

# IRRIGAÇÃO

## VARIAÇÃO SAZONAL DO POTENCIAL DA ÁGUA NAS FOLHAS DE CAFEIEIRO EM MOCOCA, SP <sup>(1)</sup>

EMILIO SEIGUI KOBAYASHI <sup>(2)</sup>; EMILIO SAKAI <sup>(3\*)</sup>; EMERSON ALVES DA SILVA <sup>(4)</sup>;  
FLAVIO BUSHMEYER ARRUDA <sup>(3)</sup>; JANE MARIA DE CARVALHO SILVEIRA <sup>(5)</sup>;  
PAULO SERGIO DE SOUZA <sup>(5)</sup>; REGINA CÉLIA DE MATOS PIRES <sup>(3)</sup>

### RESUMO

Para avaliar o potencial da água nas plantas de *Coffea arabica* L., foi desenvolvido um experimento em Mococa (SP), de agosto de 2005 a julho de 2006, com as cultivares Mundo Novo (MN), Obatã (OB) e Ouro-Verde (OV). As cultivares OB e OV tinham oito anos de idade, e as plantas do MN haviam sido recepidadas há cinco anos. Os espaçamentos entre as plantas de MN, OB e OV foram de 3,6 x 1,0 m; 2,5 x 1,0 m e 3,5 x 0,74 m respectivamente. As avaliações dos potenciais da água das plantas na antemanhã ( $\Psi_{am}$ ) foram realizadas a cada duas semanas. O potencial da água na folha durante o período diurno ( $\Psi_a$ ) foi medido no final de abril. Os dados de  $\Psi_{am}$  na folha variaram em função da quantidade de água no solo, com as oscilações decorrentes da precipitação pluvial sazonal. Os valores de  $\Psi_{am}$  foram de -1,29; -1,60 e -1,68 MPa nos meses de estiagem e -0,06; -0,07 e -0,07 MPa nos meses de maiores precipitações para MN, OB e OV respectivamente. Esses valores são importantes para caracterizar o estado hídrico das folhas do cafeeiro ao longo do ano agrícola, visto que o período de estresse hídrico coincidiu com a fase de indução (fevereiro a junho) e maturação das gemas florais, bem como o período de maiores volumes de precipitação pluvial com a granação e maturação dos frutos.

**Palavras-chave:** café, déficit hídrico, umidade do solo, potencial da água na planta.

---

<sup>(1)</sup> Parte da dissertação do primeiro autor submetida ao IAC para obtenção de título de Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical, na área de Gestão de Recursos Agroambientais. Recebido para a publicação em 15 de março de 2007 e aceito em 29 de setembro de 2007.

<sup>(2)</sup> Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico (IAC). E-mail: seiguik@yahoo.com.br.

<sup>(3)</sup> Centro de Ecofisiologia e Biofísica, IAC, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). E-mail: emilio@iac.sp.gov.br (\*) Autor correspondente.

<sup>(4)</sup> Instituto de Botânica (IBt), Caixa Postal 3005, 01061-970 São Paulo (SP).

<sup>(5)</sup> Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio do Nordeste Paulista, Caixa Postal 58, 13730-970 Mococa (SP).

## ABSTRACT

### SEASONAL CHANGES IN COFFEE LEAF WATER POTENTIAL IN MOCOCA, SÃO PAULO STATE, BRAZIL

In order to assess the xylem water potential in *Coffea arabica* L. plants, a field experiment was carried out in Mococa, São Paulo State, Brazil, from August 2005 to July 2006 with the following cultivars: Mundo Novo (MN), Obatã (OB) and Ouro-Verde (OV). The OB and OV cultivars were eight years old, and MN plants had been topped five years ago. Spacing among the plants were 3.6 x 1.0 m, 2.5 x 1.0 m and 3.5 x 0.75 m, respectively. Predawn leaf water potential ( $\Psi_{am}$ ) was measured each 15 days. Xylem water potential along the day ( $\Psi_a$ ) was measured at the end of April. Data concerning leaf  $\Psi_{am}$  varied according to the soil water profile as affect by seasonal rainfall.  $\Psi_{am}$  values were -1.29, -1.60 and -1.68 MPa during dry months and -0.06, -0.07 and -0.07 MPa during months of greater precipitations for MN, OB and OV, respectively. These values were important and relevant to Arabic coffee cultivars in order to characterize plant water status along the year, because the period of water stress was coincident with the phase of induction (February at June) and maturation of flowering buds; and the period of greater rainfall with the phase of grain filling and fruit maturation.

**Key words:** coffee, water stress, soil moisture, plant water potential.

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das mais importantes atividades agrícolas do Brasil, com relevante influência nos aspectos socioeconômicos e no agronegócio do país. O sucesso do agronegócio do café no âmbito nacional e internacional está alicerçado em diversos fatores, tais como a escolha da cultivar, o local adequado, os tratos culturais, a colheita e a pós-colheita e, mais recentemente, o manejo sustentável da cultura. Dentre os principais fatores da sustentabilidade da cafeicultura moderna, a utilização de modo racional dos recursos naturais, principalmente da água, é fundamental, pois esta é um bem limitado. Entretanto, é notório que a irrigação proporciona alta produtividade (FARIA et al., 2001; SOARES, 2001; ANTUNES et al., 2000; SILVA et al., 2002; ARRUDA e GRANDE, 2003) e qualidade do produto final (SILVA et al., 2003a; ROTONDANO, 2004). Tal fato tem levado à constante modernização de sistemas de irrigação e à busca de valores confiáveis de parâmetros relevantes que possam auxiliar no manejo da água na agricultura.

CAMARGO et al. (1977) relata que o cafeeiro arábica tolera bem e pode ser beneficiado por deficiências hídricas de até 150 mm ano<sup>-1</sup>, principalmente se estas coincidirem com o período de dormência da planta, não se estendendo até a fase de floração e início da frutificação (THOMAZIELLO et al., 2000). Porém, sua ocorrência em certas fases do ciclo fenológico pode comprometer a produtividade da cultura (SILVA et al., 2003 b). Em casos extremos de deficiência hídrica, as raízes não conseguem suprir a parte aérea da planta com quantidade suficiente de água para atender a demanda atmosférica (VIEIRA, 1982). Assim, os estômatos fecham-se, diminuindo o potencial hídrico foliar e provocando a murcha das folhas para reduzir as perdas de água.

Um importante indicador do déficit hídrico do solo é o potencial da água na planta. Este parâmetro, medido antes do nascer do sol, é indicativo do nível de armazenamento de água no solo, uma vez que há uma tendência de equilíbrio entre as condições hídricas da planta e do solo quando a deficiência hídrica não é acentuada (SILVA et al., 2003b). O potencial hídrico de uma planta varia amplamente conforme a espécie, a época do ano e o horário do dia, sendo menor na época seca e em torno do meio-dia, quando a transpiração é mais intensa (TOBIN et al., 1999).

O potencial da água na planta pode ainda ser utilizado como indicativo para o manejo adequado da irrigação, promovendo floradas uniformes e, conseqüentemente, resultando em um produto final de melhor qualidade. Segundo DRINNAN e MENZEL (1994), cafeeiros com potencial hídrico na folha menor que -2,5 MPa florescem dentro de nove dias após a irrigação, sugerindo que algum sinal hidráulico para o florescimento seria requerido. Portanto, é provável que o florescimento e o desenvolvimento dos frutos estariam associados às variações edafoclimáticas, principalmente no que se refere às alterações no potencial hídrico das plantas de café (SILVA et al., 2001).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da água na folha em diferentes cultivares de *Coffea arabica* L. na região de Mococa (SP), com vistas a auxiliar no manejo e uso racional de recursos hídricos em sistemas de irrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido no período de agosto de 2005 a julho de 2006, utilizando-se plantas de *Coffea arabica* L. das cultivares Obatã (OB), Mundo

Novo (MN) e Ouro-Verde (OV), sob condições de sequeiro na região de Mococa (21°28'S, 47°01'O e altitude de 663 m), no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio do Nordeste Paulista. O solo da área está classificado como Argissolo Vermelho eutrófico de textura média (EMBRAPA, 1999). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente (RUSSO JÚNIOR, 1980). As áreas e os espaçamentos adotados foram de 0,4 ha e 2,5 x 1,0 m; 1,0 ha e 3,6 x 2,0 m; e 0,3 ha e 3,5 x 1,0 m para as cultivares OB, MN e OV respectivamente.

Durante o experimento, foram monitorados os parâmetros de temperatura do ar, precipitação pluvial, radiação global, umidade relativa e velocidade do vento, os quais foram obtidos diariamente da Estação Meteorológica Automática (EMA), situada a aproximadamente 500 m das áreas experimentais. A EMA pertence ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO do Instituto Agrônomo IAC, Campinas (SP). Com os dados obtidos da EMA, foi calculada a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), segundo o Método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1994, 1998), utilizando o programa Excel do pacote Office. Ademais, foi calculado o balanço hídrico climatológico para a região de Mococa segundo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955).

O potencial da água nas folhas ( $\Psi_a$ ) dos cafés foi avaliado uma vez em 28/4/05, no período diurno, e a cada duas semanas entre 4 e 5 h utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965) da PMS Instrument (modelo 1000 Corvallis). Foram utilizadas para as medidas somente folhas totalmente expandidas e não danificadas, do terceiro ou quarto par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço médio superior das plantas. As leituras foram realizadas coletando-se quatro folhas de quatro plantas diferentes, totalizando 16 leituras por cultivar.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a figura 1, a temperatura do ar oscilou entre a mínima de 18,4 °C em setembro de 2006 e a máxima de 24,6 °C em outubro de 2005. A temperatura média para o período compreendido entre agosto de 2005 e julho de 2006 foi de 21,6 °C, a qual pode ser considerada dentro da faixa adequada para o bom desenvolvimento vegetativo e produtivo do café, visto que médias anuais entre 18 °C e 21 °C (ALÈGRE, 1959) ou 22 °C (ALFONSI, 2000; ASSAD et al., 2004; CAMARGO et al., 1977), sem grandes variações

sazonais (ALÈGRE, 1959), são os limites mais indicados para *Coffea arabica*. CAMARGO (1985b) relata que, em regiões com temperatura média anual acima de 23°C, o desenvolvimento e a maturação dos frutos se aceleram, acarretando perdas frequentes na qualidade do produto. Já a ocorrência frequente de temperaturas máximas superiores a 34°C causa o abortamento de flores e, conseqüentemente, a perda de produtividade (CAMARGO, 1985a; PINTO et al., 2001; SEDIYAMA et al., 2001). A ocorrência de temperaturas máximas dentro da faixa de 28 °C e 33 °C, considerada como o intervalo de temperatura que provocaria a redução na produção de folhas e na atividade fotossintética do café (DRINNAN e MENZEL, 1995), foram eventos pouco observados no presente experimento.

De modo geral, as precipitações pluviais mensais foram bem típicas da região, quando comparadas com a série histórica. As menores precipitações acumuladas mensais ocorreram em agosto de 2005 e maio de 2006 (zero e 3,0 mm respectivamente), e as maiores em janeiro e fevereiro de 2006 (272 e 258 mm respectivamente) (Figura 1). A precipitação pluvial acumulada anual (agosto de 2005 a julho de 2006) foi de 1.318 mm, portanto, dentro da faixa de 1.200 e 1.800 mm de chuvas ao ano, considerada por ALÈGRE (1959) como ótima para o desenvolvimento do café, embora em inúmeros trabalhos constata-se que o café cresce sob ampla faixa de precipitações (DAMATTA e RENA, 2002). CAMARGO (1985a), analisando dados comparativos do balanço hídrico climatológico de várias regiões produtoras no Brasil, sugere que a produção econômica do café arábica suporta bem deficiências hídricas de até 150 mm anuais, principalmente quando a estação seca coincide com a maturação e a colheita. Contudo, o mesmo autor afirma que, mesmo com deficiência anual de 100 mm, se esta coincidir com o período de frutificação, pode ser observada quebra na produtividade.

O valor de umidade relativa do ar (UR) média foi da ordem de 69,8%, oscilando entre a máxima de 79,6% em fevereiro de 2006 e a mínima de 53,1% em agosto de 2005 (Tabela 1). Estes valores possuem forte correlação com as variações do volume de precipitações pluviais ocorridas no período, conseqüentemente influenciando nos valores de potencial da água na planta (Figura 2). Segundo DAMATTA e RENA (2002), os estômatos dos cafés são altamente sensíveis à redução da umidade relativa, cujo aumento parece concorrer para a maximização da eficiência do uso de água (taxa de fotossíntese por unidade de água transpirada), via manutenção estomática, permitindo um influxo adequado de CO<sub>2</sub> à fotossíntese sem, contudo, haver perda substancial de água via transpiração.

A transpiração é determinante primária do balanço de energia e do status hídrico da planta, sendo sua taxa determinada principalmente pela condutância estomática e por duas variáveis físicas: radiação e déficit de saturação atmosférica. A radiação global média, por sua vez, foi da ordem de  $18,28 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  durante o ano de coleta de dados meteorológicos, variando de  $15,24$  a  $21,22 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  para junho e janeiro de 2006 respectivamente.

O déficit de pressão de vapor do ar (Tabela 1) está intimamente relacionado à evapotranspiração de referência, pois o movimento da água é governado pelo gradiente de potencial da água entre o solo e o ar, e uma vez que os ramos são expostos ao déficit de pressão de vapor do ar, tem início um fluxo de água através da planta. Os valores extremos de déficit de pressão de vapor oscilaram entre  $1,24 \text{ kPa}$  em agosto de 2005 e  $0,65 \text{ kPa}$  em maio de 2006, e a média para o período de avaliação foi de  $0,81 \text{ kPa}$ . A  $ET_0$  seguiu a mesma tendência, com valores entre  $4,56 \text{ mm dia}^{-1}$  em agosto de 2005 e  $2,78 \text{ mm dia}^{-1}$  em maio de 2006, e a média para o período foi de  $3,56 \text{ mm dia}^{-1}$ . SILVA (2004), em pesquisa realizada em Mococa, constatou valor médio de  $ET_0$  de  $3,37 \text{ mm dia}^{-1}$ , corroborando com o valor obtido neste trabalho.

Os valores de velocidade média mensal do vento (Tabela 1) ao longo de um ano, variaram de  $1,15 \text{ m.s}^{-1}$  em maio de 2006 a  $2,51 \text{ m s}^{-1}$  em setembro de 2005, sendo  $1,78 \text{ m s}^{-1}$  a média para o período de um ano. Segundo pesquisa de CARAMORI et al. (1986) com mudas de café arábica, em cultivares Mundo Novo e Catuaí, submetidas a  $3 \text{ m.s}^{-1}$  de velocidade do vento, ocorreram danos mecânicos severos, e a partir de  $2 \text{ m s}^{-1}$  notaram-se menores incrementos de altura e comprimento de internódios. Já GUTIERREZ et al. (1994), trabalhando com plantas adultas de café, em condições de campo, diagnosticaram que ventos moderados, ao redor de  $2,5 \text{ m s}^{-1}$ , provocariam aumentos no déficit de saturação de vapor do ar e fechamento estomático das plantas, resultando na redução da transpiração. Tal fato provavelmente contribuiu, juntamente com a baixa disponibilidade hídrica no solo, para valores baixos de potencial da água na folha (Figura 4) observados no presente trabalho em agosto e setembro de 2005, quando os valores de velocidade do vento foram, respectivamente, de  $2,43$  e  $2,51 \text{ m s}^{-1}$ , sendo os mais elevados durante o período estudado.

Na figura 2 verificam-se valores de potencial da água na planta durante o período diurno ( $\Psi_a$ ), em 28 de abril de 2006, referente ao início da maturação dos frutos. Os menores valores obtidos foram de  $-1,04 \text{ MPa}$ ,  $-1,26 \text{ MPa}$  e  $-1,55 \text{ MPa}$  para OB, MN e OV respectivamente, corroborando dados de TOBIN et al. (1999), os quais detectaram os menores  $\Psi_a$  em torno do

meio dia. GOLBERG et al. (1988) verificaram que a fotossíntese foliar é pouco afetada quando o potencial da água foliar atinge valores maiores que  $-1,5 \text{ MPa}$ , sob condições de campo. MAZZAFERA e CARVALHO (1987) complementam, afirmando que mesmo neste nível de potencial não difere muito de solos com 50% de disponibilidade hídrica. Alguns estudos com *Coffea canephora* demonstram haver uma considerável variação entre cultivares em resposta à disponibilidade hídrica e tolerância à seca (DAMATTA et al., 2003; PINHEIRO et al., 2004). Segundo esses autores, tais respostas podem estar associadas a profundidade do sistema radicular e capacidade de manutenção do status hídrico foliar associado à manutenção da área foliar. De qualquer modo, antes de se atestar uma característica fisiológica, além do próprio potencial da água medido nas plantas, que explique as diferenças observadas entre as três cultivares avaliadas, é importante ressaltar que as leituras do potencial da água na folha realizadas na antemã, neste mesmo período, indicaram valores próximos de  $-0,1 \text{ MPa}$  (Figura 4). Esse processo demonstra que em todas as cultivares estudadas houve boa capacidade de recuperação do status hídrico, característica crucial para lavouras não irrigadas sujeitas à restrição hídrica.

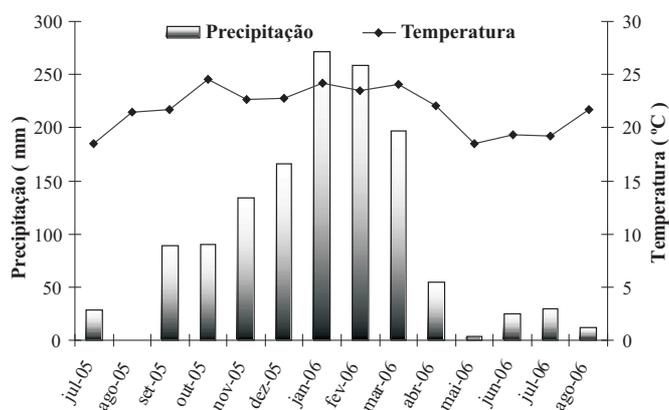


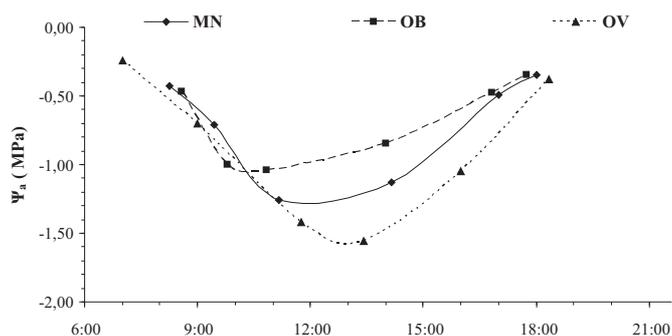
Figura 1. Valores de precipitação mensal acumulada (mm) e temperatura do ar média mensal (°C) ocorridas durante o período do ensaio realizado em Mococa (SP).

De fato, as variações de potencial da água na planta são melhores interpretadas quando realizadas antes do sol nascer, uma vez que, durante a noite, há uma tendência de equilíbrio entre as condições hídricas da planta e do solo quando a deficiência hídrica não é acentuada (SILVA, 2003b). Segundo SILVA (2005), os tecidos das plantas estão hidratados ao máximo pouco antes do amanhecer, quando não há restrição hídrica, ao passo que as medidas feitas ao longo do dia são realizadas sob ocorrências da transpiração, consumindo mais nitrogênio, e são mais suscetíveis às variações no clima, como radiação incidente, temperatura e déficit de pressão de saturação do ar.

**Tabela 1:** Médias mensais de variáveis climatológicas, na Região de Mococa (SP), no período de agosto de 2005 a julho de 2006

Mês-Ano	Vv ± epm m s <sup>-1</sup>	UR ± epm %	DP ± epm kPa	Rg ± epm MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	ETo ± epm mm
Ago-05	2,43 ± 0,11	53,08 ± 1,48	1,24 ± 0,45	19,12 ± 0,30	4,56 ± 0,17
Set-05	2,51 ± 0,14	69,71 ± 1,91	0,82 ± 0,36	16,63 ± 1,17	3,52 ± 0,22
Out-05	2,03 ± 0,10	66,01 ± 2,12	1,09 ± 0,50	20,37 ± 0,94	4,25 ± 0,17
Nov-05	1,76 ± 0,07	76,00 ± 0,94	0,67 ± 0,17	19,04 ± 1,00	3,47 ± 0,14
Dez-05	1,64 ± 0,08	75,40 ± 1,46	0,70 ± 0,26	18,89 ± 1,19	3,45 ± 0,17
Jan-06	1,51 ± 0,06	71,01 ± 2,06	0,92 ± 0,43	21,22 ± 1,24	4,00 ± 0,17
Fev-06	1,51 ± 0,07	79,64 ± 1,43	0,60 ± 0,44	18,43 ± 1,08	3,26 ± 0,20
Mar-06	1,57 ± 0,07	76,19 ± 0,98	0,72 ± 0,28	19,92 ± 0,82	3,64 ± 0,17
Abr-06	1,39 ± 0,10	72,87 ± 0,97	0,72 ± 0,20	18,59 ± 0,72	3,35 ± 0,13
Mai-06	1,15 ± 0,08	69,73 ± 1,56	0,65 ± 0,16	15,95 ± 0,76	2,78 ± 0,13
Jun-06	1,92 ± 0,06	66,33 ± 0,57	0,76 ± 0,21	15,24 ± 0,46	3,07 ± 0,07
Jul-06	1,94 ± 0,08	61,55 ± 1,26	0,87 ± 0,09	16,01 ± 0,62	3,38 ± 0,17
Média	1,78 ± 0,08	69,79 ± 1,40	0,81 ± 0,29	18,28 ± 0,86	3,56 ± 0,16

Vv: Velocidade do Vento; UR: Umidade Relativa do ar; DP: Déficit de pressão de vapor; Rg: Radiação Global; ETo: Evapotranspiração de referência; epm: erro-padrão da média.



**Figura 2.** Variação do potencial de água na planta de cafeeiros das cultivares Mundo Novo (MN), Obatã (OB) e Ouro Verde (OV), observados em 28/04/2006, em Mococa (SP).

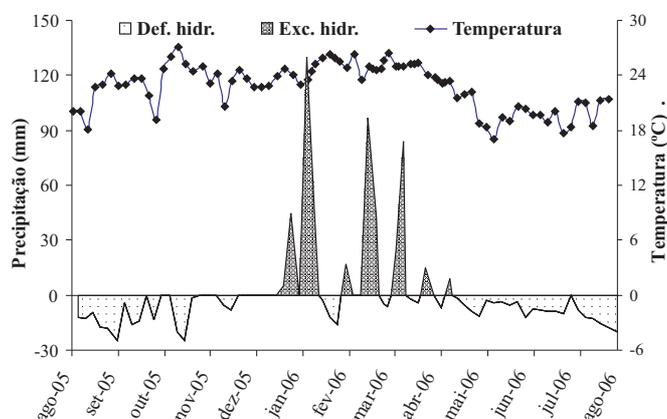
Os menores valores observados de  $\Psi_{am}$  ao longo do período experimental ocorreram ao fim de julho de 2006 e foram -1,29; -1,60; e -1,68 MPa para as cultivares MN, OB, e OV respectivamente (Figura 4). Tal fato pode estar relacionado à resposta da planta ao longo período de deficiência hídrica no solo (Figura 3), devido ao baixo volume de precipitações pluviais (Figura 1). Entretanto, estes foram relevantes ao cultivo do cafeeiro Arábica, uma vez que coincidiram com a fase de indução e maturação das gemas florais, importante na uniformidade das floradas (CAMARGO e CAMARGO, 2001). Há, porém, informações controversas na literatura sobre o potencial de água, observando-se valores desde  $\Psi_{am}$  -0,8 MPa (CRISOSTO et al., 1992) até -2,56 MPa (SCHUCH et al., 1992), os quais estimulariam o florescimento do cafeeiro após irrigação.

A partir de setembro de 2005, ocorreu gradativo aumento no volume de precipitações pluviais (Figura 1) e, conseqüentemente, maior disponibilidade de água no sistema solo-planta-atmosfera, o que possibilitou o aumento gradativo do potencial da água na planta, oscilando em função das variações de umidade do solo. Em janeiro de 2006, embora o volume de precipitação acumulado tenha sido maior que nos outros meses, ocorreu um período de veranico em um intervalo de 17 dias (9 a 26 de janeiro). Esse período foi caracterizado pela alta demanda de água (ETo), porém em situação adversa de deficiência hídrica associado à alta temperatura (Figura 3), o que resultou em queda dos valores de  $\Psi_{am}$ . Tais valores, apesar de não serem tão expressivos com relação a períodos com menores potenciais, são indicativos da necessidade de irrigação, visto que o período corresponde à alta demanda de água pela planta para granação dos frutos, quando a deficiência de água pode ocasionar má formação do endosperma e conseqüente perda da qualidade (CAMARGO e CAMARGO, 2001) e de valor do produto final.

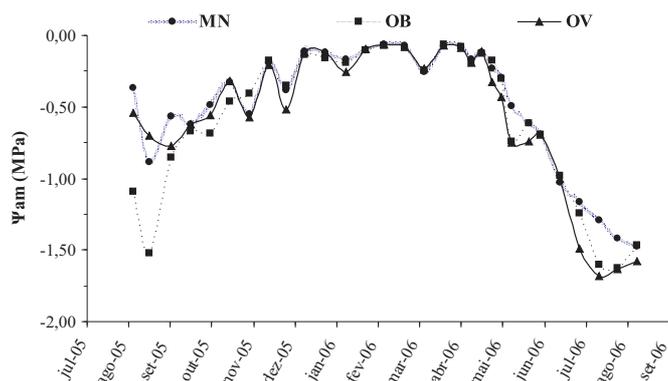
De modo geral, o comportamento das três cultivares foi bastante semelhante, com a ocorrência de maiores potenciais em fevereiro e março de 2006 (da ordem de -0,07 MPa), coincidentes com os meses de maiores volumes de precipitações pluviais. Por outro lado, os menores valores foram observados em setembro e agosto de 2006, quando os potenciais de água na planta foram de -2,59; -3,06 e -2,35 MPa para MN, OB e OV respectivamente, e coincidentes com os dados obtidos por SILVA (2004), em experimento também realizado em Mococa com a cultura de café.

De acordo com esse autor, os menores potenciais da água na folha na antemã, nessa mesma estação do ano, foram para cafeeiros não irrigados (-2,82 MPa), e os maiores para os irrigados (-0,5 MPa), portanto, acompanhando as variações da umidade do solo. Neste mesmo trabalho, a partir do fim de setembro, com o retorno das chuvas, os potenciais de água na antemã tiveram tendência de alta, alcançando a igualdade entre todos os tratamentos a partir do final de outubro (cerca de -0,1 MPa). Segundo RENA e MAESTRI (1986), em trabalhos de campo com o cafeeiro Arábica, o  $\Psi_{am}$  sob forte déficit hídrico no solo pode chegar a valores de -2,7 MPa. No entanto, RODRIGUES et al. (2003), em pesquisa realizada com cafeeiros no Distrito Federal, constataram valores de  $\Psi_{am}$  próximos a -4,0 MPa, não diferindo muito dos potenciais medidos durante o dia. SILVA (2004) relata que valores baixos de  $\Psi_{am}$  (-2,5 a -2,8 MPa) sem irrigação reduzem significativamente o número de flores quando comparadas às plantas irrigadas, com reflexo na produção final. O mesmo autor obteve valores de  $\Psi_{am}$  de -1,1 a -1,6 MPa, com suspensão da irrigação por 60 dias, os quais foram mais efetivos na sincronização das floradas do cafeeiro, aliando uniformidade com boa produção. Diante deste contexto, os valores de  $\Psi_{am}$  parecem convergir para alta dependência do estado hídrico, da densidade e profundidade do sistema radicular (BERGONCI et al., 2000) e das características edafoclimáticas do local (SILVA et al., 2001).

As diferenças de  $\Psi_{am}$  observadas entre as cultivares, principalmente nos períodos críticos de déficit hídrico no solo, podem ser atribuídas a situações variáveis de taxa evaporativa para atmosfera (DENMEAD e SHAW, 1962), o que pode corresponder à variabilidade das cultivares a uma adaptação aos períodos de seca (MEINZER et al., 1992).



**Figura 3.** Balanço hídrico climatológico da região de Mococa (SP).



**Figura 4.** Variação do potencial de água na planta medidos na antemã durante um ano para as cultivares de Coffea arábica Mundo Novo (MN), Obatã (OB) e Ouro Verde OV.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O potencial da água na folha é altamente variável em função da umidade no solo e, conseqüentemente, das precipitações, sendo um fator indicativo do nível de armazenamento de água no solo.

2. Fatores como velocidade do vento, déficit de pressão de vapor, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar podem ser elementos auxiliares da variação do potencial da água na planta. Atuando isoladamente ou conjuntamente com o déficit hídrico do solo, podem intensificar o estresse hídrico da planta e, conseqüentemente, o fechamento dos estômatos, influenciando sobre seus valores.

3. A irrigação pode ser uma ferramenta fundamental no ciclo de produção do café, visto que é passível de manejo, possibilitando complementar a necessidade hídrica nas fases críticas da cultura, uma vez que as precipitações pluviais seguem um ciclo sazonal muitas vezes definido, porém podem ser aleatórios no tempo e variáveis em volume.

#### REFERÊNCIAS

ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'Arabie. **Agronomie Tropicale**, v.14, p.23-58, 1959.

ALFONSI, R.R. Histórico climatológico da cafeicultura brasileira. **Informativo Garcafé**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. p.7-11.

ALLEN, T.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage, Paper 56).

- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.S. An update for the definition of reference evapotranspiration. International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi, v.43, n.2, 93p., 1994.
- ANTUNES, R.C.B.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R.; RENA, A.B.; BONOMO, R. Área de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada na Região das Vertentes de Minas Gerais - Resultados de 1998/2000. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas - MG. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p.823-826.
- ARRUDA, F.B.; GRANDE, M.A. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.139-145, 2003.
- ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JR, J.; AVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H; BERLATO, M.A.; SANTOS, A.O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1531-1540, 2000.
- CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação do café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n.7, p.831-839, 1985a.
- CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.11, p.13-26, 1985b.
- CAMARGO, A. P.; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; CHIARINI, J. V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 4., 1976, Brasília. Bases para utilização agropecuária: **Anais...** São Paulo: USP, 1977. p.89-120.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, V.60, n.01, p.65-68, 2001.
- CARAMORI, P.H.; OMETTO, J.C.; VILLA NOVA, N.A.; COSTA, J.D. Efeitos do vento sobre mudas de cafeeiro Mundo Novo e Catuaí vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.11, p.1113-1118, 1986.
- CRISOSTO, C.H.; GRANTZ, D.A.; MEINZER, F.C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree physiology**, Victória, v.10, n.2, p.127-139, 1992.
- DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; PINHEIRO, H.A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M.E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v.164, p. 111-117, 2003.
- DAMATTA, F.M.; RENA, A.B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte e tecnologia na produção de café**. Viçosa: UFV, p.93-135, 2002.
- DENMEAD, O.T.; SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, p.385-390, 1962.
- DRINNAN, J.E. & MENZEL, C.M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.69, n.5, p.841-849, 1994.
- DRINNAN, J.E. & MENZEL, C.M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea Arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.1, p.25-34, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.
- FARIA, M.A.; VILELLA, W.M.C.; SILVA, M.L.O.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da; OLIVEIRA, L.A.M.; SILVA, A.L. Influência das lâminas de irrigação e da fertirrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). - 2.ª colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4, 2001, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2001. p.11-14.
- GOLBERG, A.D.; RENARDI, C.; LANNOYE, R.; LEDENT, J.F. Effects and aftereffects of water stress on chlorophyll fluorescence transients in *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabica* Capot and Aké Assi. **Café Cacao Thé**, Paris, v.32, n.1, p.1116, 1988.
- GUTIERREZ, M.V.; MEINZER, F.C.; GRANTZ, D.A. Regulation of transpiration in coffee hedgerows: covariation of environmental variables and apparent responses stomata to Wind and humidity. **Plant Cell and Environmental**, Oxford, v.17, p.1305-1313, 1994.
- MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p.403-415, 1987.
- MEINZER, F.C.; SALIENARA, N.Z.; CRISOSTO, C.H. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *coffea arábica* during adjustment to different soil moisture regimes. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.19, p.171-184, 1992.
- PINHEIRO, H.A.; DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; FONTES, E.P.B.; LOUREIRO, M.E. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. **Plant Science**, v.167, p. 1307-1314, 2004.
- PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E.D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, p.495-500, 2001.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1986, p.13-85.

- RODRIGUES, G.C.; GUERRA, A.F.; NAZARENO, R.B.; SAMPAIO, J.B.R.; SANZONOWICZ, C.; TOLEDO, P.M.R. Efeito do regime hídrico na floração de *Coffea arabica* L. cv Rubi MG1192. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro-BA. **Anais...** Brasília-DF: Embrapa Café, 2003. v.3, p. 127-128.
- ROTONDANO, A.K.F. **Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação.** 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- RUSSO JÚNIOR, M. **Dados climáticos auxiliares para planejamento e projeto de sistemas de irrigação.** São Paulo: CESP, 1980, 13p.
- SCHOLANDER, P.E.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, p.339-46, 1965.
- SCHUCH, U.K.; FUCHIGAMI, L.H.; NAGAO, M.A. Flowering, ethylene production, and ion leakage of coffee in response to water stress and gibberellic acid. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.1, p.158-163, 1992.
- SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.; SANTOS, A.R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, p.501-509, 2001. (Número especial Zoneamento Agrícola)
- SILVA, A.M.; COELHO, G.; FARIA, M.A.; SILVA P.A.M.; GUIMARÃES P. T. G.; COELHO, M. R.; COELHO, G. S. Avaliação da época de irrigação e da fertirrigação sobre a produtividade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.33-42, 2002.
- SILVA, C.R. Evapotranspiração e desenvolvimento de limeira ácida 'Tahiti' na ausência e presença de estresse hídrico 2005. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, E.A.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; PIRES, R.C.M.; GALLO, P.B.; PAULO, E. M. Efeitos de variáveis edafoclimáticas no florescimento e formação de frutos do cafeeiro arábica em distintas regiões macroclimáticas do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001. v. 1. p. 16-17.
- SILVA, E.A. Influência do local de cultivo e do manejo de irrigação no florescimento, uniformidade de produção e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.). 2004. 70f. Tese (Doutorado em Biologia) – Faculdade de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA, A.L.; FARIA, M.A.; REIS, R.P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.37-44, 2003a.
- SILVA, A.M.; LIMA, E.P.; COELHO, M.R.; COELHO, G.S. Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época de irrigação do parcelamento e do método de adubação do cafeeiro catuaí. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.434-440, 2003b.
- SOARES, A. R. Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**, Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 82 p. (Boletim técnico, IAC n.º 187)
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1)
- TOBIN, M.F.; LOPES, O.R.; KURSAR, T.A. Responses of tropical understory plants to a severe drought: tolerance and avoidance of water stress. **Biotropica**, St. Louis, v.31, p.570-578, 1999.
- VIEIRA, D.B. **Irrigação de pomares cítricos, planta cítrica.** Cordeirópolis: Instituto Agronômico, 1982. p.13-26.