Minimizar os gastos de água e, por consequência, de energia, é outro ponto que merece especial atenção por parte dos pesquisadores que militam na relação água-solo-planta-atmosfera, cabendo a estes estabelecer relações seguras entre os parâmetros de solo e de planta, norteadores do manejo de sistemas de irrigação para o cafeeiro.

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivos gerais estudar a influência de diferentes frequências de irrigação, pós o “abotoamento” floral, sobre o comportamento do florescimento do cafeeiro em campo, e também de verificar a relação entre o potencial hídrico medido no solo e na planta e os teores do aminoácido prolina.

Trabalhou-se com as hipóteses de que o cafeeiro necessita de déficit hídrico para que ocorra a retomada do crescimento dos botões florais dormentes após a irrigação; ainda, que cafeeiros irrigados com maior frequência apresentam maior desuniformidade de floração; e que existe boa correlação entre potencial hídrico de ante-manhã medido na planta e no solo com os teores do aminoácido prolina.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fatores envolvidos na dormência dos botões florais do cafeeiro

O cafeeiro é uma espécie tropical em que todas as plantas individuais, numa certa extensão geográfica, florescem simultaneamente; a isto se dá o nome de floração gregária (Barros & Maestri, 1978). Nas áreas cafeeiras do sul e sudeste do Brasil, geralmente ocorrem de 2 a 3 floradas de intensidades decrescentes, enquanto, em outros países, como na Colômbia, verificam-se até 15 floradas; esta desuniformidade se deve a fatores edafoclimáticos. Em regiões em que a estação seca não é bem definida, cafeeiros arábica florescem em ramos verdes jovens, isto é, flores e frutos jovens e completamente desenvolvidos são encontrados no mesmo ramo (Rena & Maestri, 2000).

A floração pode ser separada em três fases: iniciação floral, desenvolvimento do botão floral e antese (florada), na tentativa de separar a iniciação floral das fases preparatórias de indução e de evocação (Frederico & Maestri, 1970). De acordo com Rena & Maestri (1986), a floração do cafeeiro compreende uma sequência de eventos morfo-fisiológicos, que vai da indução floral até a antese, passando pelas fases intermediárias da evocação floral, diferenciação ou iniciação dos primórdios florais e desenvolvimento da flor. A transição entre fases é comumente gradual e imperceptível, sobretudo nos estádios iniciais até a formação dos primórdios.

Após a diferenciação, a gema floral se desenvolve por alguns meses, constituindo o período de “abotoamento”. Uma vez “abotoada”, a gema floral entra em dormência e fica pronta para a antese (Camargo, 1987). Crisosto & Grantz (1990), citados por Crisosto et. al. (1992), na tentativa de conhecer melhor a fenologia dos botões florais do cafeeiro, dividiram-os em 7 classes: “1 - *vegetative bud*; 2 - *side green*; 3 - *tight green cluster*; 4 - *open white cluster*; 5 -

*first white candle; 6 - anthesis, e 7 - small fruits*". Crisosto et al. (1992) observaram que somente flores que se encontravam no estágio da 4<sup>ª</sup> classe (open white cluster) respondiam ao estímulo para florir após déficit hídrico e posterior irrigação, ou seja, somente a partir deste estágio estariam maduras para o florescimento.

Para tentar entender *os* mecanismos ecofisiológicos e edafoclimáticos envolvidos nas distintas fases da floração do cafeeiro, revisões bibliográficas e trabalhos de investigação científica foram feitos por alguns pesquisadores, sem contudo preencher as lacunas existentes, face ao grande número de questionamentos e às diferentes condições de ambiente envolvidas no cultivo do cafeeiro.

Entre os aspectos envolvidos na dormência do botão floral do cafeeiro, pode-se dizer que existem dois grupos: os de ordem fisiológica (internos), como, por exemplo, a ação e interação dos fitohormônios (giberelinas, citocininas, ácido abscísico), e os fatores externos ou do ambiente (temperatura, tensão de água no solo, fotoperiodismo, entre outros), os quais interagem para promover a estagnação do crescimento dos botões florais por um certo período, sendo estas interações pouco esclarecidas e com antagonismos entre as diferentes correntes de pesquisadores.

Para Alvim (1960), os primórdios florais diferenciados crescem de modo contínuo por um período de cerca de dois meses até atingirem um tamanho máximo de 4 a 8 mm, ocorrendo então uma pausa de semanas ou meses de duração (dormência), dependendo das condições externas, principalmente distribuição das chuvas. Não havendo uma estação seca definida, os botões crescem continuamente, resultando em floradas sucessivas, devido à iniciação dos primórdios florais ocorrer em períodos mais ou menos extensos.

Mes (1956), citado por Frederico & Maestri (1970), atribui a dormência exclusivamente ao déficit interno de água nos botões florais, mesmo com

suprimento razoável de umidade no solo. Alvim (1958) sugere que não se trata apenas de um fenômeno físico de suprimento de água, porém de um possível mecanismo químico ou hormonal. A hidratação estimularia a síntese ou ativação de um hormônio responsável pela antese. Durante o período seco, grandes quantidades de inibidor do tipo ácido abscísico (AAb) se acumulam nas gemas florais do café, sendo responsáveis por 75% do processo de dormência (Browning et al., 1970). A dormência talvez esteja relacionada com um balanço interno desfavorável entre promotores e inibidores (Browning, 1973); (Gopal & Vasudeva, 1973); (Gopal & Venkataraman, 1976).

Para as regiões cafeeiras do Brasil, é pouco provável a influência direta do fotoperíodo sobre a dormência e, conseqüentemente, sobre sua quebra, pois no período de floração do cafeeiro as exigências em **luz** são totalmente supridas, atendendo à necessidade fotoperiódica do cafeeiro, que é de **13-14** horas. Rena & Maestri (1986) concluem que são necessárias investigações críticas para estabelecer com segurança o papel regulador do fotoperíodo na indução floral em café, procurando determinar inequivocadamente seu efeito direto no processo, à parte de efeitos indiretos via crescimento vegetativo.

Quanto ao papel da temperatura na quebra da dormência dos botões florais, toma-se muito difícil analisar suas implicações isoladamente, pois tanto as chuvas quanto a irrigação promovem um abaixamento relativo da temperatura. Diante do exposto, surgem especulações e divergências.

Rees (1964), trabalhando com *Coffea rupestris*, observou que a planta constantemente irrigada parece ter sido estimulada com pequenos chuviscos, enquanto plantas não irrigadas só foram estimuladas com chuva mais intensa. Como a queda rápida da temperatura sempre esteve associada com os chuviscos e a chuva, o autor sugeriu que a queda abrupta da temperatura foi o que provocou a quebra da dormência na planta irrigada, propondo a existência de dois tipos de dormência nos botões florais do cafeeiro, uma dormência imposta

por déficit de água, que pode ser superada com água, e uma dormência verdadeira, de natureza endógena, que exige uma queda rápida da temperatura para ser eliminada.

As postulações feitas por Astegiano (1984) foram divergentes. O autor observou que após os botões florais terem atingido o crescimento máximo, estes parecem iniciar um período de verdadeira dormência, induzida pela própria planta, independente das condições do meio ambiente.

Browing (1975) associou a quebra da dormência dos botões florais com uma queda de **3°C** na temperatura, dentro de um período de **45** minutos ou menos, baseando-se nos dados meteorológicos e nas floradas de três anos consecutivos.

Quebrar a dormência através do uso de fitohormônios tem sido uma prática bastante estudada, porém sem resultados práticos que venham a convergir para a utilização deste mecanismo em campo. Alvim (1958) constatou que todas as substâncias de natureza auxínica produziram resultados negativos quanto ao rompimento da dormência.

Uma vez que fitohormônios do tipo giberelina substituem o efeito do frio na quebra da dormência, Alvim (1958) sugeriu que também poderiam substituir o período seco. Na região costeira do Peru, onde as gemas retomam o crescimento após irrigação que segue um período seco, este pesquisador foi bem sucedido na quebra da dormência quando aspergiu os botões florais de cafeeiros irrigados com soluções de **10, 25 e 100ppm** de Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>). Através dos resultados apresentados por Browing (1975), foi observado que o GA<sub>3</sub> induziu a abertura dos botões florais.

Browing (1973) verificou que após irrigação por aspersão, os níveis de giberelinas ativas aumentam rapidamente nas gemas florais, e que a quebra da dormência dos botões florais parece ter sido provocada por uma transformação de giberelinas inativas em giberelinas ativas dentro dos botões. Concluiu,

portanto, que para a quebra da dormência é necessário apenas um aumento transitório dos níveis de giberelinas ativas nos botões, sendo que o promotor aumenta apenas até o 4º dia após a irrigação por aspersão, caindo daí até a antese.

A dormência das gemas das espécies de clima temperado é mantida por inibidores naturais do tipo ácido abscísico (AAb). De acordo com Browing (1973), o nível de AAb nos botões dormentes é bastante alto em valores absolutos; no entanto, o inibidor permanece constante até o quarto dia após a irrigação, quando aumenta até a abertura do botão. Aparentemente, a quebra da dormência se dá mais em razão do aumento do nível de promotores **ou** da razão promotor/inibidor que por diminuição do inibidor (Barros & Maestri, 1978).

Quanto mais prolongado for o período seco, maior será a eficiência dos tratamentos que quebram a dormência dos botões (Rena & Maestri, 1986), pois a seca aumenta a sensibilidade de resposta das gemas dormentes. Como condições de déficit de água promovem o acúmulo de AAb, é provável que o inibidor prepare a gema para uma resposta mais eficiente à ação posterior da giberelina no processo de quebra da dormência.

O papel de fitohormônios do tipo citocinina parece estar ligado mais ao crescimento dos botões que à quebra da dormência. Como as citocininas constituem agente de atração de nutrientes, e como a importação destes para as gemas é bem acentuada, é provável que os dois fenômenos estejam relacionados (Barros & Maestri, 1978). O nível de citocinina nas gemas sobe desde o segundo dia após a quebra da dormência até dois dias antes da antese; como a partir do quarto dia o nível de GA<sub>3</sub> cai e o de AAb aumenta, é possível que daí em diante a citocinina contrabalance o AAb (Browning, 1973).

Apenas um princípio fitoquímico, as giberelinas, originadas no próprio botão floral, parece ser essencial na quebra da dormência; um segundo princípio,



citocininas, teria, quando muito, um papel complementar no crescimento do botão.

É evidente que existe uma íntima ligação entre a tensão de água no solo e na planta e a atividade fitohormonal, responsável direta pela quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro. Esta relação, pelo grau de complexidade e o número de variáveis envolvidas, exige investigações aprofundadas e criteriosas visando a elucidação de pontos desconhecidos.

## **2.2 Efeitos da tensão de água no solo e na planta sobre a quebra da dormência dos botões florais**

Quanto aos aspectos ligados às implicações da tensão de água no solo na fisiologia da floração do cafeeiro, houve certa estagnação nas pesquisas a partir da década de setenta, que foram retomadas no final da década de noventa, sem contudo esclarecer e tornar aplicáveis os seus resultados para os cafeicultores. Sabe-se hoje, através de alguns trabalhos desenvolvidos em outras regiões cafeeiras do globo (Crisosto et al., 1992; Drinnam & Menzel, 1994 e 1995), que o estresse hídrico associado à irrigação é uma prática que pode vir a uniformizar a floração do cafeeiro e, conseqüentemente, a frutificação e colheita.

Alvim (1960) relata que o estresse hídrico é fator necessário à quebra da dormência dos botões florais do cafeeiro e associa tal aspecto à influência do frio na quebra da dormência de plantas de clima temperado.

A elucidação do mecanismo da indução e quebra de dormência dos botões florais, além de seu valor intrínseco, poderá servir de guia para um possível controle da floração, visando a maturação de frutos numa mesma época (Frederico & Maestri, 1970).

Dois grandes questionamentos são feitos: qual a relação entre potencial hídrico no solo e na planta e que alterações esta relação traz à atividade

fíttohormonal, reguladora do florescimento? Existem, neste ponto, controvérsias quanto até que potencial hídrico será submetida a planta para que a modificação deste venha a romper a dormência dos botões e se isso acarretará prejuízos na colheita.

Barros & Maestri (1978) observaram que cafeeiros submetidos a longo período de estresse hídrico respondem a chuvas pesadas no que diz respeito à quebra da dormência, mesmo que não haja queda rápida de temperatura; e que chuvas menores que 7,5 mm, mesmo que acompanhadas de queda de temperatura, não provocam florada.

Magalhães & Angelocci (1976) notaram que a quebra da dormência dos botões, por irrigação do solo, somente ocorria quando o potencial hídrico das folhas baixava além de - 1,2 MPa . Os autores postulam que, sob condições de déficit hídrico, as folhas fornecem água aos botões até que o potencial das folhas se iguale ou se tome mais negativo que o dos botões. Logo que o fluxo de água paralise (- 1,2 MPa ), ou se reverta por excessiva dessecação das folhas, as flores se abrem em resposta à irrigação. Concluíram eles que um potencial hídrico foliar de - 1,2 MPa é necessário para a quebra da dormência, e que a irrigação causa a abertura das flores em virtude de uma rápida entrada de água nos botões, como resposta ao potencial hídrico das folhas.

Crisosto et al. (1992), trabalhando com *Coffea arabica* L., verificaram que mesmo estresses hídricos mais severos não tiveram tanta implicação no crescimento vegetativo durante a iniciação floral. Constataram, ainda, que a quebra da dormência dos botões florais ocorre quando o cafeeiro é submetido a potenciais hídricos foliares de - 0,8 MPa com posterior irrigação, e que esta prática é muito importante para a sincronização da floração. Drinnan & Menzel (1994), em experimentos com as cultivares Catuaí Vermelho e Mundo Novo, constataram que a dormência dos botões florais só era quebrada quando as

plantas eram submetidas a uma variação de potencial hídrico da ordem de - 2,0 MPa (Av).

Alvim (1964) propôs o termo “hidroperiodismo” para esse tipo de relação entre a água e o cafeeiro, na qual ocorre a abertura floral (antese), após chuva ou irrigação, em plantas de café que passaram por um período de déficit hídrico. Quanto ao sinal que leva ao desencadeamento do processo de retomada do crescimento dos botões florais, acredita que depois de um período seco, tanto a chuva quanto a irrigação promovem a queda brusca da temperatura, provocam uma elevação rápida do potencial hídrico das gemas, a qual seria, então, o fator desencadeador da transformação de giberelinas inativas em ativas, promotoras do rompimento da dormência.

Astegiano (1984) e Astegiano et al. (1988) postularam que os botões florais dormentes fariam a “leitura” cumulativa da tensão hídrica tanto na sua magnitude quanto na sua duração (dada por um período prolongado ou por acúmulo de períodos curtos). Nas plantas que não atravessam um período definido de tensão hídrica, a dormência só é quebrada em espaços de tempo mais prolongados, uma vez que plantas constantemente irrigadas apresentam, em dias quentes e ensolarados, curtos períodos de “déficit hídrico”, em razão da demanda transpiratória, os quais podem ser integrados pelos botões florais.

Crisosto et al. (1992) observaram, em um experimento no campo, que um pequeno número de botões florais passou do estágio 4 para o 6 (antese) sem, contudo, as plantas serem submetidas a déficit hídrico, fato que não ocorreu no experimento que conduziram em condições controladas.

Acredita-se que seja necessário um sinal radicular para desencadear o processo (Rena & Maestri, 2000), induzido pela variação de potencial hídrico no sistema radicular, independente do potencial hídrico foliar (Crisosto et al., 1992).

Toma-se evidente que investigar tais interações representa um importante passo na busca de soluções para a desuniformidade de floração do cafeeiro, auxiliando na tomada de decisões em relação ao manejo da irrigação em áreas ditas “marginais”.

### 2.3 *O contínuum* solo-planta-atmosfera: a relação **entre** potencial hídrico do solo e da folha

As espécies vegetais produzem, através da fotossíntese, carboidratos, fonte energética para o homem e os animais. O carbono necessário à fotossíntese é extraído do CO<sub>2</sub> do ar que entra, por difusão, pelos estômatos nas partes verdes da planta. No interior dos estômatos, o ar está quase saturado com água. Como a atmosfera ao redor da planta encontra-se normalmente com umidade abaixo da saturação, uma difusão de água ocorre, na forma de vapor, dos estômatos para a atmosfera. Esse processo de perda de água pela planta (transpiração) é expresso em volume por unidade de área e tempo. Este fenômeno faz variar o potencial hídrico no sistema solo-planta-atmosfera, responsável pelo movimento da água da raiz para a planta e daí para a atmosfera.

A planta mantém o equilíbrio hídrico extraindo água, com nutrientes dissolvidos, do solo através de seu sistema radicular. Quando a quantidade de água presente no solo diminui, a planta encontra dificuldade em absorver uma vazão de água igual àquela que está perdendo e começa a fechar os estômatos para diminuir a difusão de água para a atmosfera. Em consequência, diminui a quantidade de gás carbônico que entra na planta pelas folhas, principalmente, bem como absorção de água e nutrientes pelas raízes (Van Lier, 1994).

A água, como todos os corpos na natureza, está sempre em busca de um estado mínimo de energia. Move-se de pontos de maior energia (potencial) para pontos de menor energia. A água na planta (células) divide-se basicamente,

segundo Lacher (2000), em: *ú p a de hidratação*, ou seja, aquela que está associada aos íons ou dissolvendo substâncias orgânicas e macromoléculas, ou ainda preenchendo os espaços entre as finas estruturas do protoplasma e a parede celular; *á p a de estoque*, que preenche os vacúolos ou vesículas celulares; *água intersticial*, que serve de meio de transporte nos espaços intercelulares e, finalmente, *ú p a vascular*, que funciona como meio de transporte aos elementos condutores do xilema e floema.

Para a atividade bioquímica das células não é importante a quantidade de água nela existente, mas sim o seu estado termodinâmico, ou seja, seu potencial hídrico - quantidade de trabalho necessário para elevar a água osmoticamente ligada ao nível potencial da água pura. Na solução, a água está osmoticamente ligada, sendo necessário o emprego de energia para torná-la disponível. O potencial osmótico da água ( $\Psi_{os}$ ) na solução é sempre menor que o da água pura e, portanto, assume sempre valores negativos. A água adsorvida em colóides ou em superfícies hidrofílicas apresenta também valores negativos de potencial (potencial matricial -  $\Psi_m$ ). Se a água está sob pressão, sua energia livre aumenta e o potencial de pressão ( $\Psi_p$ ) em relação à água não pressurizada é positivo. De acordo com Kramer & Boyer (1995) e Lacher (2000), o potencial total da água na planta ou potencial hídrico ( $\Psi_H$ ) para a maioria dos agroecossistemas, é o somatório dos potenciais citados anteriormente, desprezando-se um outro componente, **que** seria o potencial gravitacional ( $\Psi_g$ ).

A água no solo está submetida à ação de uma série de fatores que influenciam diretamente a sua retenção. O conceito de potencial hídrico do solo, o que alguns autores denominam de potencial total de água no solo, surgiu com a intenção de elaborar uma teoria que englobasse todos esses fatores (Oliveira, 1997). O potencial hídrico do solo pode ser considerado como "a quantidade de trabalho que é preciso aplicar para transportar reversível e isotermicamente a

unidade de água desde uma situação standar de referência até um ponto considerado do solo” (Pizzarro, 1987).

O potencial total de água no solo é o somatório de diversos componentes conhecidos, como gravitacional, osmótico, de pressão e matricial. Em condições isotérmicas, sem excesso de sais e solo não saturado, os potenciais de gravidade e matricial são os mais importantes. O potencial gravitacional é consequência da posição ocupada pela água em relação a um plano de referência, e o matricial é o resultado de forças capilares e de adsorção que surgem em razão da interação entre a água e a matriz (arranjo das partículas) do solo (Reichardt, 1985).

O estado da água no *continuum* solo-planta-atmosfera é uma propriedade dinâmica que está associada ao balanço entre a perda de água na folha e a absorção de água pela raiz. Alterações no potencial hídrico foliar afetam diretamente os processos fisiológicos e, por consequência, o crescimento e a produtividade das culturas. O uso do potencial de água na folha tem sido bastante estudado por se tratar de uma medida simples e rápida de determinar o estado da água no vegetal. Os valores absolutos de potencial são confiáveis como indicadores de estresse hídrico; contudo, Klar (1984) recomenda que tal medida seja usada com prudência, uma vez que adaptações evolutivas e fisiológicas ao meio ambiente podem influenciar, de forma marcante, o nível de potencial no qual o estresse se estabelece.

Quando o solo seca, o total de água nele contido e o potencial mátrico, bem como a condutividade hidráulica, ficam cada vez menores, fazendo com que sejam necessários gradientes de potencial cada vez maiores entre solo e raiz para se manter um fluxo de água. Não existe, contudo, um consenso entre os pesquisadores da área sobre a causa de o fluxo de água às raízes, em certas circunstâncias, ser insuficiente para suprir a demanda transpiratória.

De acordo com Van Lier (1994), os cientistas se dividem em três grupos quanto à explicação desse fenômeno. Os do primeiro grupo acreditam que a

condutividade hidráulica do solo seja o fator limitante: a ocorrência de uma zona de esgotamento de água próximo às raízes causa uma diminuição na condutividade hidráulica. Pesquisadores do segundo grupo defendem que a água encontra uma maior resistência quanto ao seu movimento dentro do tecido vegetal, a caminho do xilema. O terceiro grupo de cientistas é da opinião de que existe uma grande resistência ao movimento de água no exato limite entre solo e raiz (interface solo-raiz).

Apesar do grande número de estudos sobre relações hídricas no cafeeiro, até então não foram encontrados trabalhos que tenham se ocupado em estudar a relação entre o potencial hídrico foliar e no solo, para cafeeiros em condição de campo. Alguns pesquisadores estudaram essa dinâmica dentro de uma outra perspectiva, em trabalhos com outras culturas (Brunini & Thurthell, 1981; Lafolie et al., 1991; Tardieu et al., 1992).

Angelocci et al. (1983 a, b, c), trabalhando em ambiente controlado com as espécies *C. arabica* L. (cultivar Catuaí) e *C. canephora* Pierre (cultivar Robusta), verificaram que a resistência à difusão de vapor da folha cresceu drasticamente a partir de um potencial hídrico foliar inferior a - 1,2 MPa para o Catuaí e - 1,0 para o robusta, e que a resistência hidráulica da planta sempre foi maior que a do solo, embora esse resultado possa ter sido afetado pelo modelo de estimativa do potencial da água na superfície radicular e que ocorreu um padrão bifásico de recuperação do potencial da água das folhas quando elas foram irrigadas após certo grau de déficit hídrico.

Meinzer et al. (1990) verificaram, para cafeeiros no campo, as relações entre o potencial da água da folha e os fluxos gasosos, a variação do módulo de elasticidade da célula, do potencial osmótico e do potencial da água da folha, bem como as variações de condutância estomática e difusão de vapor, quando ocorria secamento do solo. Observaram que as taxas de difusão de vapor entre cultivares eram diferentes, e que plantas submetidas a déficit hídrico tiveram o

módulo de elasticidade celular reduzidos. Verificaram, ainda, que mudanças na assimilação de carbono e condutância estomática foram largamente independentes das alterações do turgor celular, mas associadas às modificações no volume relativo do simplasto. Os autores sugerem que o ajustamento osmótico contribui para a manutenção dos fluxos gasosos em folhas de cafeeiros sob déficit hídrico.

Visando aumentar o conhecimento sobre os mecanismos biofísicos do transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera, Brunini & Angelocci (1998) estudaram a relação entre as resistências ao fluxo de água e a diferença de potencial da água entre solo e planta, em mudas de cafeeiro da cultivar Icatu crescendo em ambiente controlado. Concluíram que existe uma relação linear entre a transpiração e os potenciais hídricos do solo e da folha. Observaram, ainda, que a resistência da planta ao fluxo foi sempre superior à do solo e que houve um padrão bifásico de recuperação do potencial da água na folha, representado por uma fase inicial de alta taxa de variação de potencial hídrico foliar, seguido de outra, com variações menores de potencial.

Em tempos de escassez de água, racionalizar e minimizar os gastos com a irrigação é um ponto preponderante. Dentro dessa ótica, manejar os sistemas com base em parâmetros ligados à planta será essencial para baixar custos de produção e maximizar ganhos. Determinar o ponto ótimo de irrigação com base no potencial hídrico foliar é algo imprescindível à automação e operacionalização de sistemas de irrigação, em tempos de agricultura de precisão. A aplicação dos conceitos de desenvolvimento sustentável aos sistemas agrícolas premiará os projetos elaborados com base em conceitos que levarão a uma maior eficiência no uso da água.



## 2.4 Efeito do déficit hídrico no acúmulo de prolina

Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de afetar diretamente as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, é fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultivadas (Kramer & Boyer, 1995). Portanto, de acordo com esses autores, as plantas parecem ter desenvolvido mecanismos, capazes de diminuir os efeitos da falta de água no solo, que podem ser transmitidos geneticamente.

Entre esses mecanismos, o ajustamento osmótico, que é resultado de acúmulo líquido de solutos no vacúolo, incluindo cátions, ácidos orgânicos e açúcares, parece ser um dos mais eficientes em conferir às plantas tolerância ao déficit hídrico (Da Matta, 1991).

De acordo com Mazzafera & Carvalho (1987), alguns estudos foram feitos comparando plantas do gênero *Coffea* em relação ao seu comportamento mediante estresse hídrico, objetivando encontrar indicadores fisiológicos que poderiam contribuir para um manejo mais eficiente dos sistemas de irrigação. Para tal fim, diferentes parâmetros foram avaliados, podendo ser citados o potencial da água e osmótico na folha, condutância estomática, atividade da redutase do nitrato, temperatura da cobertura foliar, sistema radicular e acúmulo de prolina. Nesse contexto, a eficiência quântica da fotossíntese e os níveis de clorofila são francamente estáveis, mesmo sob severa desidratação, não podendo ser tomados como indicadores de tolerância à seca (Rena & Maestri, 2000). O mesmo aplica-se à fisiologia estomática e ao curso de recuperação do déficit hídrico, após um período de estiagem, posto que esses indicadores retomam a valores normais **após** a seca, sem recuperação correspondente da capacidade fotossintética.

Alguns cientistas desenvolveram pesquisas no sentido de detectar compostos orgânicos que poderiam ter o aumento de suas concentrações (ajustamento osmótico) correlacionados ao aumento do déficit hídrico, o que poderia levar à detecção de plantas tolerantes ou resistentes a baixos potenciais de água no solo. Parece, contudo, que o aminoácido prolina é o que melhor se correlaciona (Vasueda et al., 1981; Da Matta, 1991; Da Matta et al., 1993; Maestri et al., 1995; Matsumoto et al., 2000; Rena & Maestri, 2000; Carr, 2001).

O aumento de prolina como um parâmetro indicativo de resistência a déficits hídricos baseia-se nas propriedades desse aminoácido na turgescência celular, proteção de sistemas enzimáticos e proteínas contra a desnaturação. Alguns fenômenos são normalmente associados a esse acúmulo, como estabilização de proteínas, manutenção da atividade enzimática, conservação de compostos nitrogenados ou substratos respiratórios (Rodrigues, 1988). Tendo a prolina alta solubilidade, supõe-se que durante a ocorrência de um déficit hídrico, a mesma assumira importância como fornecedora de nitrogênio e fonte de carbono (Mazzafera & Teixeira, 1989).

Existem, entretanto, controvérsias quanto à real relação entre os níveis de prolina e o status hídrico do cafeeiro, uma vez que a maioria das pesquisas foram conduzidas em casas-de-vegetação. Maestri et al. (1995), trabalhando com plantas jovens das cultivares “Catuaí Vermelho e Amarelo” e também “Mundo Novo”, obtiveram boa correlação entre o potencial hídrico foliar e os níveis de prolina. Resultados semelhantes foram apresentados por Mazzafera & Teixeira (1989) e Da Matta et al. (1993). Contudo, Rena & Maestri (2000) ponderam que esse aminoácido não se relaciona satisfatoriamente com a tolerância à seca em várias cultivares de arábica e canephora, e que o potencial hídrico de ante-manhã, que independe largamente das condições atmosféricas, parece indicar melhor o estado hídrico do cafeeiro, podendo, portanto, ser utilizado como o índice mais adequado para a estimativa da necessidade de irrigação. A

correlação entre tolerância à seca e o teor de prolina pode não ocorrer, isto pelo fato de que o potencial de acúmulo deste aminoácido talvez esteja diretamente e simplesmente relacionado com a diminuição de água nos tecidos.

Objetivando maior utilização dessas relações na determinação da necessidade de irrigação, no presente trabalho avaliaram-se, também, os níveis de prolina de cafeeiros no campo, submetidos a diferentes déficits hídricos.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Observação

Antes da implantação deste trabalho de pesquisa, a área em que seria conduzido o presente experimento estava ocupada por outro. Nos meses anteriores à aplicação dos tratamentos, abril e maio (período de colheita), o cafeeiro estava sendo apenas “molhado”.

#### 3.2 Área experimental

O experimento foi instalado em área experimental da Fazenda Santa Clara, propriedade de Francisco Carlos Alves Trindade, em Carajás, Bahia, latitude de 14°46'S, longitude de 41°20'W, ocupando uma área de aproximadamente 0,20 ha, conforme levantamento planialtimétrico realizado em 09 de dezembro de 2000. Escolheu-se a presente área em função da escassez de chuvas no período de condução da pesquisa, conforme dados climatológicos (Anexos).

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 1999). Em janeiro de 2001 foram feitas análises químicas e físico-hídricas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, a fim de caracterizar o mesmo (Anexos).

#### 3.3 Cultura

Foi utilizada, neste trabalho, uma lavoura de café (*Coffea arabica* L.) da cultivar “Catuaí Vermelho”, com 6 anos de idade, plantada no espaçamento de (2,50 x 1,50 m).

Durante todo o período de condução do experimento, procederam-se os tratos culturais e controles fitossanitários sempre que necessários, conforme recomendação de Mendes et al. (1995).

### 3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) no esquema de parcelas subdivididas no tempo (Split-plot), com 5 repetições. Inicialmente dividiu-se a área experimental em 5 talhões (setores), cada talhão era composto por 8 linhas de cafeeiro, com aproximadamente 13 metros de comprimento. Em cinco linhas, selecionaram-se três plantas, das quais apenas a planta do centro era avaliada (parcela útil); as linhas externas serviram de boradura. Posteriormente, sorteou-se para cada talhão um tratamento. Os tratamentos consistiram em submeter o cafeeiro a diferentes frequências de irrigação:

- T<sub>1</sub> - Irrigação de 2 em 2 dias;
- T<sub>2</sub> - Irrigação de 4 em 4 dias;
- T<sub>3</sub> - Irrigação de 6 em 6 dias;
- T<sub>4</sub> - Irrigação de 8 em 8 dias
- T<sub>5</sub> - Irrigação de 10 em 10 dias.

Em todos os tratamentos, repunha-se a lâmina consumida em cada intervalo de tempo, de forma a voltarem os níveis de umidade para a capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ). No presente trabalho, em função do tipo de solo, adotou-se como umidade, na capacidade de campo, aquela retida a uma tensão de 10 Kpa (1 mca). Não utilizou-se um tratamento sem irrigação (testemunha), pois as plantas não resistiriam a tamanho déficit hídrico.

### 3.5 Sistema e manejo da irrigação

O experimento foi irrigado por gotejamento, utilizando-se um sistema não automatizado de irrigação, em que a água era distribuída às plantas através de gotejadores integrados com 20 mm de diâmetro, fabricados com resina virgem de polietileno linear de baixa densidade, com vazão nominal de 3,8 a 4,2 l/h e pressão máxima de serviço de 35 mca. Na entrada de cada setor de irrigação foram instaladas válvulas reguladoras de pressão com o intuito de melhorar a distribuição de água.

Os gotejadores foram instalados nos tubos em espaçamentos de 0,50m, de maneira que a superfície molhada formasse uma faixa contínua ao longo da linha de plantio.

Foi feito um teste do bulbo úmido no dia 12 de maio de 2001, em uma área adjacente à do experimento, plantada também com café, no mesmo espaçamento e com as mesmas características de **solo**, com o intuito de conhecer o perfil de molhamento do mesmo. O teste consistiu em submeter o sistema a condições normais de funcionamento (pressão no cabeçal de controle e nas linhas laterais estabilizadas). A partir disso, enumeraram-se seis gotejadores de uma linha de distribuição, sendo a mesma deslocada para o centro da linha de plantas com o intuito de facilitar os trabalhos. Posteriormente, foram gerados perfis de molhamento: 1º gotejador - 0,5 hora; 2º gotejador - 1 hora; 3º gotejador - 2 horas; 4º gotejador - 3 horas; 5º gotejador - 4 horas; 6º gotejador - 5 horas). Após a quarta hora de teste, já se havia formado uma faixa molhada até uma profundidade de aproximadamente 0,40 m. Através da avaliação feita na quinta hora, foi possível observar a estabilização de uma faixa molhada de 0,60 m de largura, valor este adotado para o manejo da irrigação.

O manejo da irrigação foi feito através de tensiômetros, constituídos de tubos de PVC, roscável, com diâmetro de ½”, cápsulas de porcelana porosa,

tubo acrílico com diâmetro interno de 13 mm, borracha de vedação e vacuômetro; instalados em baixo da “copa” do cafeeiro, na faixa molhada a 0,15 m da linha de irrigação, e a uma profundidade de 0,30 m (local onde concentra-se o maior volume de raízes).

Para determinar as lâminas a serem aplicadas, utilizou-se a curva característica de retenção de água no solo, gerada a partir de uma amostra deformada, composta por 10 amostragens simples, feitas nas camadas de 0 a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m. Os pontos da curva foram gerados no laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal de Lavras, em fevereiro de 2001, a qual foi ajustada de acordo com Van Genuchten (1980), utilizando o *software* Soil Water Retention Curve (SWRC), desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990). A curva ajustada é expressa pela seguinte equação:

$$U = 0,466 / [1 + (0,0142 \times \Psi_m)^{1,4798}]^{1,1102} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

U - Umidade com base em peso (g/g)

Y, - Potencial matricial do solo (cm)

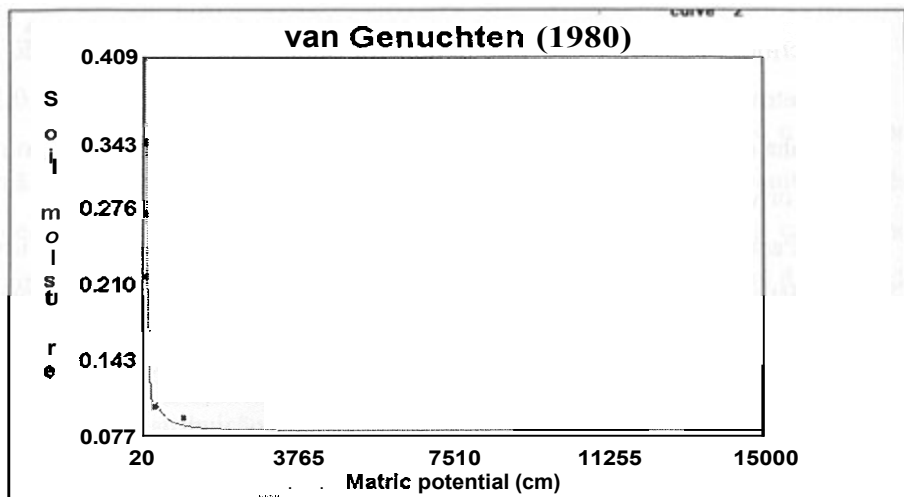


FIGURA 1 - Curva característica de retenção de água no solo, na camada de 0 a 0,40 m, Lavras-MG, 2002.

Depois de obtidas as umidades com base em peso ( $U$ ) - Equação 1, chega-se às umidades com base em volume ( $\theta$ ) através da seguinte equação:

$$\theta = U \times D_s \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$\theta$  - Umidade com base em volume ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )

$U$  - Umidade com base em peso ( $\text{g/g}$ )

$D_s$  - Densidade do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Para o trabalho em questão, determinou-se a densidade do solo, através da média de 10 densidades, geradas a partir de amostras coletadas nas camadas de 0 a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m, chegando-se a uma  $D_s = 1,55 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Todo o processo envolvido na determinação da densidade do solo foi descrito por Oliveira (1997).



As lâminas a serem aplicadas em cada tratamento foram obtidas através da seguinte equação:

$$L = (\theta_{cc} - e_m) \times Pe \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

- L - Lâmina a ser aplicada (mm)
- $\theta_{cc}$  - Umidade na capacidade de campo com base em volume ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )
- $\theta_{\text{atual}}$  - Umidade do solo no momento da irrigação ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )
- Pe - Profundidade efetiva do sistema radicular do cafeeiro (400 mm).

Para determinar os tempos de irrigação, fez-se uma avaliação do sistema de irrigação de acordo com metodologia proposta por Karmeli & Keler, posteriormente modificada por Bernardo (1989). Chegou-se às seguintes vazões médias (Q), para os gotejadores de cada setor:

- Setor 1 (Tratamento 1) - Q = 5,08 l/h
- Setor 2 (Tratamento 4) - Q = 5,06 l/h
- Setor 3 (Tratamento 3) - Q = 5,17 l/h
- Setor 4 (Tratamento 2) - Q = 5,14 l/h
- Setor 5 (Tratamento 5) - Q = 5,10 l/h

De posse dos potenciais mátricos do solo (tensiômetros), foi possível determinar as lâminas a serem aplicadas, e conhecendo-se a faixa molhada e a vazão média dos gotejadores em cada setor, foi possível determinar os tempos de irrigação para cada tratamento, nas diferentes circunstâncias.

## 3.6 Características avaliadas

No decorrer do experimento foram avaliadas as seguintes características:

### 3.6.1 *Florescimento*

As avaliações da floração tiveram início no dia 20 de junho de 2001 e estenderam-se até dezembro. Eram feitas duas vezes por semana (quartas e sábados) e consistiam em contar as flores que se abriam (antese) nos ramos plagiotrópicos do terço superior, escolhidos em cada quadrante das 5 plantas (5 repetições - item 3.4). Para efetuar tal contagem, utilizava-se uma tesourinha para eliminar as pontas das flores, contando-as, portanto, sem risco de recontagem.

### 3.6.2 *Potencial hídrico foliar de ante-manhã (“pre-dawn”) - ( $\Psi_F$ )*

O potencial hídrico foliar de ante-manhã, que segundo Rena & Maestri (2000) é o melhor índice para estimar o status hídrico do cafeeiro, foi determinado sempre às quartas-feiras, antes do amanhecer, no período de julho a dezembro de 2001, utilizando-se, para isso, uma câmara de pressão do modelo 1000, da PMS Instruments (Corvallis-Oregon/USA), aparato proposto por Scholander et al. (1965), cujo princípio de funcionamento e processo envolto nas determinações é apresentado detalhadamente por Ferreira (1997). No presente trabalho, o potencial hídrico foliar de ante-manhã foi determinado em duas folhas com a mesma idade fisiológica, localizadas no terço médio dos ramos plagiotrópicos, situados logo no início do terço superior da planta.

### **3.6.3 Potencial hídrico do solo ( $\Psi_s$ )**

Conforme abordado no item 3.5, foram feitas determinações do potencial hídrico do solo, a uma profundidade de 0,30 m, utilizando-se tensiômetros. Além das leituras feitas de 2 em 2 dias, para o manejo da irrigação, mediu-se também, na ante-manhã das quartas-feiras, o potencial hídrico do solo com o intuito de correlacionar estes valores com o potencial hídrico foliar. Os tensiômetros eram escorvados com água destilada sempre que necessário, possibilitando o equilíbrio entre a tensão da água contida na cápsula do tensiômetro e a tensão da água no solo ao seu redor, de forma que as leituras da tensão correspondessem ao estado real de umidade do solo.

### **3.6.4 Teores de prolina**

Para determinar os níveis de prolina, utilizou-se o mesmo par de folhas usado na determinação do potencial hídrico foliar de ante-manhã. As folhas eram inicialmente colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 72°C, durante 48 horas e posteriormente moídas; então, pesavam-se 100 mg de massa seca das folhas, os quais eram homogeneizados em 10 ml de ácido sulfossalicílico a 3%. Essa mistura era agitada em temperatura ambiente durante 60 minutos e depois filtrada em papel de filtro. Retirava-se uma alíquota de 2 ml do filtrado, adicionavam-se 2 ml de ninhidrina ácida e 2 ml de ácido acético glacial, colocava-se essa mistura em “banho maria” sob ebulição durante 60 minutos, depois se fazia resfriamento em banho de gelo, para finalmente fazer a leitura com o espectrofotômetro a 520 nm. Todo esse protocolo foi descrito por Bates (1973), sem adição de tolueno.

### 3.7 Análise estatística das informações

O número de **flores** acumuladas médio em cada tratamento foi submetido à análise de variância segundo Cochran & Cox (1957).

Para os potenciais hídricos foliares e de solo e os teores de prolina, foram feitas análises de correlação **por** meio do coeficiente de correlação de Pearson, utilizando o *software* SAS (2000) (Statistical Analysis System).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Florescimento

Analisando a Tabela 1, que apresenta o resumo da análise de variância para o número de flores abertas acumuladas médio para os tratamentos, pode-se dizer que a floração teve comportamento diferenciado ao longo do tempo, nas diferentes frequências de irrigação, devido à interação tratamento  $\times$  tempo apresentar alto grau de significância estatística ( $Pr < 0,01$ ). Independente da interação ter sido significativa, observa-se que o número de flores foi igual para todos os tratamentos, já que estes não diferiram estatisticamente. Para avaliar o comportamento da floração ao longo do tempo em cada tratamento, geraram-se curvas de tendência, floração acumulada  $\times$  tempo (Figura 2).

TABELA 1 - Resumo da análise de variância dos dados obtidos de junho a dezembro 2001, na avaliação do número de flores acumuladas médio no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí. UFLA, Lavras-MG, 2002.

Fator de Variação	GL	QM
Tratamentos	4	348.516,78 NS
Resíduo 1	20	206.067,15
Tempo	51	265.370,65 **
Tratamento $\times$ Tempo	204	17005,53 **
Resíduo 2	1020	2.829,44
Total corrigido	1229	
Média Geral	8,8098	
CV	53,96	

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

NS: não significativo

Através da análise conjunta das Figuras 2 e 3, verifica-se que o Tratamento 1 (irrigação de 2 em 2 dias) apresentou 35 picos de floração de diferentes proporções, com maior intensidade de florescimento nos meses de

outubro e dezembro. Os Tratamentos 2 (irrigação de 4 em 4 dias), 3 (irrigação de 6 em 6 dias) e 4 (irrigação de 8 em 8 dias) apresentaram, respectivamente, 17, 25 e 23 picos de floração; nestes também o florescimento concentrou-se nos meses de outubro e dezembro (Figuras 2, 4, 5 e 6). Para o Tratamento 5 (irrigação de 10 em 10 dias), o florescimento concentrou-se nos meses de julho e outubro, e este apresentou 15 picos de floração (Figura 7). Tais resultados são semelhantes aos apresentados por Drinnan & Menzel (1994), que observaram um padrão de floração igual para todos os tratamentos, exceto para as plantas que eram irrigadas em intervalos maiores de tempo. Estes autores verificaram, ainda, um menor número de flores nos tratamentos em que o cafeeiro era submetido a estresse hídrico moderado e severo, fato este não observado no presente trabalho, visto que as diferenças entre o número de flores não apresentaram grau de significância estatística entre os tratamentos.

Pelo que foi observado anteriormente, pode-se dizer, ainda, que houve uma maior desuniformidade de floração no Tratamento 1, uma vez que o número de flores foi igual para todos os tratamentos e este apresentou um maior número de picos de floração (35). Em contrapartida, o tratamento em que o cafeeiro era irrigado em intervalos maiores de tempo (Tratamento 5) foi o que proporcionou uma maior uniformidade de floração, fato este devido a um menor número de floradas, algumas concentradas logo no início das avaliações (Figura 7).

Esses resultados foram semelhantes aos apresentados por Crisosto et al. (1992), que observaram que cafeeiros submetidos a pequenos déficits hídricos (potenciais hídricos foliares variando de -0,3 a -0,5 MPa) tiveram a floração retardada em relação a cafeeiros irrigados em intervalos maiores de tempo. Os autores postulam que em plantas irrigadas com maior frequência (baixos déficits hídricos), os botões florais levam maior tempo para atingirem a condição de maduros e, portanto, prontos para responderem ao estímulo imposto pela

variação de potencial hídrico na planta, decorrente da entrada de água no sistema via chuva ou irrigação. Em cafeeiros submetidos a maiores déficits de água, o amadurecimento dos botões florais é mais rápido e concentrado, fazendo com que as plantas floresçam mais uniformemente. De acordo com Rena & Maestri (2000), para os botões responderem a um estímulo externo (chuva ou irrigação), estes devem estar maduros para tal, e para que isso ocorra, devem passar por um período de déficit interno de água.

Pelo que foi apresentado e discutido até aqui, fica evidente que períodos de déficit de água (irrigações menos frequentes) são de suma importância para que se completem eventos fisiológicos e/ou morfológicos que permitam aos botões florais responder a estímulos externos e reassumir o crescimento. A uniformização da floração está intimamente relacionada ao amadurecimento dos botões florais, o qual depende de déficits internos de água (Astegiano et al., 1988; Crisosto et al., 1992; Drinnam & Menzel, 1994 e Rena & Maestri, 2000; Carr, 2001).

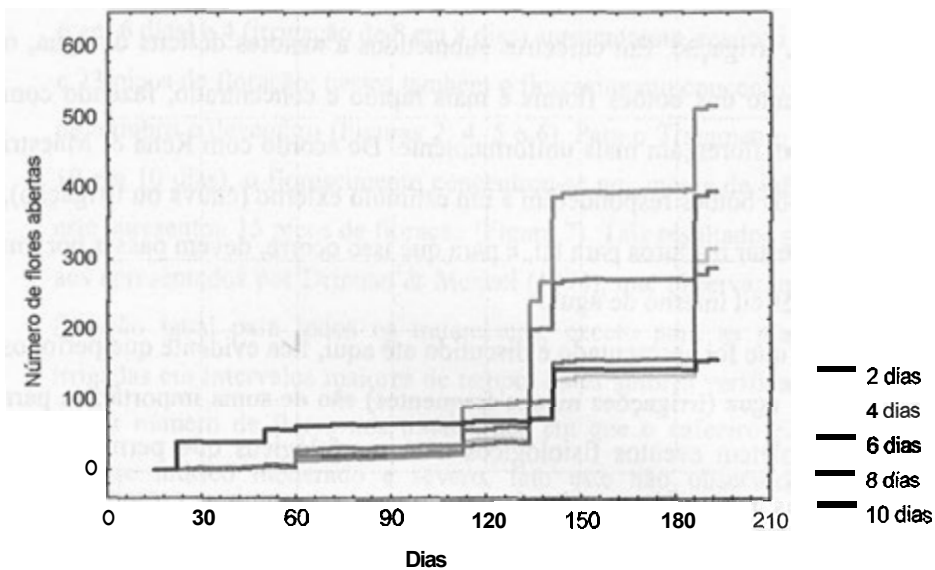


FIGURA 2 - Curvas características do florescimento acumulado, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí, sob diferentes frequências de irrigação. UFLA, Lavras-MG, 2002.



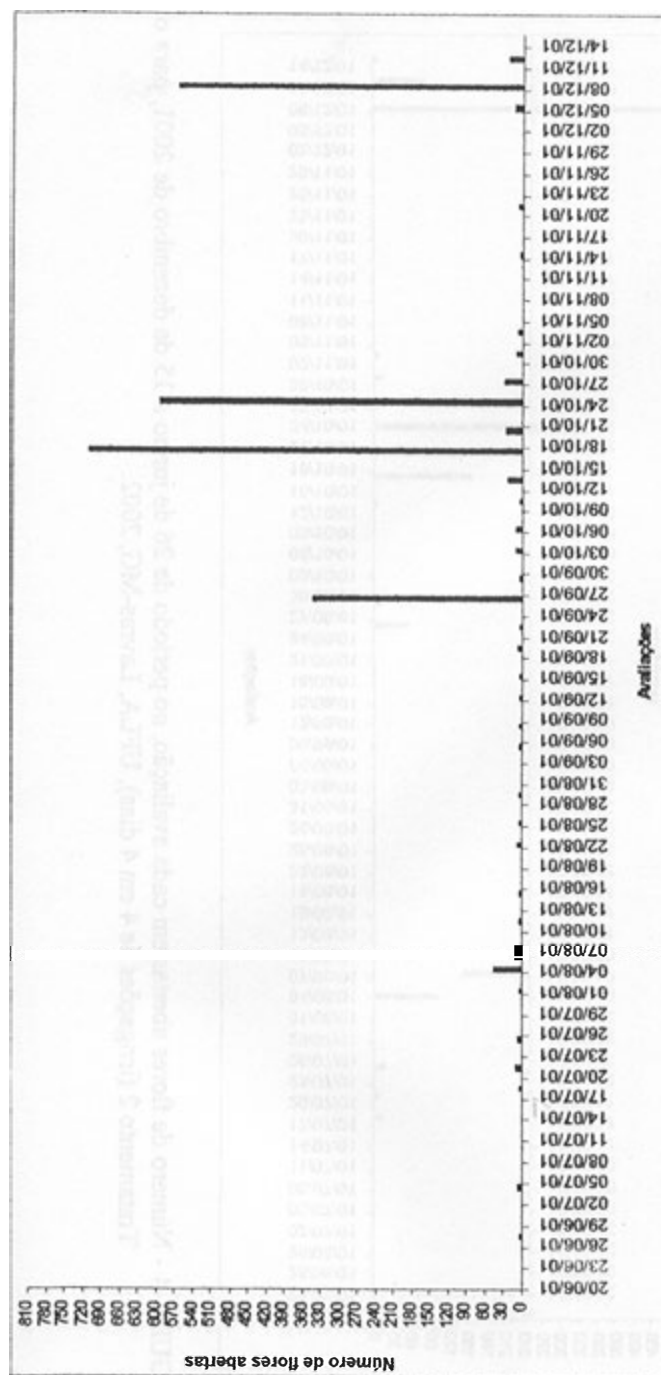


FIGURA 3 - Número de flores abertas em cada avaliação, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o Tratamento 1 (irrigação de 2 em 2 dias), UFLA, Lavras-MG, 2002.

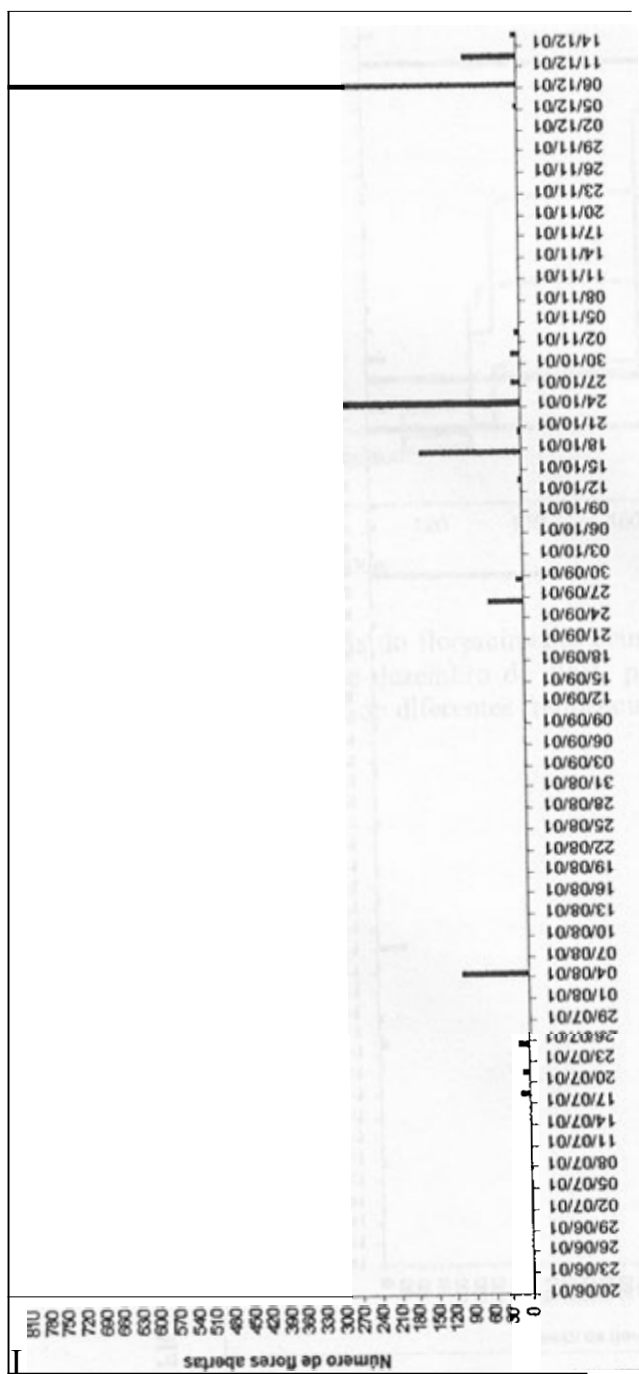


FIGURA 4 - Número de flores abertas em cada avaliação, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o Tratamento 2 (irrigações de 4 em 4 dias), UFLA, Lavras-MG, 2002.

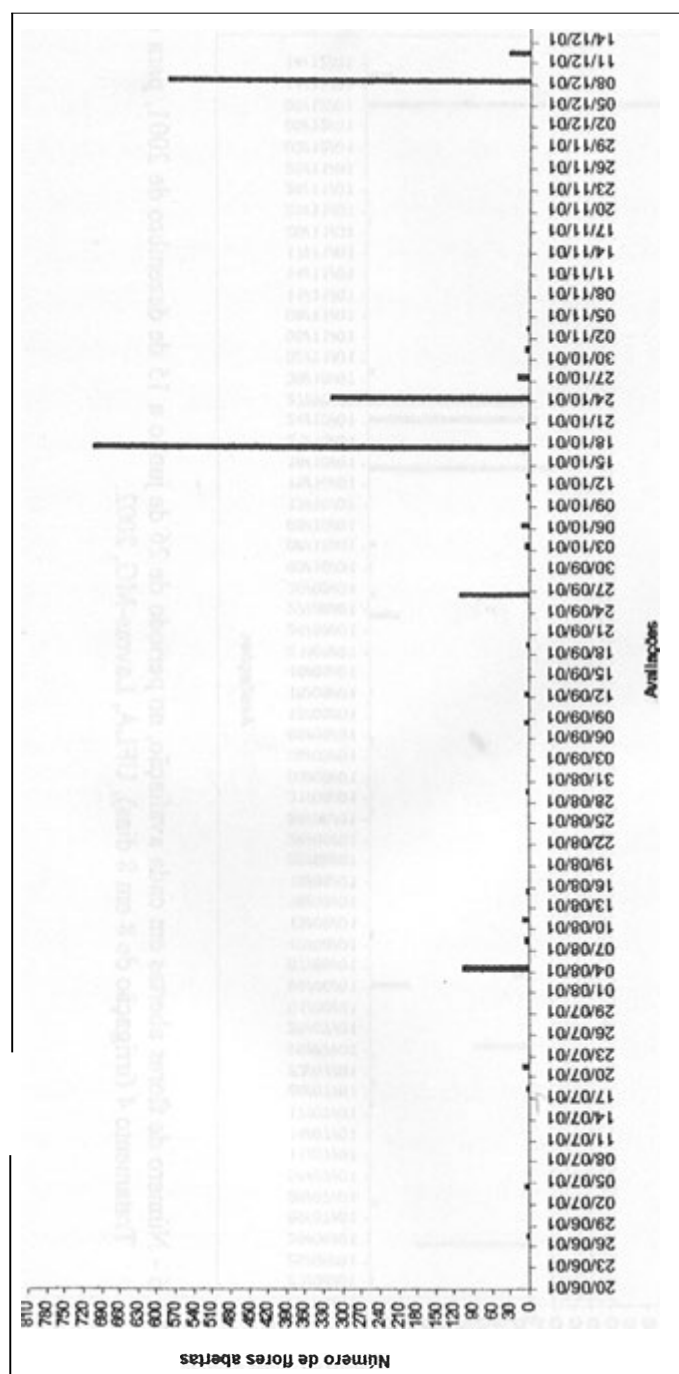


FIGURA 5 - Número de flores abertas em cada avaliação, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o Tratamento 3 (irrigação de 6 em 6 dias), UFLA, Lavras-MG, 2002.

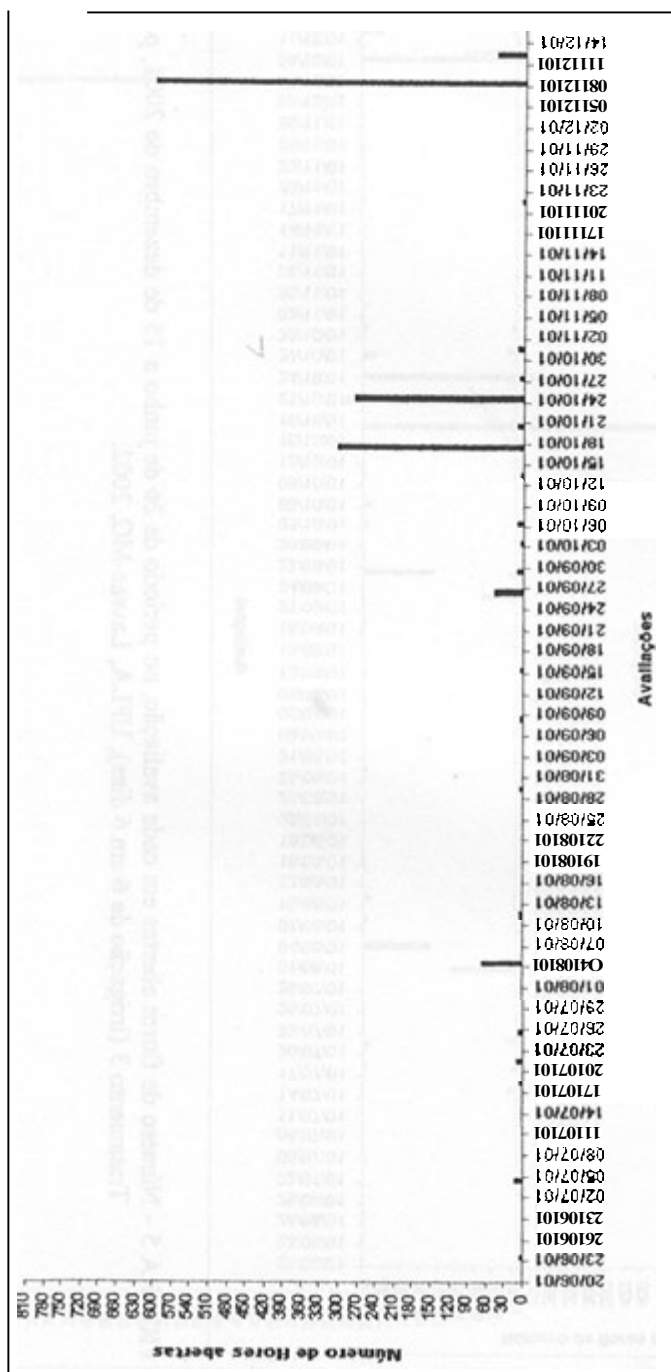
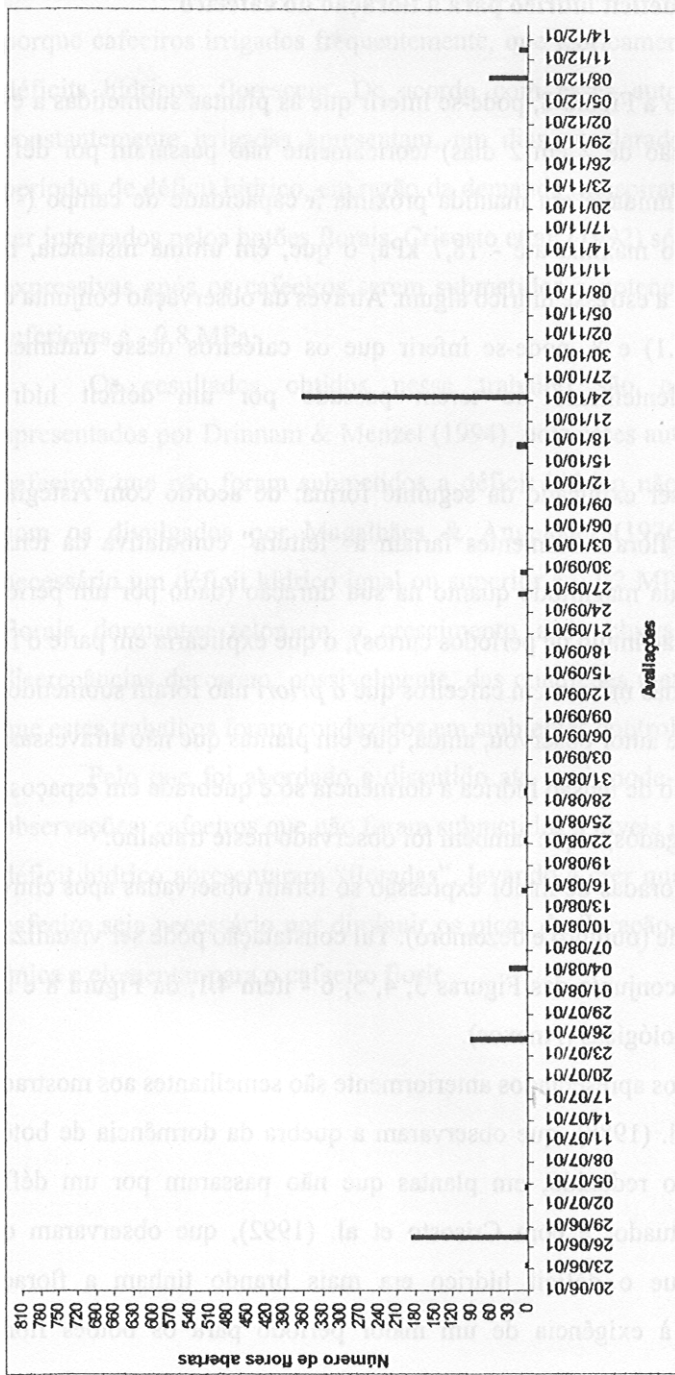


FIGURA 6 - Número de flores abertas em cada avaliação, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o Tratamento 4 (irrigação de 8 em 8 dias), UFLA, Lavras-MG, 2002.



**FIGURA 7 - Número de flores abertas em cada avaliação, no período de 26 de junho a 15 de dezembro de 2001, para o Tratamento 5 (irrigação de 10 em 10 dias), UFPA, Lavras-MG, 2002.**

## 4.2 Exigência de déficit hídrico para a floração do cafeeiro

Observando a Figura 8, pode-se inferir que as plantas submetidas a esse tratamento (irrigação de 2 em 2 dias) teoricamente não passaram por déficit hídrico, já que a umidade era mantida próxima à capacidade de campo (- 10 kPa), com variação máxima até - 18,7 kPa, o que, em última instância, não submete o cafeeiro a estresse hídrico algum. Através da observação conjunta das Figuras 3 (item 4.1) e 8, pode-se inferir que os cafeeiros desse tratamento floriram independentemente de terem passado por um déficit hídrico pronunciado.

Isto pode ser explicado da seguinte forma: de acordo com Astegiano (1984), os botões florais dormentes fariam a “leitura” cumulativa da tensão hídrica, tanto na sua magnitude quanto na sua duração (dado por um período prolongado ou por acúmulo de períodos curtos), o que explicaria em parte o fato de ocorrerem floradas mesmo em cafeeiros que *a priori* não foram submetidos a déficit hídrico. Este autor observou, ainda, que em plantas que não atravessaram um período definido de tensão hídrica a dormência só é quebrada em espaços de tempo mais prolongados, o que também foi observado neste trabalho.

Contudo, floradas de maior expressão só foram observadas após chuvas de maior intensidade (outubro e dezembro). Tal constatação pode ser visualizada através da análise conjunta das Figuras 3, 4, 5, 6 - item 4.1, da Figura 8 e das informações climatológicas (Anexos).

Os resultados apresentados anteriormente são semelhantes aos mostrados por Astegiano et al. (1988), que observaram a quebra da dormência de botões florais, em número reduzido, em plantas que não passaram por um déficit hídrico mais acentuado; e com Crisosto et al. (1992), que observaram que tratamentos em que o déficit hídrico era mais brando tinham a floração retardada, devido à exigência de um maior período para os botões florais

“amadurecerem”. Astegjano et al. (1988) propuseram uma teoria para explicar porque cafeeiros irrigados frequentemente, que teoricamente não passaram por déficits hídricos, florescem. De acordo com esses autores, mesmo plantas constantemente irrigadas apresentam, em dias ensolarados e quentes, curtos períodos de déficit hídrico, em razão da demanda transpiratória, os quais podem ser integrados pelos botões florais. Crisosto et al. (1992) só observaram floradas expressivas após os cafeeiros serem submetidos a potenciais hídricos foliares inferiores a  $-0,8$  MPa.

Os resultados obtidos nesse trabalho são conflitantes com os apresentados por Drinnam & Menzel (1994), pois esses autores observaram que cafeeiros que não foram submetidos a déficit hídrico não floriram; e também com os divulgados por Magalhães & Angelocci (1976), que afirmam ser necessário um déficit hídrico igual ou superior a  $-1,2$  MPa para que os botões florais dormentes retomem o crescimento após chuva ou irrigação. Tais discrepâncias decorrem, possivelmente, das condições metodológicas, uma vez que estes trabalhos foram conduzidos em ambientes controlados.

Pelo que foi abordado e discutido até aqui, pode-se fazer as seguintes observações: cafeeiros que não foram submetidos a níveis mais pronunciados de déficit hídrico apresentaram “floradas”, levando a crer que o déficit hídrico no cafeeiro seja necessário por diminuir os picos de floração, e não uma condição única e elementar para o cafeeiro florir.

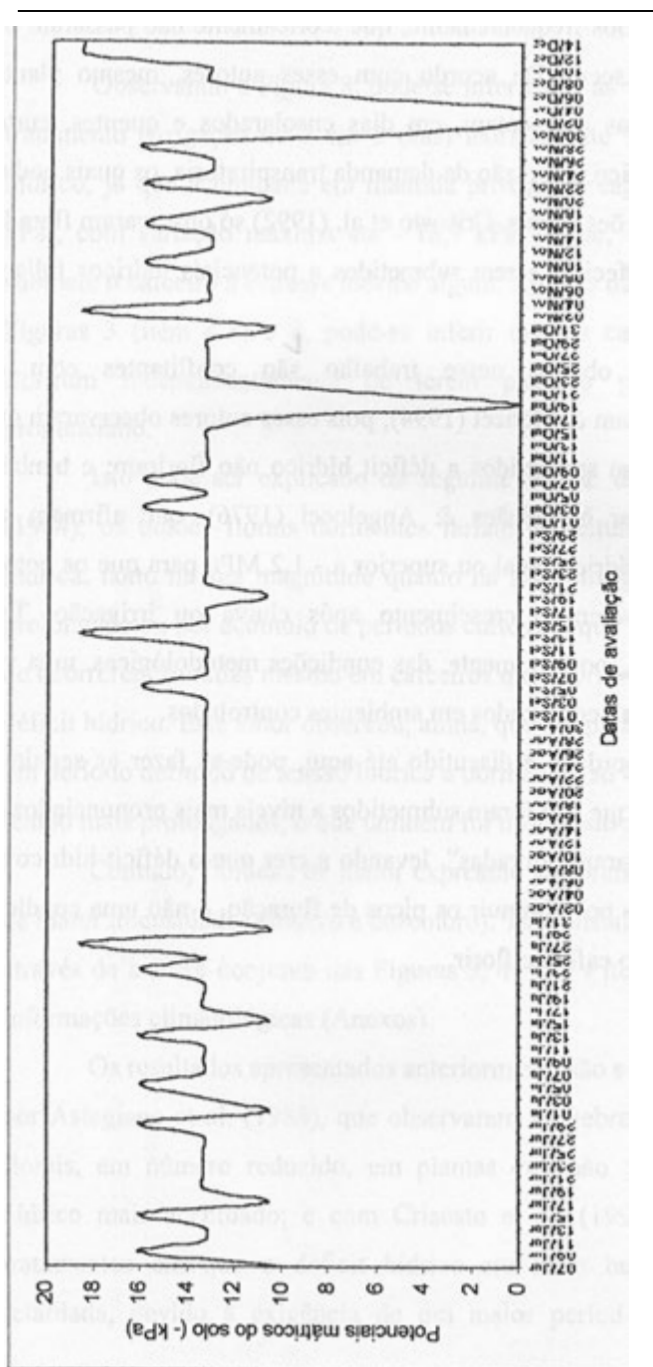


FIGURA 8 - Potenciais mátricos do solo no momento de irrigação, para o tratamento 1 (irrigação de 2 em 2 dias), no período de junho a dezembro de 2001. UFLA, Lavras-MG, 2002.



### 4.3 A relação entre os potenciais hídricos no solo e na folha e os teores de prolina

#### 4.3.1 Estudo da relação entre o potencial hídrico do solo (PHS) e o potencial hídrico foliar (PHF)

Observando a Tabela 5, a qual apresenta os coeficientes de correlação de Pearson, verifica-se que para o Tratamento 1 (irrigação de 2 em 2 dias) não houve relação linear entre o potencial hídrico no solo (PHS) e na folha (PHF), já que o valor 0,0526 não difere significativamente de zero, a um nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5 - Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre o potencial hídrico no solo (PHS), potencial hídrico na folha (PHF) e teor de prolina na folha (PROL), para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí vermelho, em 5 tratamentos, no período de 7 de julho a 12 dezembro de 2001. UFLA, Lavras-MG, 2002.

		Tratamentos									
		1		2		3		4		5	
		PHF	PROL	PHF	PROL	PHF	PROL	PHF	PROL	PHF	PROL
PHS		0,0526	0,0376	0,1576	0,1854	0,1275	0,1612	0,0171	0,1631	0,2720	0,0570
PHF		-	0,8747**	-	0,7512**	-	0,7702**	-	0,6232**	-	0,5252**

\*\* significativo em nível de 1% de probabilidade.

\* significativo em nível de 5% de probabilidade.

Para os demais tratamentos: 2 - irrigação de 4 em 4 dias; 3 - irrigação de 6 em 6 dias; 4 - irrigação de 8 em 8 dias e 5 - irrigação de 10 em 10 dias, não houve também relação linear entre PHS e PHF, o que é atestado pelo seus coeficientes de correlação de Pearson, 0,1576, 0,1275, 0,0171, 0,2720, respectivamente, os quais não diferem de zero ao nível de 5% de probabilidade.

Esta ausência de correlação entre PHS e PHF decorre, possivelmente, do grande volume de solo explorado pelas plantas e da variabilidade em termos climáticos ao longo do período de avaliação. Crisosto et al. (1992), comparando os dados de potenciais hídricos obtidos num experimento conduzido em ambiente controlado e em campo, observaram que o potencial hídrico foliar decresceu mais lentamente no experimento a campo que no conduzido em casa-de-vegetação. Tal resultado foi relacionado ao grande volume de solo explorado pelas plantas do campo e a chuvas esporádicas. Angelocci et al. (1983 a, b, c) verificaram um padrão bifásico de recuperação do potencial da água das folhas quando elas foram irrigadas após certo grau de déficit hídrico, representado por uma fase inicial de alta taxa de variação de potencial hídrico foliar seguida de outra, quando os gradientes de variação eram inferiores, o que também pode explicar essa ausência de relação entre PHS e PHF. Brunini & Angelocci (1998) estudaram a relação entre as resistências ao fluxo de água e a diferença de potencial da água entre solo e planta, em mudas da cultivar Icatu crescendo em ambiente controlado, e concluíram que existe uma relação linear entre a transpiração e os potenciais hídricos do solo e da folha.

Definir o potencial hídrico foliar ótimo para a irrigação do cafeeiro em seus diferentes estádios é um importante passo na busca da sustentabilidade desse agroecossistema irrigado.

#### ***4.3.2 Correlação entre os potenciais hídricos do solo (PHS) e da folha (PHF) com os teores de prolina (PROL)***

Analisando a Tabela 5, verifica-se um alto nível de correlação entre os potenciais hídricos da folha (PHF) e os teores de prolina (PROL), já que os coeficientes de correlação de Pearson apresentaram alto nível de significância estatística, ou seja, ao nível de 1% de probabilidade. Quanto à correlação entre

esse aminoácido e o PHS, os resultados obtidos, coeficientes de Pearson de **0,0376, 0,1854, 0,1612, 0,1631 e 0,0570**, respectivamente para os tratamentos 1, 2, 3, 4, e 5, evidenciam a inexistência de relação linear entre os teores de prolina e os potenciais hídricos do solo.

O Tratamento 1 (irrigação de 2 em 2 dias) foi o que apresentou o maior coeficiente (**0,8747**), atestando ocorrer uma forte relação linear entre os teores do aminoácido na folha e seus respectivos potenciais hídricos foliares. Já o Tratamento 5 (irrigação de 10 em 10 dias), apesar do alto grau de significância estatística, foi o que apresentou o menor nível de correlação (coeficiente de **0,5252**), ou seja, a menor relação entre PROL e PHF ocorreu nesse tratamento. Os demais tratamentos, 2, 3 e 4, apresentaram níveis intermediários de relação entre PROL e PHF, com coeficientes de correlação de Pearson de **0,7512, 0,7702 e 0,6232**, respectivamente.

Os resultados apresentados para a relação entre o aminoácido prolina e os potenciais hídricos foliares estão de acordo com os observados por Rodrigues (1988). No trabalho conduzido por este autor, houve um acréscimo nos níveis de PROL à medida que se aumentava o déficit hídrico. Da Matta (1991) observou uma relação altamente significativa entre déficit hídrico e prolina, atribuindo este fato a um ajustamento osmótico, o qual confere ao cafeeiro certa tolerância à seca. Mazzafera & Teixeira (1989) encontraram boa correlação entre os teores de prolina e os potenciais hídricos foliares somente quando o cafeeiro era submetido a déficits hídricos mais acentuados, fato este que não foi observado na presente pesquisa, uma vez que o maior nível de correlação entre PROL e PHF esteve associado a níveis de déficit hídrico mais brandos (irrigação de 2 em 2 dias), e o menor, para plantas submetidas a um maior déficit (irrigação de 10 em 10 dias).

Maestri et al. (1995) obtiveram alto nível de correlação ( $r = 0,87$ ) entre os teores de prolina e déficit hídrico, valor muito próximo do coeficiente de

correlação de Pearson observado para o Tratamento 1 do presente trabalho. Matsumoto et al. (2000), trabalhando com cafeeiros à sombra e a pleno sol, observaram maior acúmulo de prolina em cafeeiros a pleno sol, os quais estavam sujeitos a um maior déficit de água.

Apesar de a maioria dos trabalhos científicos atestarem boa correlação entre déficit hídrico e os teores de prolina, Rena & Maestri (2000) ponderam **que**, para algumas cultivares do *Coffea arabica* e também *Coffea canephora*, esse aminoácido pode não **se** relacionar bem com a tolerância à seca. Contudo, nesse trabalho, pode-se dizer que os níveis de PROL correlacionaram-se bem com o déficit de água.

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

- De posse dos dados gerados por este trabalho, observou-se que é possível desenvolver ou adaptar um índice, através de uma equação matemática, que venha a expressar o comportamento da floração do cafeeiro.
- Apesar das diferentes frequências de irrigação testadas, a ocorrência de chuvas de maior intensidade parece ter efeito decisivo na floração do cafeeiro.
- Mesmo não havendo correlação entre o Potencial Hídrico do Solo (PHS) e o Potencial Hídrico Foliar (PHF), acreditamos que o PHF possa vir a ser o melhor parâmetro para indicar o momento ótimo de irrigação para o cafeeiro.
- Sugerimos que em trabalhos futuros, nesta linha de pesquisa, sejam avaliados os PHFs várias vezes ao dia, a fim de se terem maiores informações acerca dos déficits hídricos ocorridos.
- O acompanhamento do desenvolvimento dos botões florais durante todo o período de condução do experimento pode ser uma importante ferramenta para avaliar as implicações de diferentes níveis de déficit hídrico sobre o comportamento da floração do cafeeiro.

## 6 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido este trabalho, conclui-se que:

- O número total de flores foi igual em todas as frequências de irrigação;
- Maior frequência de irrigação no período pós “abotoamento” floral levou a uma maior desuniformidade na floração;
- “Floradas” mais expressivas foram observadas somente após chuvas;
- Não houve correlação entre o potencial hídrico medido no solo e na planta (folha);
- Houve boa correlação entre o potencial hídrico foliar e os teores do aminoácido prolina, principalmente em cafeeiros frequentemente irrigados.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, P. de T. Coffee. In: HAVELY, A. B. (Ed.). Handbook of flowering. Boca Raton, Flórida: CRC, 1985. v. 2, p. 247.

ALVIM, P. de T. Estímulo de la floración y frutificación del café por aspersiones con ácido giberélico. Turrialba, San Jose, v. 8, n. 1, p. 67-72, ene./mar. 1958.

ALVIM, P. de T. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. Science, Washington, v. 132, n. 3423, p. 354, Aug. 1960.

ALVIM, P. de T. Tree growth periodicity in tropical climates. In: ZIMMERMANN, M. H. Formation of wood in forest trees. New York: Academic Press, 1964. P. 479-495.

ANGELOCCI, L. R.; BRUNINI, O.; MAGALHÃES, A. C. Padrão bifásico da recuperação do potencial da água de cafeeiros sob estresse hídrico severo. In: REUNIÃO Y SIMPÓSIO RELACIONES ÁGUA-PLANTA, 10., 1983, Viçosa. Resumos... Viçosa: Sociedad Latinoamericana de fisiologia Vegetal, 1983a. p. 18.

ANGELOCCI, L. R.; BRUNINI, O.; MAGALHÃES, A. C. Resistências ao fluxo de água no sistema solo-planta em cafeeiros jovens. In: REUNIÃO Y SIMPÓSIO RELACIONES ÁGUA-PLANTA, 10., 1983, Viçosa. Resumos ... Viçosa: Sociedad Latinoamericana de fisiologia Vegetal, 1983b. p. 18.

ANGELOCCI, L. R.; BRUNINI, O.; MAGALHÃES, A. C. Variação da resistência estomática à difusão de vapor d'água associada ao estado de energia da água na folha em cafeeiros jovens. In: REUNIÃO Y SIMPÓSIO RELACIONES ÁGUA-PLANTA, 10., 1983, Viçosa. Resumos ... Viçosa: Sociedad Latinoamericana de fisiologia Vegetal, 1983c. p. 18.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE CAFÉ. Centro de treinamento. Importância sócio econômica do café. Disponível em: <<http://www.café.com.br/trabalho/cafê/degustacao/2.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2001.

ASTEGIANO, E. D. Movimentação de água e quebra da dormência dos botões florais de café (*Coffea arabica* L.). 1984.42p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ASTEGIANO, E. D.; MAESTRI, M.; ESTEVÃO, M. M. Water stress and dormancy release in flower buds of *Coffea arabica* L. : Water movement into the buds. Journal of Horticultural Science, London, v. 63, n. 3, p. 529-533, July 1988.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Floração do café - uma revisão. Revista Ceres, Viçosa, v. 25, n. 141, p. 467-479, set./out. 1978.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; RENA, A. B. Coffee Crop Ecology. Tropical Ecology, Varanasi, v. 36, n. 1, p. 1-19, 1995.

BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, Dordrecht, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 5. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1989.596p.

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 em relation to dormancy release. Journal of Horticultural Science, London, v. 48, n. 1, p. 29-41, Jan. 1973.

BROWING, G. Shoot growth in *Coffea arabica* L. I. Responses to rainfall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. Journal of Horticultural Science, London, v. 50, n. 1, p. 1-11, Jan. 1975.

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

BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L. R. Resistência ao fluxo de água no sistema solo-planta e recuperação do potencial da água na folha após estresse hídrico em mudas de cafeeiro. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Londrina, v. 10, n. 1, p. 45-50, abr. 1998.



BRUNINI, O.; THURTELL, G. W. Medidas Simultâneas do potencial da água no solo e em folhas e raízes de plantas de milho. **Turrialba**, San José, v. 31, n. 4, p. 299-304, oct./dic. 1981.

CAMARGO, A. P. de. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 1., 1987, Campinas. Anais... Campinas: IAC/CPA/SAA. 1987. p. 53-90.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of coffee. *Experimental Agriculture*, London, v. 37, n. 1, p. 1-36, Jan. 2001.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. *Experimental Designs*. New York: Wiley, 1957. 611 p.

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 arabica* e *Coffea canephora*. 1991. 45p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DA MATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S.; REGAZZI, A. J. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought. *Journal of Horticultural Science*, London, v. 68, n. 5, p. 741-746, Sept. 1993.

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de Van Genuchten. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 91-102, dez. 1990.

DRINNAM, J.; MENZEL, C. M. Synchronisation of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during flower initiation. *Journal of Horticultural Science*, London, v. 69, n. 5, p. 841-849, Sept. 1994.

DRINNAM, J.; MENZEL, C. M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). Journal of Horticultural Science, London, v. **70**, n. **1**, p. **25-34**, Jan. **1995**.

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

FERREIRA, V. M. Aspectos de crescimento, nutrição **e relações hídricas** em dois **genótipos** de milho (*Zea mays* L.) em **função** da disponibilidade de **água no solo**. **1997**. **100** p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FREDERICO, D.; MAESTRI, M. Ciclo de crescimento dos botões florais do café (*Coffea arabica* L.). Revista Ceres, Viçosa, v. **17**, n. **172**, p. **171-181**, abr./jun. **1970**.

GOPAL, N. H.; VASUDEVA, H. Physiological studies on flowering in arabica coffee under South Indian conditions. I. Growth of flower buds and flowering. **Turrialba**, San José, v. **23**, n. **2**. p. **146-153**, ene./mar. **1973**.

GOPAL, N. H.; VENKATARAMANAN, D. Physiological studies on flowering in arabica coffee under South Indian conditions. V. Growth-substance content during flower bud enlargement and anthesis. **Turrialba**, San José, v. **25**, n. **1**, p. **29-36**, ene./mar. **1976**.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. (Ed.). Cafeicultura. Lavras: FAEPE/UFLA, **2002**. **317** p.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, **1984**. **408** p.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Water relations of plant and soils. San Diego: Academic Press, **1995**. **495** p.

KUMAR, D. Some aspects of the physiology **of** *Coffea arabica* L.: a review. **Kenia Coffee**, Nairobi, v. **44**, n. **519**, p. **9-47**, **1979**.

LACHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, **2000**. **531** p.

LAFOLIE, F.; BRUCKLER, L.; TARDIEU, F. Modeling root water potential and soil root transport: I. Model presentation. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. **55**, n. **3**, p. **1203-1242**, May/June **1991**.

MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee. In: ALVIN, P. T.; KOZLOWSKI, F. (Ed.). *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York: Academic Press, **1977**. p. **249-278**.

MAESTRI, M.; MATTA, F. M.; REGAZZI, A. J.; BARROS, R. S. Accumulation of proline and quaternary ammonium compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea arabica* and *C. canephora*). *Journal of Horticultural Science*, London, v. **70**, n. **2**, p. **229-233**, Mar. **1995**.

MAGALHÃES, A. C.; ANGELOCCI, L. R. Sudden alteration in water balance associated with flower bud opening in coffee plants. *Journal of Horticultural Science*, London, v. **51**, n. **3**, p. **419-423**, July **1976**.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, Madison, v. **2**, n. **2**, p. **176-177**, Mar./Apr. **1962**.

MATSUMOTO, S. N.; et al. Efeitos do sombreamento de grevilhas em cafezais no Sudoeste da Bahia, Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, **1**, **2000**, Poços de Caldas. Anais... Brasília: Embrapa Café e Minasplan, **2000**.

MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. *Bragantia*, Campinas, v. **46**, n. **2**. p. **403-415**, **1987**.

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

MEINZER, F. C.; GRANTZ, D. A.; GOLDESTEIN, G.; SALIENDRA, N. Z. Leaf water relations and maintenance of gas exchange in coffee cultivars grown

in drying soil. *Plant Physiology*, Rockville, v. 94. N. 4, p. 1781-1787, Dec. 1990.

MENDES, A. N. G. et al. *Recomendações Técnicas para a cultura do cafeeiro no Sul de Minas*. Lavras: UFPA, 1995. 76 p.

NUNES, M. A. Significance of plant water deficits to growth and yield: a review. *Journal of Coffee Research*, Balehonnur, v. 6, n. 1, p. 4-21, 1976.

OLIVEIRA, P. M. de. *Efeitos de sistemas de preparo periódico do solo, na retenção e armazenamento de água, durante as fases fenológicas da cultura do milho (zea mays L.)*. 1997. 51 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIZARRO, F. *Riegos localizados de alta frecuencia*. Madri: Mundi-Prensa. 1987. 461 p.

REES, A. A. Some observations on the flowering behavior of *Coffea rupestris* in Southern Nigeria. *Journal of Ecology*, London, v. 5, n. 1, p. 1-7, Mar. 1964.

REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466 p.

RENA, A. B.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M. et al. Coffee. In: SCHAFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). *Handbook of environmental physiology of fruits crops: sub-tropical and tropical crops*. Boca Raton, Florida: CRC, 1994. v. 2, p. 101-122.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. *Fisiologia do cafeeiro*. In: RENA, A. B. (Ed.). *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1986. 447 p.

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

RENA, A. B.; MAESTRI, M. *Relações hídricas no cafeeiro*. *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna*, Brasília, n. 48, p. 34-41, set. 2000.

RODRIGUES, O. Efeito da deficiência hídrica na fotossíntese, na resistência estomática, na atividade da redutase do nitrato e no acúmulo de prolina livre em *Coffea arabica* L. 1988. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore, 1997. 146 p.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's Guide. Version 8.0, Vol. I, II, and III. Cary, North Carolina, 2000.

SCHOLANDER, P. F.; et al. Sap pressure in vascular plants. Science, Washington, v. 148, n. 3668, p. 339-346, Apr. 1965.

TARDIEU, F.; BRUCKLER, L.; LAFOLIE, F. Root clumping may affect root water potential and the resistance to soil-root water transport. Plant and Soil, Dordrecht, v. 140, n. 2, p. 291-301, Feb. 1992.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity Unsaturated soils. Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

VAN LIER, Q. de J. Extração da água do solo por plantas: desenvolvimento e validação de um modelo. 1994. 96 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VASUVEDA, N.; VENKATARAMANAN, D.; RAJU, K. I.; RATAGERI, M. C. Preliminary studies on the pattern accumulation of proline in coffee cultivars during drought. Turrialba, San José, v. 31, n. 4, p. 388-390, oct./dic. 1981.

## ANEXO

### Página

TABELA 1A	Propriedades químicas do solo, sob a projeção da copa do cafeeiro, na camada de 0-20 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraiúbas-BA, 2001 .....	56
TABELA 2A	Propriedades químicas do solo, sob a projeção da copa do cafeeiro, na camada de 20-40 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraiúbas-BA, 2001 .....	51
TABELA 3A	Propriedades químicas do solo, entre as linhas do cafeeiro, na camada de 0-20 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraiúbas-BA, 2001 .....	58
TABELA 4A	Propriedades químicas do solo, entre as linhas do cafeeiro, na camada de 20-40 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraiúbas-BA, 2001 .....	59
TABELA 5A	Pontos da curva característica de retenção de água do solo, e análise textural, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraiúbas-BA, 2001 .....	60
TABELA 6A	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR ( <i>h</i> ) registrados durante o mês de junho de 2001 .....	61
TABELA IA	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de julho	62

<b>TABELA 8A</b>	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de agosto de 2001 .....	63
<b>TABELA 9A</b>	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de setembro de 2001 .....	64
<b>TABELA 10A</b>	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de outubro de 2001 .....	65
<b>TABELA 11A</b>	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de novembro de 2001 .....	66
<b>TABELA 12A</b>	Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de dezembro de 2001 .....	61

TABELA 1A - Propriedades químicas do solo, sob a projeção da copa do cafeeiro, na camada de 0-20 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraíbas-BA, 2001.

Atributo	Unidade	Valor	Interpretação
pH em água (1:2,5)		6,9	Acidez Fraca
P (Fósforo Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	288,0	Alto
K (Potássio Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	259,0	Alto
Ca (Cálcio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	5,9	<b>Alto</b>
Mg (Magnésio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,9	Alto
Al (Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
H + AI (Acidez Potencial)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,2	Baixo
S.B. (Soma de Bases)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	8,5	Alto
t (CTC Efetiva)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	8,5	Alto
T (CTC a pH 7,0)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	9,7	Médio
m (Saturação por Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
V (Saturação por Bases)	%	87,6	Alto
Ca/T	%	61,1	
<b>Mg/T</b>	%	19,7	
K/T	%	6,9	
Ca/Mg	%	3,1	
Ca/K		8,9	
Mg/K		2,9	



TABELA 2A - Propriedades químicas do solo, sob a projeção da copa do cafeeiro, na camada de 20-40 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraíbas-BA, 2001,

Atributo	Unidade	Valor	Interpretação
pH em água (1:2,5)		6,6	Acidez Fraca
P (Fósforo Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	64,0	Alto
K (Potássio Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	281,0	Alto
Ca (Cálcio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	4,1	Alto
Mg (Magnésio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,5	Alto
Al (Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
H + Al (Acidez Potencial)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,5	Baixo
S.B. (Soma de Bases)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	6,3	Alto
t (CTC Efetiva)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	6,3	Alto
T (CTC a pH 7,0)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	7,8	Médio
m (Saturação por Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
V (Saturação por Bases)	%	80,8	Alto
Ca/T	%	52,4	
Mg/T	%	10,2	
K/T	%	9,2	
Ca/Mg	%	2,7	
Ca/K		5,7	
Mg/K			

TABELA 3A - Propriedades químicas do solo, entre as linhas do cafeeiro, na camada de 0-20 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraíbas-BA, 2001.

Atributo	Unidade	Valor	Interpretação
pH em água (1:2,5)		6,8	Acidez Fraca
P (Fósforo Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	88,0	Alto
K (Potássio Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	296,0	Alto
Ca (Cálcio)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	3,7	Médio
Mg (Magnésio)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	1,4	Alto
Al (Alumínio)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	0,0	Baixo
H + Al (Acidez Potencial)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	1,3	Baixo
S.B. (Soma de Bases)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	5,9	Alto
t (CTC Efetiva)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	5,9	Médio
T (CTC a pH 7,0)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	7,2	Médio
m (Saturação por Alumínio)	cmolc/ dm <sup>2</sup>	0,0	Baixo
V (Saturação por Bases)	%	81,8	Alto
Ca/T	%	51,7	
Mg/T	%	19,6	
K/T	%	10,6	
Ca/Mg	%	2,6	
Ca/K		4,9	
Mg/K		1,8	

TABELA 4A - Propriedades químicas do solo, entre as linhas do cafeeiro, na camada de 20-40 cm, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraíbas-BA, 2001.

Atributo	Unidade	Valor	Interpretação
pH em água (1:2,5)		7,0	Neutro
P (Fósforo Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	84,0	Alto
K (Potássio Mehlich I)	mg/dm <sup>3</sup>	312,0	Alto
Ca (Cálcio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	3,8	Médio
Mg (Magnésio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,8	Alto
Al (Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
H + Al (Acidez Potencial)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	1,5	Baixo
S.B. (Soma de Bases)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	6,4	Alto
t (CTC Efetiva)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	6,4	Alto
T (CTC a pH 7,0)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	7,9	Médio
m (Saturação por Alumínio)	cmolc/ dm <sup>3</sup>	0,0	Baixo
V (Saturação por Bases)	%	81,0	Alto
Ca/T	%	48,1	
Mg/T	%	22,8	
K/T	%	10,1	
Ca/Mg	%	2,1	
Ca/K		4,8	
Mg/K		2,5	

TABELA 5A - Pontos da curva característica de retenção de água do solo, e análise textural, na área experimental da fazenda Santa Clara, município de Caraíbas-BA, 2001.

<b>Identificação: camada de 0-20 cm</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Curva de retenção (0,02 atm)	%	36,2
Curva de retenção (0,04 atm)	%	34,3
Curva de retenção (0,06 atm)	%	25,1
Curva de retenção (0,10 atm)	%	22,1
Curva de retenção (0,33 atm)	%	10,6
Curva de retenção (1 atm)	%	8,9
Curva de retenção (5 atm)	%	8,8
Curva de retenção (15 atm)	%	8,0
<b>Identificação: camada de 20-40 cm</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Curva de retenção (0,02 atm)	%	40,9
Curva de retenção (0,04 atm)	%	34,5
Curva de retenção (0,06 atm)	%	27,3
Curva de retenção (0,10 atm)	%	21,7
Curva de retenção (0,33 atm)	%	10,2
Curva de retenção (1 atm)	%	9,3
Curva de retenção (5 atm)	%	9,0
Curva de retenção (15 atm)	%	8,1
<b>Identificação: camada de 0-20 cm</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Areia	%	67,0
Silte	%	15,0
Argila	%	18,0
<b>Identificação: camada de 20-40 cm</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Areia	%	63,0
Silte	%	17,0
Argila	%	20,0

TABELA 6A - Dados de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de junho de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	32	20	26	-	61,5
2	31	19	25	-	62
3	32	18	25	-	61
4	29	20	24,5	-	70
5	27	16	21,5	-	76
6	30	16	23	-	68
7	31	16	23,5	-	63
8	31	16	23,5	-	74,5
9	31	17	24	-	70
10	30	18	24	-	68
11	31	18	24,5	-	72,5
12	26	17	21,5	-	70
13	27	16	21,5	-	74
14	26	16	22	-	68
15	26	14	20	-	60,5
16	28	15	21,5	-	63
17	29	16	22,5	-	64
18	32	16	24	-	60
19	32	18	25	-	59,5
20	24	18	21	-	70
21	28	15	21,5	-	66
22	27	16	21,5	-	65
23	29	17	23	-	63
24	28	16	22	-	68
25	27	15	21	-	60
26	27	15	21	-	71
27	29	16	22,5	-	69
28	30	16	23	-	74
29	29	17	23	-	65
30	28	16	22	-	66

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09').

TABELA 7A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de julho de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	28	17	22,5	-	63
2	29	16	22,5	-	65
3	29	18	23,5	-	64,5
4	29	16	22,5	-	62
5	26	16	21	-	69,5
6	24	17	20,5	-	74
7	27	16	21,5	-	69
8	26	16	21	-	66,5
9	26	17	21,5	-	68
10	28	17	22,5	-	65,5
11	26	17	21,5	-	65,5
12	31	17	24		64
13	29	15	22	1,5	69
14	27	18	22,5	-	70
15	28	17	22,5	-	69
16	30	13	21,5	-	66,5
17	33	15	24	-	62,5
18	28	19	23,5	-	73,5
19	29	18	23,5	-	65
20	32	17	24,5		60
21	31	17	24		62
22	26	16	21	-	73
23	27	17	22	-	70
24	28	17	22,5	-	71
25	28	20	24	-	65
26	30	19	24,5	-	67,5
27	26	18	22	-	72
28	23	19	21	-	59
29	25	18	21,5		68
30	28	17	22,5		66
31	29	14	21,5		62

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09').

TABELA 8A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de agosto de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	27,5	18	22,8	-	73
2	27,5	16	21,8	1	84
3	27,5	16	21,8	0,5	89
4	27,5	16	21,8	-	72
5	27	15,5	21,3	-	83
6	26	13	19,5	-	94
7	29	13	21	-	75
8	29	16	22,5	-	69
9	29,5	15,5	22,5	-	77
10	29,5	15,5	22,5	0,25	80
11	27,5	16	21,8	-	69
12	27	16	21,5	-	70
13	26	18,5	22,3	-	69
14	28,5	18	23,3	-	66
15	28,5	15	21,8	-	72
16	28,5	13,5	21	-	77
17	28,5	13,5	21	-	72
18	28	14,5	21,3	-	84
19	30,5	14,5	22,5	-	75
20	29,5	14	21,8	-	84
21	31,5	14	22,3	-	84
22	32,5	15	23,3	-	83
23	33	16,5	24,8	-	69
24	32,5	16,5	24,5	-	78
25	32,5	16,5	24,5	-	81
26	32,5	16,5	24,5	-	80
27	33	17	25	-	78
28	33	17	25	-	75
29	33	17	25	-	72
30	31	17,5	24,3	-	71
31	31	17,5	24,3	-	81

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09').

TABELA 9A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de setembro de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	29,5	15	22,3	-	87
2	28,5	15	21,8	-	73
3	29	17,5	23,3	-	80
4	32,5	15,5	24	-	80
5	32,5	15,5	24	-	85
6	32,5	15,5	24	-	85
7	32,5	15,5	24	-	71
8	32	18,5	25,3	-	68
9	32	16,5	24,3	-	79
10	34	16,5	24,3	-	81
11	35	18,5	26,8	-	76
12	36,5	19	27,8	-	66
13	33	21	22	-	67
14	31	17	24	-	84
15	33	17,5	25,3	-	73
16	34	20,5	27,3	-	74
17	36,5	21	28,8	0,75	98
18	32	16,5	24,3	1	75
19	25	15	20	2,25	72
20	27,5	15,5	21,5	-	72
21	29	15,5	22,3	-	68
22	31	19	25	-	60
23	32,5	19	25,8	-	67
24	32,5	19,5	26	-	73
25	31,5	17	24,3	-	73
26	31,5	17	24,3	-	71
27	33,5	18,5	26	-	73
28	35,5	18,5	27	-	74
29	34,5	19	26,8	-	76
30	34,5	18,5	26,5	-	77

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09').



TABELA 10A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de outubro de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	32,5	18,5	25,5	-	71
2	36	18,5	27,3	-	67
3	36	18,5	27,3	-	67
4	36	21,5	28,8	-	70
5	37,5	21,5	29,5	-	61
6	37,5	21,5	29,5	-	61
7	37,5	20,5	29	-	67
8	36	20,5	28,3	-	59
9	34,5	22	28,3	-	66
10	31	21,5	26,3	-	73
11	31	21	26	2,25	77
12	27	19,5	23,3	-	66
13	30,5	20	25,3	-	66
14	30,5	18,5	24,5	-	71
15	29	19,5	24,3	0,25	64
16	26,5	18,5	22,5	6,75	72
17	27	18	22,5	0,5	98
18	30,5	18	24,3	-	85
19	30,5	20,5	25,5	34,25	99
20	27,5	20	23,8	25,25	92
21	33	20	26,5	-	98
22	34,5	20	27,3	-	86
23	34,5	20,5	27,5	11,5	98
24	31	21,5	26,3	17,5	76
25	31	21	26	0,25	76
26	30,5	19	24,8	-	81
27	30,5	16,5	23,5	-	65
28	32,5	16,5	24,5	-	74
29	34	16,5	25,3	-	76
30	31	16,5	23,8	-	73
31	33,5	20	26,8	-	70

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09').

TABELA 11A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - UR (%) registrados durante o mês de novembro de 2001.

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	33,5	20,5	27	-	75
2	32	21	26,5	-	75
3	34	22	28	-	75
4	34	22	28	-	71
5	36,5	21,5	29	-	80
6	36,5	21,5	29	-	76
7	36,5	22,5	29,5	-	65
8	31,5	20,5	26	-	73
9	34,5	19	26,8	-	74
10	34,5	19	26,8	-	77
11	36	20	28	-	74
12	36	19	27,5	-	73
13	36,5	19	27,8	-	71
14	37	21,5	29,3	-	67
15	35,5	23	29,3	-	68
16	35,5	23,5	29,5	-	68
17	35,5	21,5	28,5	-	83
18	35,5	21,5	28,5	-	67
19	35,5	22	28,8	-	70
20	36	21	28,5	-	67
21	36	20,5	28,3	-	68
22	35,5	21	28,3	0,25	64
23	35	19,5	27,3	-	78
24	36,5	19,5	28	-	68
25	36,5	20,5	28,5	-	65
26	34	19,5	26,8	0,25	73
27	34	19	26,5	-	68
28	34	19	26,5	-	69
29	36	21	28,5	-	71
30	36	21	28,5	27,75	98
31					

Fonte: Miniestação Climatológica Groweather System, modelo 7450/7455, Davis Instruments.

TABELA 12A - Dados médios de temperatura máxima, mínima e média (°C), precipitação pluviométrica (mm) e umidade relativa do ar - ur (%) registrados durante o mês de dezembro de 2001

Dia	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	UR (%)
	Máxima	Mínima	Média		
1	30	20,5	25,3	0,5	98
2	30	21	25,5	45,75	99
3	30	21	25,5	14,75	98
4	31,5	19,5	25,5	12	77
5	31,5	19,5	25,5	11	98
6	31,5	18	24,8	-	91
7	32,5	18	25,3	-	82
8	32,5	18,5	25,5	-	88
9	32,5	18	25,3	-	83
10	32,5	18	25,3	-	86
11	32	16	24	-	82
12	32	16	24	0,25	82
13	32	18,5	25,3	-	82
14	32	19,5	25,8	-	80
15	31,5	21	26,3	-	80
16	33	21,5	27,3	-	76
17	32,5	22	27,3	-	73
18	31	22	26,5	-	85
19	32	21	26,5	1,75	98
20	33,5	20,5	27	-	98
21	34	20,5	27,3	-	85
22	34	20,5	27,3	-	77
23	35	20,5	27,3	-	81
24	35	20	27,5	-	82
25	35	20	27,5	-	72
26	35	19	27	-	78
27	36	19	27,5	-	79
28	36	19	27,5	-	73
29	32,5	22,5	27,5	-	75
30	31,5	20	25,8	1	94
31	28,5	20	24,3	51	99

Fonte: Estação Meteorológica da Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH; Anagé - BA (Lat. 14°38'S e Long. 41°09')