

## MODELO AGROMETEOROLÓGICO DE ESTIMATIVA DA ÉPOCA DA PLENA FLORAÇÃO DO CAFEIRO ARÁBICA E CONDIÇÕES TROPICAIS

CAMARGO, M.B.P.<sup>2,4</sup>; PEDRO JR., M.J.<sup>2,4</sup>; CAMARGO, A.P.<sup>2</sup>; FAHL;  
J.I.<sup>2,4</sup>; FAZUOLI, L.C.<sup>3,4</sup>; SANTOS, M.A.<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café; <sup>2</sup> Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agrônomo (IAC/APTA), Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas (SP), <[mcamargo@iac.br](mailto:mcamargo@iac.br)>; <sup>3</sup> Centro de Café e Plantas Tropicais, Instituto Agrônomo (IAC/APTA); <sup>4</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; <sup>5</sup> Bolsista do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D-Café-FUNAPE

**RESUMO:** Observações efetuadas em cafeeiros adultos em diferentes condições tropicais do Brasil indicaram que as gemas florais completam a maturação e entram em dormência, ficando prontas para a antese plena, quando o somatório da evapotranspiração potencial (ETp) a partir de abril atinge cerca de 350 mm. O objetivo deste trabalho foi testar esse valor e desenvolver um modelo de estimativa da plena floração do cafeeiro arábica para as condições tropicais, servindo de subsídio a modelos agrometeorológicos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade. Anotações fenológicas do café arábica, variedade Mundo Novo, em fase adulta, foram obtidas em duas regiões tropicais: Campinas (SP) e Mococa (SP), no período de 1987 a 1999. Como indicador do fator térmico relacionado com a fenologia do cafeeiro, considerou-se o valor de 350 mm, relativo ao somatório de ETp acumulado a partir do início de abril, e a quantidade mínima de chuva de 10 mm no decêndio, necessária como choque hídrico para que as gemas maduras sejam induzidas à antese. O modelo agrometeorológico proposto apresentou boa capacidade de indicar o início do período da florada principal do café arábica, apresentando erros de estimativa inferiores a um decêndio, podendo ser incorporado a modelos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade, que necessitam dessa importante informação fenológica.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., clima, fenologia, maturação das gemas, florescimento.

### AGROMETEOROLOGICAL MODEL FOR ESTIMATING THE FULL FLOWERING PERIOD OF THE ARABIC COFFEE (*Coffea arabica* L.) UNDER BRAZILIAN TROPICAL CONDITIONS

**ABSTRACT:** An agrometeorological model for estimation of full flowering of adult *Coffea arabica* crop is proposed, based on accumulated potential evapotranspiration (ETp) and a critical rainfall depth. Phenological observations taken from adult coffee plants under tropical conditions of Brazil indicated that flowering buds complete maturity and reach stay dormant, being ready for full antese or main

flowering when the accumulated value of ET<sub>p</sub>, starting from April, reaches about 350 mm. Phenological observations of adult coffee crops, variety Mundo Novo, were obtained in two tropical areas of São Paulo State, Brazil: Campinas and Mococa, during the years of 1987 to 1999. The model considered the value of 350 mm relative to the ET<sub>p</sub> accumulation starting from the beginning of April, and the flowering only happens, usually about 8 to 10 days, after a rain of at least 10 mm in 10 day basis, necessary to break the dormancy of the buds. The results support the overall conclusion that the proposed agrometeorological model presented a good capacity to indicate the beginning of the coffee flowering period, that can be used as an effective tool in coffee crop monitoring and yield modeling.

**Key words:** *Coffea arabica* L., climate, phenology, maturation of the flower buds, flowering.

## INTRODUÇÃO

O cafeeiro arábica é afetado nos seus diversos estádios fenológicos pela variação fotoperiódica e pelas condições meteorológicas, principalmente a distribuição pluviométrica e temperatura do ar, que interferem na fenologia e produtividade da cultura. Modelos matemáticos agrometeorológicos que relacionam condições ambientes, disponibilidade hídrica no solo, fenologia, bienalidade e produtividade do cafeeiro estão sendo desenvolvidos para as regiões cafeeiras dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Espírito Santo e Goiás. Esses modelos consideram os efeitos ambientais determinantes na produção pela grande influência que exercem em determinados períodos fenológicos críticos, como na floração e na formação dos frutos dos cafeeiros.

Diversas formas de definir e esquematizar a seqüência das fases fenológicas do cafeeiro arábica foram propostas anteriormente (Camargo, 1985; Camargo, 1998). Um modelo mais simples e racional foi proposto por Camargo et al. (2001), válido para variedades de café Catuaí e Mundo Novo nas condições tropicais do Brasil. São seis fases fenológicas distintas, sendo duas delas no primeiro ano fenológico e quatro no segundo. A primeira fase, *vegetação e formação das gemas vegetativas*, vai normalmente de setembro a março. São meses de dias longos, com fotoperíodo acima de 13 a 14 horas de luz efetiva. A segunda fase, *indução, diferenciação, crescimento e dormência das gemas florais*, são de dias curtos, indo normalmente de fevereiro a agosto. Em abril, depois do equinócio de março, com os dias ainda mais curtos, com menos de 13 horas de luz efetiva, intensifica-se o crescimento das gemas florais existentes (Mes, 1957; Gouveia, 1984). Essas gemas florais, após completo desenvolvimento, entram em dormência e ficam prontas para a antese, quando acontecer aumento substancial de seu potencial hídrico, causado por chuva ou irrigação. A terceira fase inicia-se com a florada após um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras (choque hídrico). Uma florada principal acontece quando se verifica um período de restrição hídrica, seguido de chuva,

irrigação ou mesmo acentuado aumento da umidade relativa do ar (Camargo & Franco, 1985; Rena & Maestri, 1985). Observações em cafeeiros adultos em diferentes condições tropicais do Brasil, aptas para o café arábica (Camargo et al., 2001), mostram que as gemas florais completam a maturação e entram em dormência, ficando prontas para a antese plena, quando o somatório de evapotranspiração potencial (ETp) a partir de abril atinge cerca de 350 mm.

A ETp é um elemento climatológico fundamental proposto por Thornthwaite (1948) para indicar a disponibilidade de energia solar na região; constitui, assim, um índice de eficiência térmica da região, semelhante aos graus-dia, porém sendo expresso em milímetros (mm) de evaporação equivalente. A ETp acumulada é muito utilizada na definição das disponibilidades térmicas, como nos trabalhos de zoneamento climático da aptidão agrícola e de definição de fases fenológicas (Camargo & Camargo, 2000). Enquanto os valores da temperatura do ar e de graus-dia são expressos em graus, simples índices termométricos, a ETp é dada em milímetros de evaporação, equivalente a uma unidade física quantitativa (Camargo, 1962).

Este trabalho teve por objetivo desenvolver e validar um modelo agrometeorológico de estimativa do início da plena floração do cafeeiro arábica para as condições tropicais do Brasil, servindo de subsídio aos modelos agrometeorológicos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade em fase de desenvolvimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Anotações fenológicas do café arábica, variedade Mundo Novo, em fase adulta, foram obtidas em dois locais. O primeiro experimento, conduzido em escala comercial na Fazenda Serra, localizada no município de Mococa, SP (lat. 21°25'S, long. 46° 55'W, alt. 750 m), constou de 5 talhões, de uma área de aproximadamente 41 ha. Foram anotadas as datas do início da florada plena, ou seja, quando as gemas florais maduras transformaram-se em flores, no período de 1995 a 1999. O segundo local foi em um experimento conduzido no Centro Experimental de Campinas, SP (lat. 22°54'S, long. 47° 05'W, alt. 674 m) pelo Centro de Café e Plantas Tropicais do IAC, durante os anos de 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996 e 1997. As adubações, os tratos culturais e os tratamentos fitossanitários foram os usualmente recomendados para a cultura comercial do café, mais sem aplicação de irrigação.

Os dados termopluviométricos foram obtidos em duas estações meteorológicas localizadas próximas aos talhões considerados. A evapotranspiração potencial (ETp) proposta por Thornthwaite (1948), além de quantificar a chuva teoricamente necessária e fundamental nos cálculos de balanços hídricos, é também um indicador eficiente do fator térmico relacionado com a fenologia do cafeeiro (Camargo & Pereira, 1994). Para a estimativa da ETp, em nível decendial (10 dias), foi utilizado o modelo de Camargo & Camargo (1983), que se baseia em dois fatores climáticos fundamentais:

temperatura média do ar e energia solar recebida no topo da atmosfera. Este último é um dado astronômico e é influenciado pela latitude do local, pelo comprimento do dia e pela estação do ano.

Para que as gemas florais fiquem maduras, foi considerada a exigência do somatório de ETp de 350 mm a partir do início de abril. Além desse critério, foi considerada também a necessidade de chuva mínima de 10 mm em nível decendial, exigida como choque hídrico necessário para ocorrência da antese dos botões florais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os somatórios decendiais acumulados de ETp a partir de abril, com indicação do valor de 350 mm, para Campinas e Mococa, no período de 1987 a 1999. Observa-se que os valores acumulados de 350 mm variaram do último decêndio de agosto (A3), como nos anos de 1995 e 1998, até o primeiro decêndio de outubro (O1), no ano de 1990, apresentando, assim, diferença de aproximadamente 40 dias entre esses anos.

Somente após a acumulação de ETp de 350 mm as gemas florais ficam prontas para serem estimuladas à antese. A florada plena, entretanto, ocorre cerca de uma semana após a ocorrência de um choque hídrico nas gemas por chuva de pelo menos 10 mm no decêndio. As distribuições pluviométricas e os somatórios acumulados de ETp para Campinas (1988, 1995, 1996 e 1997) e Mococa (1995, 1996, 1997 e 1999), com indicações das épocas estimadas da maturação das gemas e das floradas, assim como das floradas reais, estão apresentados na Figura 2. No último decêndio de agosto (21-31) de 1997, em Campinas, ocorreu um total de 27 mm de chuva, quantidade teoricamente suficiente para provocar a quebra de dormência das gemas florais e induzir à antese. Entretanto, nessa época as gemas florais ainda não estavam maduras, pois o valor de ETp acumulado indicava somente 320 mm, quantidade insuficiente para a indução da florada plena do cafeeiro. Observa-se, pelo Quadro 1, que o modelo agrometeorológico mostrou boas estimativas da época da plena floração em praticamente todos os anos, com erros não superiores a um decêndio.

## CONCLUSÕES

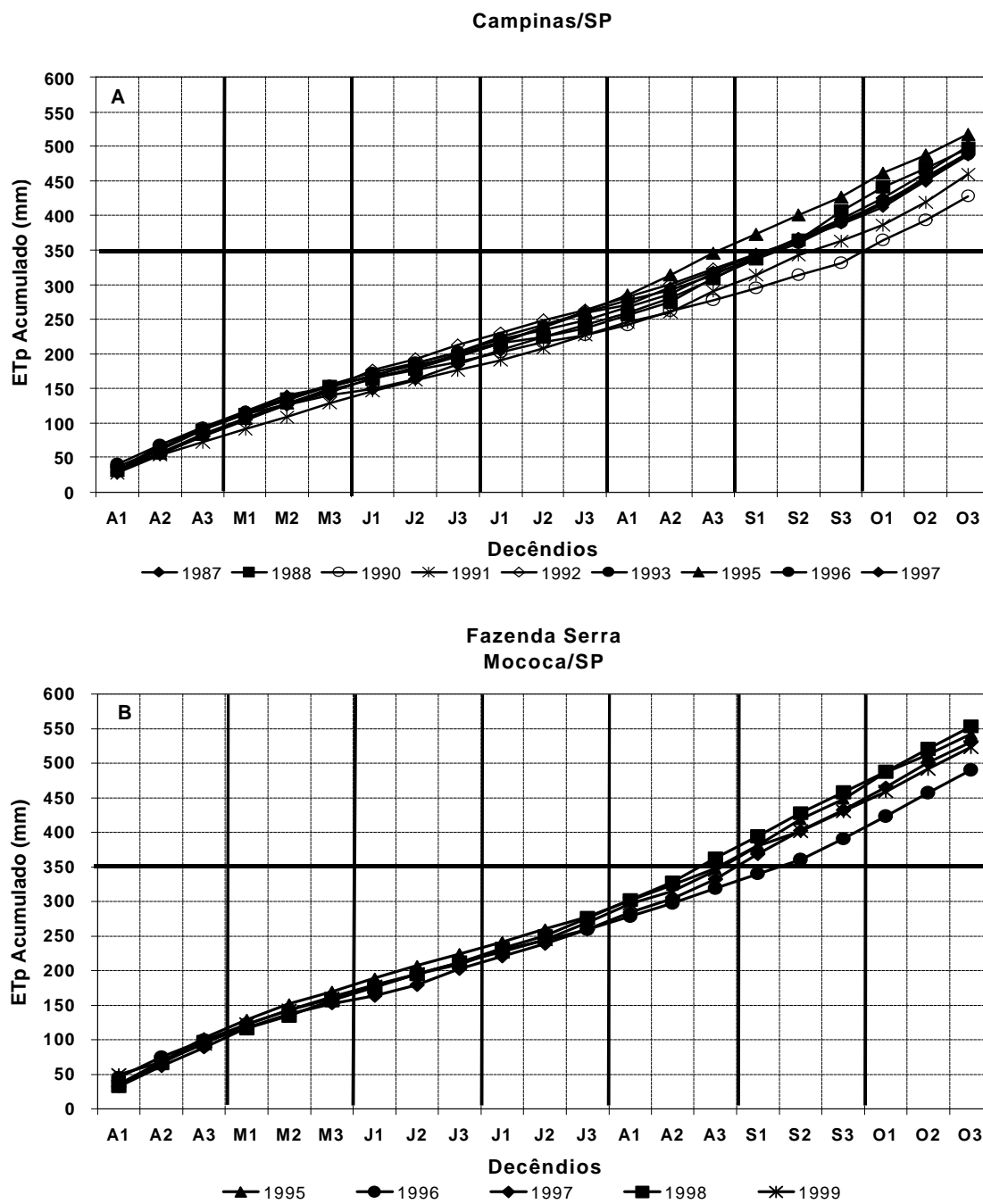
1. O modelo agrometeorológico proposto apresentou boa capacidade de indicar a época da plena floração do café arábica, com erros de estimativa inferiores a um decêndio.
2. O modelo proposto poderá ser incorporado a modelos agrometeorológicos de monitoramento e de estimativa de quebra de produtividade, que necessitam dessa importante informação fenológica.

**Quadro 1** - Épocas (decêndios) de ocorrência de início da plena floração do cafeeiro arábica, reais e estimadas por modelo agrometeorológico para as regiões de Campinas e Mococa, no período de 1987 a 1999

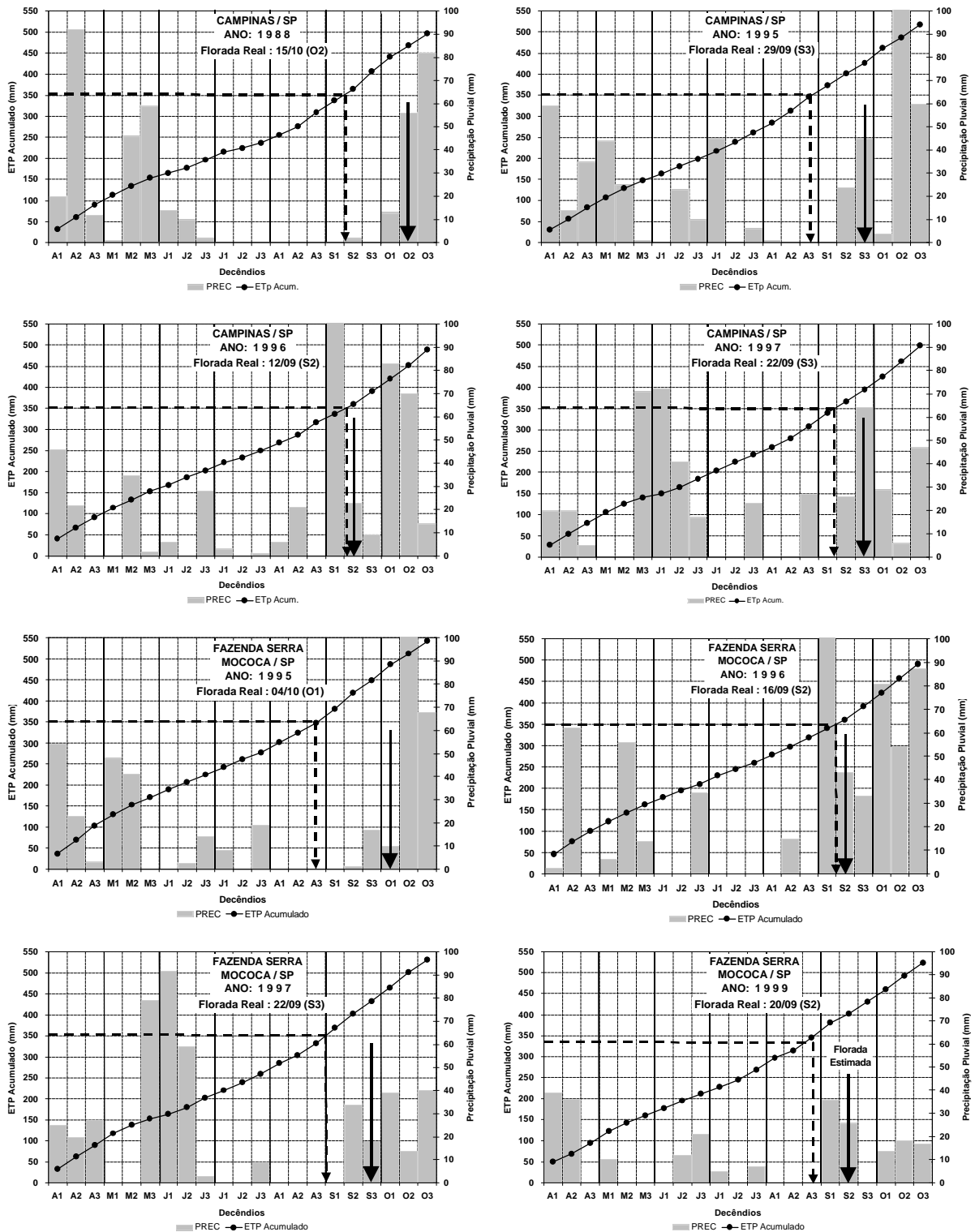
ANO	FLORADA REAL (n <sup>o</sup> /decêndio/mês)	FLORADA ESTIMADA (n <sup>o</sup> /decêndio/mês)	ERRO DE ESTIMATIVA (n <sup>o</sup> de decêndios)
<b>C a m p i n a s</b>			
1987	2 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	1
1988	2 <sup>o</sup> Dec/Out	2 <sup>o</sup> Dec/Out	0
1990	3 <sup>o</sup> Dec/Out	3 <sup>o</sup> Dec/Out	0
1991	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1992	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1993	2 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	1
1995	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1996	2 <sup>o</sup> Dec/Set	2 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1997	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
<b>M o c o c a</b>			
1995	1 <sup>o</sup> Dec/Out	1 <sup>o</sup> Dec/Out	0
1996	2 <sup>o</sup> Dec/Set	2 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1997	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1998	3 <sup>o</sup> Dec/Set	3 <sup>o</sup> Dec/Set	0
1999	2 <sup>o</sup> Dec/Set	2 <sup>o</sup> Dec/Set	0

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.21, p.163-203, 1962.
- CAMARGO, A. P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.20, n.7, p. 831-839, jul. 1985.
- CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.M. Clima e fenologia do cafeeiro. In: *Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações*. 5.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, p.19-50, 1985.
- CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffee crop. *World Meteorological Organization*, Geneve, 96p.. Agricultural Meteorology CaM Report, 58, 1994.
- CAMARGO, A.P. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 24., 1998, Poços de Caldas. *Anais*. Instituto Brasileiro do Café, v.1, p.41-42, 1998.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura do ar. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 3, 1983, Campinas. *Anais*. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.229-244, 1983.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P.; PALLONE FILHO, W.J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região norte de São Paulo e no Triângulo Mineiro. *Boletim Técnico IAC*, 190. Série Tecnologia APTA. Instituto Agrônomo, Campinas. 26p., 2001.
- GOUVEIA, N..M. *Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de Coffea arabica L. Observações sobre antese e maturação dos frutos*. Campinas, 1984. 237p. *Dissertação* (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, UNICAMP.
- MES, M.G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. III – Various phenomena associated with the dormancy of the coffee flower buds. *Portugaliae Acta Biologia*, Lisbon, v.5, n.1, p.25-44, 1957.
- RENA, A.B; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.26-40, 1985.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.



**Figura 1 - Curvas indicando os somatórios decenciais acumulados de ETp a partir de abril para Campinas (A) e Mococa (B).**



**Figura 2** - Distribuição pluviométrica e somatório acumulado de ETP a partir de abril, em níveis decendiais, com indicações dos valores de 350 mm de ETP e das épocas estimadas da floração plena do café, para Campinas (1988, 1995, 1996, 1997) e Mococa (1995, 1996, 1997, 1999).