

---

## ESTIMATIVA DE TEMPERATURA-BASE E GRAUS-DIA COM CORREÇÃO PELO FOTOPERÍODO DO FLORESCIMENTO À COLHEITA DE CAFÉ EM CAMPINAS, SP<sup>1</sup>

IAFFE, A.<sup>2</sup>; PINTO, H.<sup>3</sup>; ARRUDA, F.B.<sup>4</sup>; QUAGLIA, L.<sup>5</sup>; SAKAI, E.<sup>4</sup>; PIRES, R.C.M.<sup>4</sup> e ASSAD, E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Parcialmente financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café; <sup>2</sup>Eng.-Agr., Bolsista do CNPq, Doutorado em Fisiologia Vegetal, Inst. Biologia, UNICAMP, <iaffe@iac.br>; <sup>3</sup>CEPAGRI/UNICAMP; <sup>4</sup>CEB/IAC; <sup>5</sup>Eng.-Agr. M.S. Esalq/USP

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi simular a temperatura-base e determinar a necessidade térmica do cafeeiro Mundo Novo, desde o florescimento à colheita, utilizando-se dados fenológicos de experimentos de campo. Foram comparados métodos de determinação de graus-dia pelo menor desvio-padrão com a determinação de unidades fototérmicas nos 8 anos investigados. Os resultados indicaram a temperatura-base de 11 °C, como limite inferior. A soma média entre o florescimento e a colheita foi de 2642 graus-dia, e o período médio, de 237 dias. Menores desvios-padrões foram observados após o desconto das temperaturas médias de dias com registros de temperaturas máximas superiores a 32 °C. A correção pelo fotoperíodo apresentou bom ajuste com as fases fenológicas do cafeeiro nas condições de Campinas, SP.

**Palavras-chave:** graus-dia, temperatura base, unidades fototérmicas, *Coffea Arabica* L.

## BASE TEMPERATURE AND HEAT UNITS AS CORRECTED BY DAY LENGTH FROM FLOWERING TO HARVEST OF COFFEE IN CAMPINAS, SP

**ABSTRACT:** The purpose of this work was to find the base temperature and the thermal time of coffee plants of cv. Mundo Novo necessary from flowering to harvest. Calculation of degree-days was by minimum standard deviation and compared to a correction for photoperiod in an 8 years of field experiment. The results indicated an 11° C as an inferior limit as base temperature. The accumulated value between main flowering and harvesting was 2642 degree-days (237 days). Lower deviation was found when days with air temperature above 32° C were not considered in the calculation of degree-days. Correction by photoperiod slightly improved the calculation of heat units for coffee reproductive period under conditions of Campinas, SP.

**Key words** : degree days, photoperiod, *Coffea arabica* L.

## INTRODUÇÃO

A cafeicultura é explorada por uma ampla variedade de produtores, desde unidades familiares até grandes empreendimentos. A necessidade de planejamento na atividade demanda informações e pesquisas para subsidiar recomendações técnicas para o manejo da cultura. Nesse contexto, o conhecimento do efeito das variáveis climáticas na produtividade e nas fases fenológicas da cultura tem grande aplicação (ORTOLANI et al., 2001).

O conceito de graus-dia, também denominado unidades térmicas, assume a existência de uma temperatura-base, abaixo da qual o crescimento vegetal pode ser desconsiderado. Também de conceito semelhante, as unidades fototérmicas consideram a ação combinada da temperatura média do ar com o comprimento do dia, definindo uma função de acúmulo de energia relacionada ao fotoperíodo (LEMOS FILHO et al., 1997). Ambos os índices mostram-se viáveis para a estimativa de crescimento de culturas, podendo-se citar os exemplos da cana-de-açúcar e do capim-elefante (VILLA NOVA et al., 1999). O modelo das unidades fototérmicas considera a hipótese de que há decréscimo paulatino na fixação de energia quando o fotoperíodo é decrescente, como ocorre quando se aproxima o inverno. Concordante com a sazonalidade das taxas de crescimento observadas em cafeeiros (IAFFE et al., 2001; SILVA, 2000; BARROS et al., 1974), possivelmente, ele possibilitaria estudos mais integrados em condições de campo, embora existam também diversos métodos operacionais para o cálculo de graus-dia. Estudos quantitativos para café, independentemente do índice biometeorológico empregado, devem contemplar uma temperatura máxima, pois o cafeeiro mantém características fisiológicas relacionadas à sua origem, de condições de sub-bosque, em regiões de altitude (CAMARGO, 1985).

A expansão do cultivo em regiões com déficit hídrico e que apresentam riscos de ocorrência de temperaturas elevadas demanda pesquisas sobre o efeito das temperaturas máximas afetando a produtividade, devido ao abortamento de flores, entre outros fatores. No cafeeiro, temperaturas afetando crescimento vegetativo foram observadas por BIERHUIZEM et al. (1971) e DRINNAN et al. (1995) entre outros. IAFFE et al. (2000) observaram correlações negativas entre temperaturas mínimas e a produtividade de cafeeiros no Estado de São Paulo, em Ribeirão Preto e Pindorama. As correlações indicaram que o aumento da temperatura noturna de setembro a novembro (início e desenvolvimento do grão) pode estar relacionado com o aumento da respiração de manutenção à custa da matéria seca

acumulada na planta (McKREE et al., 1970; THORNSLEY, 1970). As observações são concordantes com DRINNAN et al. (1995), investigando temperaturas em cafeeiros na Austrália, que também encontraram correlações negativas com as temperaturas mínimas.

O trabalho analisou as somas térmicas desde o florescimento principal até a colheita em campo experimental de cafeeiros em Campinas, comparando entre graus-dia e unidades fototérmicas. Como objetivo específico, foram simuladas temperaturas-base inferior e superior para o cafeeiro, com base nos dois índices.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental de Campinas (Lat. 22° 53' S; Long. 47° 04' W; alt. 706 m), com cafeeiros cv. Mundo Novo 379/19, em Latossolo Roxo. A área útil do ensaio foi de 4.320 m<sup>2</sup>, com 2.304 plantas, distribuídas por 576 covas, com espaçamento de 3 x 2 m e quatro 4 plantas por cova, implantado em setembro de 1957. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso com parcela subdividida, com 96 parcelas de seis covas cada (24 plantas), que totalizavam 81 m<sup>2</sup> por parcela de área útil (ARRUDA et al., 1987). Os dados fenológicos compreendem um período de oito anos (1959 a 1966). Nos primeiros anos, o crescimento vegetativo foi monitorado semanalmente (IAFFE et al., 2001), sendo investigada preliminarmente a ocorrência de temperaturas máximas superiores a 32°C (ASSAD & PINTO, 2001) e, posteriormente, outros eventos extremos, como geada e seca, para auxiliar a análise e interpretação dos resultados. As temperaturas-base inferiores e superiores e a soma das unidades fototérmicas e graus-dia calculadas entre a florada principal e a colheita utilizaram o método de menor variabilidade do desvio-padrão, similar a WUTKE et al. (2000). As equações foram, respectivamente:

$$C = N * (24 - N)^{-1}$$

em que C é a correção proporcional por um método algébrico e N é o fotoperíodo médio (LEMOS FILHO et al., 1997). A tabela consultada foi a de CAMARGO (1985).

$$GD = \text{número de dias} * (T_i - T_b)$$

em que GD corresponde à soma de graus-dia de cada ano; T<sub>i</sub>, à temperatura média diária (°C); e T<sub>b</sub>, à temperatura-base em estudo (°C).

Para a determinação da temperatura-base foi selecionada, dentre as temperaturas simuladas, aquela correspondente ao menor coeficiente de variação em base diária (ASPIAZU & SHAW, 1972), sendo utilizada a expressão:

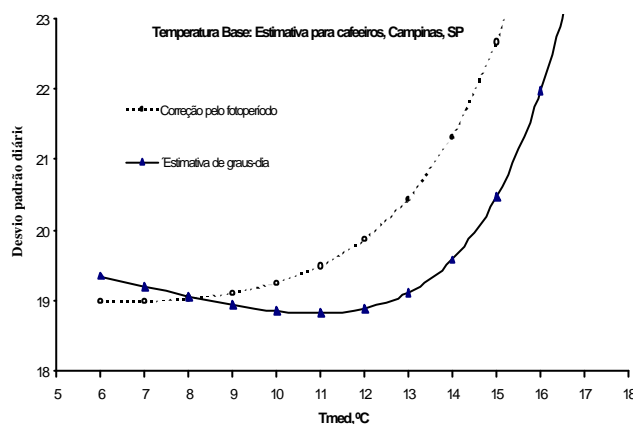
$$Sd = Sdd / (x - T_b)$$

em que Sd correspondente ao desvio-padrão em dias; Sdd, ao desvio-padrão em graus-dia para toda a série de anos colhidos; e x é a temperatura média dos 8 anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As colheitas foram realizadas em sua maioria em maio; as floradas principais ocorreram em setembro e outubro, após 12 dias, em média, das primeiras chuvas ou irrigações efetuadas após a estiagem de inverno (IAFFE et al., 2001).

A temperatura-base foi simulada de 8 a 16 °C. A variação dos valores do desvio-padrão dos graus-dia acumulados entre o florescimento e a colheita é apresentada na Figura 1.



**Figura 1** - Determinação da temperatura-base do período entre o florescimento e a colheita, em Campinas, SP, utilizando o método do menor desvio-padrão em dias, em graus-dia (----D---) e com correção pelo fotoperíodo (- - o - -).

O intervalo médio entre a florada principal e a colheita foi de 237 dias. A correlação observada entre a média das temperaturas ocorridas entre o florescimento e a colheita e o número de dias foi negativa,  $r = -0,60$ , não-significativa estatisticamente, para oito pares de dados, a uma probabilidade de

5%. Segundo LOMAS et al. (1983), a duração do período reprodutivo depende das condições térmicas do inverno prévio, significando também uma aclimação da planta (BIERHUIZEM et al., 1971). No entanto, variações importantes foram observadas devido a efeitos extremos, como a seca de 1963 e geada de 1965.

A determinação da temperatura-base de 11 °C foi feita com auxílio de ajuste de função entre os pontos observados, conforme representado na Figura 1.

Menores desvios-padrões foram observados após o desconto das temperaturas médias de dias com registros de temperaturas máximas superiores a 32 °C. No período em estudo, observando a matriz de temperaturas, nota-se que ocorreram valores extremos (geada). Com exceção desse evento, as temperaturas mínimas no período variaram de 3,4 °C a 22 °C, e as temperaturas máximas, de 16 °C a 38,2 °C. DRINNAN et al. (1995) observaram desenvolvimento floral comparando temperaturas (diurnas/noturnas): 33°/28°, 23°/18° e 18°/13° C, em nove cultivares de café em condições controladas de casa de vegetação na Austrália. Os autores observaram que não ocorreu desenvolvimento floral na combinação de temperatura de 33°/28° C. Para a região de Botucatu, com altitude média de 807 metros, IAFFE et al. (2001) observaram a temperatura-base estimada em 12,3°C, o intervalo médio entre o florescimento e a colheita foi de 303 dias, devido às temperaturas mais baixas, quando comparado com Campinas. Com base nesses resultados, infere-se que, no caso de regiões com gradientes térmicos maiores (Estado do Paraná e suas temperaturas mínimas e região Centro-Oeste com respectivas temperaturas máximas), os desvios tendem a ser maiores e a correção devido ao fotoperíodo poderá ser considerável.

## CONCLUSÕES

O valor da temperatura-base estimada pelo método da menor variação no desvio-padrão foi de 11 °C. Para esse valor, a soma média foi de 2.642 graus-dia entre a florada principal e a colheita. Na condição de Campinas, ambos os métodos produziram resultados semelhantes e adequados para subsidiar o manejo do café.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M.; NAGAI, V. Ensaio de irrigação e condução de café novo em Campinas. In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Jundiaí, SP, julho de 1987.
- ASPIAZÚ, C.; SHAW, R.M.H. Comparison of several methods of growing degree unit calculations for corn (*Zea mays* L.) **Journal Science**, Iowa State, v.45, p.435-442, 1972.

- ASSAD, E.; PINTO, H. (org.) Zoneamento agroclimático para o cultivo do café (C. Arábica) para os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e sudoeste da Bahia. Brasília, **Embrapa-Funcafê**, 94p. 2001.
- BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café. *Rev.Ceres*, v.21, n.116, p.268-279, 1974.
- BIERHUIZEM, J.F.; NUNES, M.A.; PLOEGMAN, N. Estudos sobre a produtividade do cafeeiro, 1: Efeito da luz, temperatura e concentração do CO<sub>2</sub> na fotossíntese de *Coffea arabica*; Portugal, **Estudos Agronomicos**, v.11-12, p.15-25,1971.
- CAMARGO, A.P. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões (cafeiras) do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 20, n.7, p.831-839, 1985.
- DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee *Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science** (RU), v.70, n.1, p.25-34, 1995.
- IAFFE, A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E. Estimativa de temperatura-base e soma de graus-dia para o cafeeiro do florescimento até a colheita em Botucatu, SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Fortaleza, julho de 2001.
- IAFFE, A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; PIRES, R.C.M.; CALHEIROS, R. Avaliação de variáveis agrometeorológicas em correlações com a produção de café em Ribeirão Preto. In: SIMPÓSIO DO CONSÓRCIO DE CAFÉ, Poços de Caldas, MG, 2000.
- IAFFE, A.; et al.. Efeito da temperatura no crescimento de cafeeiros com 2 e 7 anos de idade em Campinas, SP. II Simposio Vitoria, E.S., 2001.
- LEMOS FILHO, J.P.; VILLA NOVA, N.A.; PINTO, H.S. A model including photoperiod in degree days for estimating Hevea bud growth. **International Journal of Biometeorology**, Leiden, v.41, n.1, p.1-4, 1997.
- LOMAS, J., BURD, P. Prediction of the commencement and duration of the flowering period of citrus. **Journal of Agricultural Meteorology**, n.28, p.387-396, 1983.
- McCREE, K.J. An equation for the rate of respiration of white clover plants grown under controlled conditions. In: Prediction and Measurement of Photosynthesis. **Proceedings** of the IBP/PP, Wageningen, p.221-229, 1970.
- ORTOLANI, A.A. Graus-dia e zoneamento na cafeicultura. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Fortaleza, julho de 2001.
- SILVA, E.A.; Periodicidade do crescimento vegetativo em *Coffea arabica* L.: relações com a fotossíntese em condições de campo. Viçosa (Tese mestrado em Fisiologia Vegetal), UFV, 33p. 2000.
- THORNLEY, J.H.M. Respiration, growth and maintenance in plants. **Nature**, n.227, p.304-305, 1970.
- VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S.; PEREIRA, A.R. Modelo para previsão da

produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Rev. Bras. Agromet.** v.7, p.75-79, 1999.

WUTKE, E.B.; BRUNINI, O.; TREVIZAN, M.B.; CASTRO, J.L. et al. Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Rev. Bras. Agromet.**, Santa Maria, v.8,n.1, p.556-61, 2000.