

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO CLIMA E DO CONSUMO HÍDRICO NA PRODUÇÃO DE CAFEIROS (*Coffea arabica* L.) EM PINDORAMA, SP.<sup>1</sup>

F. B. ARRUDA<sup>2</sup>; M. de A. M. WEILL<sup>3</sup>; A. IAFFE<sup>3</sup>; E. SAKAI<sup>2</sup>; R. C. de M. PIRES<sup>2</sup>

**RESUMO:** O efeito dos elementos meteorológicos na cultura do cafeeiro foi avaliado por meio de correlações simples com a produção final de cinco anos de ensaio na E. E. de Pindorama, IAC. Os resultados indicaram que a ocorrência de chuvas muito frequentes na época do florescimento e início da formação dos grãos é prejudicial à produção. A temperatura mínima do ar apresentou correlação negativa com a produção no período de fevereiro a junho. A temperatura máxima absoluta apresentou forte efeito negativo na produção no período relacionado com o pegamento de flores e frutos. Sugere-se uma cuidadosa seleção do local de plantio, bem como a correta seleção de material genético e manejo adequado da irrigação para induzir à ocorrência do florescimento em período mais favorável e reduzir os problemas com temperatura.

**PALAVRA-CHAVE:** agrometeorologia, temperatura, disponibilidade hídrica, *Coffea arabica* L.

**ABSTRACT:** The effect of meteorological elements on coffee production was investigated by simple correlation method with final yield of a five years coffee experiment in Pindorama, SP, Brazil. The results indicated a deleterious effect of frequent rainfall during the flowering period and beginning of grain development. Minimum air temperature occurred from February to June presented a negative correlation with yield, possibly due to maintenance respiration. Absolute maximum air temperature presented a strong negative correlation with yield, related to flower and fruit set. It is suggested a carefully place selection to install a coffee plantation as well the genetic material and an adequate irrigation management to reduce temperature problems.

**KEYWORDS:** agrometeorology, temperature, water, *Coffea arabica* L.

## INTRODUÇÃO

Embora o cafeeiro seja considerado uma planta relativamente tolerante à seca, sua produtividade é reduzida quando, em diferentes fases do ciclo, a disponibilidade hídrica é inadequada (Camargo et al., 1984), sendo que o efeito da deficiência hídrica é função de sua intensidade, duração e época de ocorrência (Arruda, 1989). As produções anuais e o consumo de água pelo cafeeiro podem ser parcialmente explicados pela variação de atributos climáticos e da disponibilidade hídrica no solo, ao longo do ciclo da cultura. A identificação de fatores limitantes à produção e de épocas críticas de ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo fenológico do cafeeiro são metas importantes no planejamento e manejo da cultura. Neste trabalho, procedeu-se à avaliação do efeito de fatores climáticos e de consumo hídrico sobre as produções alcançadas em um ensaio de café, como parte de um projeto para levantamento de subsídios para recomendação de irrigação da cultura no estado de São Paulo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Estação Experimental de Pindorama, do Instituto Agrônomo (Coordenadas: 48° 55' W; 21° 13' S). Com uma área útil de 4.320m<sup>2</sup>, foram locadas 576 covas, no espaçamento de 3m x 2,5m, com 4 plantas por cova (1 unidade cafeeira), totalizando 2.304 plantas úteis. O delineamento experimental, em blocos ao acaso, foi originalmente idealizado para testar dois tratamentos: *irrigado* e *não irrigado*, sendo 48 parcelas por tratamento, ou 96 parcelas no total. Cada parcela abrangeu seis unidades cafeeiras (24 plantas), totalizando uma área de 45 m<sup>2</sup>. O plantio ocorreu em 31/12/1968 e em 1972, foi extraída a primeira safra, e realizada a irrigação nos canteiros do tratamento irrigado. Foram aplicadas três lâminas de água: de 37mm, em 17/05; de 37,2mm, em 22/06; e de 32,8mm, em 17/08. Não foram efetuadas novas irrigações no ensaio, devido ao rompimento da barragem que supria a água para a irrigação dos canteiros. Por essa razão, neste trabalho, esse tratamento é referido por *inicialmente irrigado*. Para seleção de fatores benéficos ou limitantes às produções observadas, procedeu-se a análises de correlação entre variáveis de produção

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pelo **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café**.

<sup>2</sup> Pesquisadores Científicos, Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, C. Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP. E-mails: [farruda@cec.iac.br](mailto:farruda@cec.iac.br), [emilio@cec.iac.br](mailto:emilio@cec.iac.br) e [rcmpires@cec.iac.br](mailto:rcmpires@cec.iac.br).

<sup>3</sup> Eng. Agr. Bolsistas do PNP&D-Café no Centro de Ecofisiologia e Biofísica, IAC. E-mails: [mweill@bestway.com.br](mailto:mweill@bestway.com.br) e [iaffe@cec.iac.br](mailto:iaffe@cec.iac.br).

(dependentes) e variáveis climáticas e hídricas (independentes), organizadas por períodos trimestrais, aproximadamente associados com as fases fenológicas do cafeeiro, conforme definidos no trabalho de Camargo et al. (1984), e anteriormente já utilizados no trabalho de Weill et al. (1999). Foram avaliados nas correlações, os seguintes parâmetros climáticos e hídricos:

- Precipitação acumulada no trimestre, em milímetros (X1 a X8);
- Frequência de chuvas acumulada no trimestre, em número de dias (X9 a X16);
- Temperaturas máximas do ar (média trimestral das temperaturas máximas médias mensais; e média trimestral das temperaturas máximas absolutas), em graus Celsius (X17 a X24; X25 a X32);
- Temperaturas mínimas do ar (média trimestral das temperaturas mínimas médias mensais; e média trimestral das temperaturas mínimas absolutas), em graus Celsius (X33 a X40; X41 a X48);
- Consumo hídrico, dado pela soma algébrica trimestral das diferenças mensais entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, relação (P-EP), em milímetros (X49 a X56);
- Fator hídrico, ou coeficiente de cultura, dado pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial, relação (ER/EP), média no trimestre, adimensional (X57 a X64), calculadas por Thornthwaite & Matter (1955), considerando um armazenamento de 100mm de água no solo.

O Quadro 1 relaciona os trimestres, as fases fenológicas e as variáveis climáticas e hídricas correspondentes a cada período.

**Quadro 1.** Relação das variáveis utilizadas nas análises de correlação linear simples com as produções de café obtidas no ensaio em Pindorama.

Trimestre	Fase Fenológica	Variáveis climáticas e hídricas							
		Precipitação	Frequência de chuva	Temperatura máxima		Temperatura mínima		P-EP	ER/EP
		mm	dias	média	méd.absolutas	média	méd.absolutas		mm
Mai-jun-jul	A	X1	X9	X17	X25	X33	X41	X49	X57
Jul-ago-set	A/ F	X2	X10	X18	X26	X34	X42	X50	X58
Ago-set-out	F	X3	X11	X19	X27	X35	X43	X51	X59
Out-nov-dez	F/ Ch	X4	X12	X20	X28	X36	X44	X52	X60
Nov-dez-jan	Ch/ Gr	X5	X13	X21	X29	X37	X45	X53	X61
Jan-fev-mar	Mx.Veg/ Gr	X6	X14	X22	X30	X38	X46	X54	X62
Fev-mar-abr	Gr./ Ini. Mat	X7	X15	X23	X31	X39	X47	X55	X63
Abr-mai-jun	Mat/ C	X8	X16	X24	X32	X40	X48	X56	X64

A- abotoamento; F- florescimento; Ch- chumbinho; Gr- granação; Mx. Veg- máxima vegetação; Ini. Mat- início da maturação; C- colheita; P- precipitação pluviométrica; EP- evapotranspiração potencial; P-EP- consumo hídrico; ER- evapotranspiração real; EP- evapotranspiração potencial; ER/EP- fator hídrico (coeficiente de cultura).

Nas análises de correlação, foram testadas as seguintes variáveis de produção: 1) Por local (96 canteiros) e por ano (5 anos), considerando em separado os canteiros inicialmente irrigados (48), os canteiros não irrigados (48), e em conjunto todos os canteiros (geral). Neste caso, foram considerados significativos ao nível de 5%, os coeficientes de correlação de Pearson (r) superiores a 0,5. 2) Médias anuais, bienais e quinquenal de produção para 48 canteiros inicialmente irrigados, para 48 canteiros não irrigados, e para todos os 96 canteiros. Foram considerados significativos os coeficientes de correlação superiores a 0,6. 3) Médias anuais, bienais e quinquenal de produção para os 15 canteiros mais produtivos, de cada tratamento e de todo o ensaio. Foram considerados significativos a 5% os coeficientes de correlação (r) superiores a 0,6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de produção do ensaio (1971-1976), a condição média do clima não diferiu muito daquela caracterizada para o ano *normal*. A precipitação média anual foi pouco inferior à do ano *normal*, de 1.347mm, porém com uma melhor distribuição, visto o pequeno déficit hídrico, próximo a 48mm, nos meses mais secos entre abril e setembro. Em 1975 destaca-se a ocorrência de fortes geadas, incidentes sobre a fase de *abotoamento*, ou desenvolvimento do botão floral, que pode ter prejudicado a safra de 1976. Em relação às produções alcançadas no ensaio, as médias anuais variaram de 88 a 3222 kg/ha de café em coco. Mesmo em termos médios, as produções de café no período do ensaio apresentaram um acentuado ciclo bienal,

ilustrativo de uma peculiaridade fisiológica do cafeeiro, referida por efeito da contra-safra ou produção do ano anterior ( Cannell & Huxley, 1969; Rena & Maestri, 1987 ).

**Quadro 2.** Coeficientes de correlação (r) das variáveis com significância, no nível de 5% de probabilidade, para explicação da variação observada nas produções de ensaio em Pindorama .

Variável Dependente (Produção)	Prec. X6	Variável Independente														
		Frequência de					Temperatura					Temp.		P-EP		ER/EP
		X9	X12	X13	X14	X15	X16	X21	X27	X28	X29	X39	X40	X54	X56	X57
r																
Não Irrig. <sup>1</sup>	0,64	-	-	0,55	0,69	0,63	-	-0,50	-	-0,64	-0,80	-0,51	-0,62	0,53	-0,49	0,64
Inicial/e Irrig. <sup>1</sup>	0,51	-	-	0,61	0,58	0,51	-	-0,32	-	-0,50	-0,73	-0,34	-0,51	0,36	-0,47	0,67
Geral <sup>2</sup>	0,58	-	-	0,57	0,64	0,57	-	-0,42	-	-0,57	-0,77	-0,43	-0,57	0,45	-0,48	0,65
Não Irrig. <sup>3</sup>	0,68	-	-0,59	0,66	0,76	0,67	0,45	-	-	-	-0,92	-	-0,64	-0,61	0,73	-
Inicial/e Irrig. <sup>3</sup>	0,51	-	-0,51	0,73	0,63	0,52	0,58	-	-	-	-0,84	-	-0,50	-0,60	0,77	-
Geral <sup>4</sup>	0,61	-	-0,56	0,69	0,71	0,60	0,52	-	-	-	-0,89	-	-0,58	-0,61	0,76	-
Não Irrigado <sup>5</sup>	0,72	0,55	-0,60	0,65	0,80	0,71	-	-	-0,52	-0,73	-0,94	-	-0,67	-	-0,58	0,73
Inicial/e Irrig. <sup>5</sup>	0,60	0,62	-0,63	0,68	0,72	0,60	-	-	-0,65	-0,65	-0,92	-	-0,51	-	-0,59	0,85
Geral <sup>5</sup>	0,73	0,64	-0,66	0,62	0,82	0,71	-	-	-0,61	-0,77	-0,97	-	-0,62	-	-0,58	0,79

<sup>1</sup> Produção anual para 48 canteiros (n=240; a=0,05; r\*=0,2)

<sup>2</sup> Produção anual para 96 canteiros (n=480; a=0,05; r\*=0,2)

<sup>3</sup> Produção média (anual, bi-anual e quinquenal) para 48 canteiros (n=10; a=0,05; r\*=0,6)

<sup>4</sup> Produção média (anual, bi-anual e quinquenal) para 96 canteiros (n=10; a=0,05; r\*=0,6)

<sup>5</sup> Produção média (anual, bi-anual e quinquenal) para os 15 canteiros mais produtivos (n=10; a=0,05; r\*=0,6)

Dentre as 64 variáveis testadas, 16 mostraram significância no nível de probabilidade de 5%, e podem explicar parte da variação observada nas produções do ensaio (Quadro 2). A frequência de chuvas se destacou como o fator mais relevante para explicar a variação da produção observada no período, seguida da temperatura máxima. Foi significativa a precipitação pluviométrica associada ao trimestre jan-fev-mar, coincidente com as fases de máxima vegetação (produção do ano seguinte) e granação (produção do ano). A correlação foi positiva, isto é, o aumento da precipitação nesta fase do ciclo da cultura, coincidiu com aumentos na produção observada, corroborando com o referido na literatura de que, nas condições do estado de São Paulo, a ocorrência de deficiência hídrica severa nesta fase do ciclo, prejudica o cafeeiro (Camargo, 1987). As correlações da produção com frequência de chuvas foram positivas nas fases de granação e máxima vegetação (variáveis X13, X14 e X15). No trimestre out-nov-dez, coincidente com as fases de florescimento e chumbinho (var.X12), a correlação foi negativa, isto é, ao aumento do número de dias de chuva, associaram-se diminuições na produção observada, o que é concordante com o que foi caracterizado por Ortolani (1991), para o estado de São Paulo, de que a curva de demanda hídrica do cafeeiro aumenta com a elevação da evapotranspiração desde o início do florescimento, até a formação do grão (outubro a maio), diminuindo no período de dormência das gemas (junho a setembro). As correlações com temperatura máxima foram sempre negativas, e envolveram as fases de chumbinho/granação (trim. nov-dez-jan, var.X21), florescimento (trim. ago-set-out, var.X27), florescimento/ chumbinho (trim. out-nov-dez, var.X28), e chumbinho/ granação (nov-dez-jan, var.X29). Weill et al. (1999) encontraram resultados semelhantes, relacionando o efeito negativo da incidência de temperaturas elevadas durante o florescimento do cafeeiro, com a ocorrência de abortamento floral em *Coffea arabica* L., por efeito térmico, fenômeno referido por “estrelinha” (Rena & Maestri, 1987). As correlações das produções com a temperatura mínima do ar foram negativas. O aumento da temperatura noturna nos trimestres fev-mar-abr (granação/início da maturação, var.X39) e abr-mai-jun (maturação/colheita, var.X40), resultou na diminuição das produções observadas. Tais resultados podem ser interpretados considerando a importância crescente da respiração de manutenção ao longo do ano. Sendo esta respiração diretamente relacionada com a matéria seca presente na planta e com a temperatura (Thornley, 1976), os resultados obtidos coincidem com o aumento desses dois fatores ao longo da estação. Através das análises efetuadas, não foi possível caracterizar a influência devida às geadas de 1975. Para o fator hídrico (ER/EP), os resultados mostraram que o aumento do coeficiente de cultura no trimestre mai-jun-jul (var.X57), coincidente com a fase de abotoamento, correlacionou-se com aumentos nas produções observadas. Os resultados dão indicação de que a satisfação crescente da demanda hídrica nesta fase da fenologia da planta foi particularmente benéfica, o que pode ser indicativo do efeito de

uma melhor distribuição da precipitação, no início do período seco. Os resultados para consumo hídrico, representados pela relação (P-EP) cumulativa no trimestre, foram contraditórios, com o sinal das correlações sendo ora positivo, ora negativo. No trimestre abr-mai-jun, coincidente com a fase de maturação e colheita, as correlações foram negativas com as produções (var.X56), quando se considerou a produção por local e por ano e quando se considerou a produção relativa aos quinze locais mais produtivos do ensaio. Este é um resultado comparável com o obtido por Weill et al. (1999) para a variável X8 (precipitação na maturação e colheita). As correlações foram negativas com a precipitação, naquela fase do ciclo. Ambos os resultados sinalizam para o fato comum de que o aumento dos excedentes hídricos nesta fase pode ser prejudicial à cultura. No trimestre jan-fev-mar (var. X54), coincidente com fase de máxima vegetação e granação, as correlações foram positivas como esperado, mas apenas quando se considerou a produção por local e por ano. De modo geral, os resultados indicaram que o uso de variáveis de precipitação (P), consumo hídrico (P-EP) e frequência de chuvas, como representativas do fator hídrico, pode trazer resultados conflitantes. A precipitação total, isoladamente, não expressa a grande importância de sua distribuição, o que é complementado pela frequência de chuvas. Porém, ambos os fatores ficam prejudicados durante períodos de seca, pois se a precipitação é nula ( $P=0$ ), não há o que relacionar com a produção. Neste caso, as relações (P-EP) e (ER/EP) propiciam elementos para correlação, a menos quando da ocorrência de secas severas, quando  $ER=0$ . Nos períodos em que haja equilíbrio hídrico entre P e EP, a relação (P-EP) pode ter maior abrangência na representação do fator hídrico, podendo resultar em boas correlações com a produção. Nos casos de períodos muito úmidos, ou de excesso de precipitação, a evapotranspiração potencial, ou valor de EP é, em geral, baixo, devido à nebulosidade e menor disponibilidade de radiação, fazendo com que o valor da relação (P-EP) se aproxime ao de (P), nos estudos de correlação. Dada a complexidade da biologia do cafeeiro, é de interesse proceder à análise envolvendo períodos menores, mensais ou decendiais, para isolar os efeitos de fatores como a ocorrência de veranicos ou de geadas no decorrer de uma mesma fase fenológica.

## CONCLUSÕES

Obteve-se evidências de que a ocorrência de chuvas muito frequentes na época do florescimento e início da formação dos grãos é prejudicial à produção. No início da formação dos grãos foi caracterizado um forte efeito negativo das médias absolutas das temperaturas máximas do ar, relacionado com o pegamento de flores e frutos. O manejo adequado da irrigação pode induzir à ocorrência do florescimento em período de temperatura mais amena e favorável. A seleção do local de plantio e do material genético também deve ser usada para minimizar efeitos adversos dos fatores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda, F.B. Necessidade de água nas culturas - Elementos de projeto. In: III CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO. 29p., 1989.
- Camargo, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, Campinas, 1987. Anais. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 831-839.
- Camargo, M. B. P. de; Pedro Júnior, M. J.; Ortolani, A. A.; Alfonsi, R. R.; Pinto, H. S. Relações entre a precipitação pluviométrica e a produtividade do cafeeiro. *Ecosistema*, v.9, p. 166- 171, 1984.
- Cannell, M. G. R.; Huxley, P. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. *Annals of Applied Biology*, v. 67, p. 99- 120, 1969.
- Ortolani, A. A. Relação clima- cafeicultura na região de Marília. In: ENCONTRO REGIONAL DE CAFÉ DE MARÍLIA, Marília: CATI/ SSA, 1991. p. 1-27.
- Rena, A. B.; Maestri, M. Ecofisiologia do Cafeeiro. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (eds.) Ecofisiologia da Produção Agrícola. Piracicaba, POTAFOS, 1987. p. 119- 147.
- Thornley, J. H. M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. London: Academic Press, 1976. 318 p.
- Thornthwaite, C. W.; Matter, J. R. The water balance. Centerton, N. J., Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v.8, n.1)
- Weill, M.A.M.; Arruda, F.B.; Oliveira, J.B.; Donzeli, P. & van Raij, B. Avaliação de fatores edafoclimáticos e do manejo na produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) no oeste paulista. *R. bras. Ci. Solo*, Viçosa, 23:891-901, 1999.

## **AVISO**

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS  
SEGUINTE ENDEREÇOS:

### **FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES**

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV  
Viçosa - MG  
Cep: 36571-000  
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485  
Fax : (31) 3891-3911

### **EMBRAPA CAFÉ**

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)  
Edifício Sede da Embrapa - sala 321  
Brasília - DF  
Cep: 70770-901  
Tel: (61) 448-4378  
Fax: (61) 448-4425