

# Estimativa da temperatura do ar diária em cafezal\*1/

LUIZ LONARDONI FOLONI\*\*, ANTONIO TUBELIS\*\*\*,

FERNANDO JOSE LINO DO NASCIMENTO\*\*, NILSON AUGUSTO VILLA NOVA\*\*\*\*

## ABSTRACT

*This work estimates daily mean air temperature in five heights of the coffee crop and establishes air temperature correlations between the heights in coffee crop and meteorological station.*

*Daily true mean air temperature in the levels of the coffee crop may be estimated by mean temperature calculated from (i) three daily observations, (ii) two daily observations and extreme temperatures, measured in the height in the crop*

*Daily true mean air temperature in the heights of the coffee crop may be estimated, through linear regression equations, in function of mean temperature calculated from (i) three daily observations, (ii) two daily observations and extreme temperatures, (iii) daily extreme temperatures, measured in the height in the crop or in the meteorological station*

*Daily maximum and minimum air temperatures in the heights of the coffee crop may be estimated, through linear regression equations, in function of, respectively, daily maximum and minimum air temperatures measured in the meteorological station*

## Introdução

**A**TUALMENTE tem crescido a necessidade em se conhecer o microclima reinante no interior de culturas agrícolas. Tem-se procurado estabelecer relações entre os parâmetros meteorológicos, coletados nos postos meteorológicos convencionais, com parâmetros microclimáticos das culturas.

Relações desse tipo permitem que se estime condições de microclima através de medições feitas em um posto meteorológico convencional. Este método pode ser usado tanto no acompanhamento dos processos ecológicos em desenvolvimento, como na análise de fatos passados.

A finalidade do presente trabalho é a de se estimar a temperatura do ar no interior de uma cultura de café

e correlacionar o parâmetro com o seu correspondente medido em um posto meteorológico convencional.

## Revisão bibliográfica

Uma análise bibliográfica sobre os métodos de relacionamento macro-microclima e suas aplicações em agricultura foi apresentada por Holmes e Dingle (3). Classificaram os métodos em de comparação direta, de correlação e de modelos físicos.

O método de comparação direta consiste na comparação analítica entre duas condições microclimáticas. Este método é de uso mais difundido.

O método de correlação estabelece relações quantitativas entre duas condições microclimáticas. Este é o que atualmente vem ganhando maior aplicação.

O método de modelos físicos procura estabelecer modelos que permitam quantificar as condições microclimáticas de uma cultura.

Kirkpatrick (4), trabalhando em cafezal no Quênia, estabeleceu diferenças entre parâmetros meteorológicos medidos em um posto meteorológico e no interior da cultura.

Costa e Schröder (1), em cafezais nas cidades de Ribeirão Preto-SP e Matão-SP, compararam analiticamente as diferenças de temperatura do ar, umidade do

\* Recebido para publicação em 27 outubro de 1978

/1 Trabalho realizado sob os auspícios da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e do Instituto Brasileiro do Café - Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura

\*\* Professor Assistente Doutor do Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, "Campus" de Botucatu, UNESP, Brasil

\*\*\* Professor Titular do Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, "Campus" de Botucatu, UNESP, Brasil

\*\*\*\* Professor Adjunto do Departamento de Física e Meteorologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, USP, Brasil

ar e velocidade do vento, entre medições realizadas dentro e acima da cultura. Compararam condições térmicas da cultura com o posto meteorológico.

Os trabalhos de Kirkpatrick (4) e de Costa e Schröder (1) enquadram-se no método de comparação direta. Não existem, para a cultura de café, relações macro-microclima baseadas nos métodos de correlação e de modelos físicos.

### *Material e método*

#### *Instrumental de Temperatura do Ar*

As medições de temperatura do ar na cultura foram feitas com psicrômetros, com aspiração nos dois termômetros. Os termômetros eram de coluna de mercúrio, escala de  $-15$  a  $+61^{\circ}\text{C}$ , e divisões de  $0,2^{\circ}\text{C}$  (2, 5). A aspiração dos psicrômetros foi feita à distância.

Foram utilizados cinco psicrômetros, mostados em haste única, instalados a 0,55 m, 1,10 m, 1,65 m, 2,20 m e 2,75 m, correspondente a 0,2H, 0,4H, 0,6H, 0,8H e 1,0H, onde H é a altura média das plantas. As tomadas de ar dos psicrômetros ficaram a 10 cm da face poente da superfície vegetal.

As medições de temperatura do ar no posto meteorológico foram feitas com psicrômetro estacionário, com aspiração nos dois termômetros. Os termômetros eram de coluna de mercúrio escala de  $-15$  a  $+61^{\circ}\text{C}$ , divisões de  $0,2^{\circ}\text{C}$ . O psicrômetro estava instalado em abrigo termométrico padrão, com a tomada de ar a 1,70 m de altura acima do solo.

As temperaturas extremas no posto meteorológico foram lidas com termômetros de máxima e de mínima, respectivamente, de mercúrio-em-vidro e de álcool-em-vidro, com divisões de 0,8C. Os termômetros estavam instalados no abrigo termométrico padrão, com os elementos sensíveis a 1,85 m de altura acima do solo.

#### *Local de Estudos*

Os estudos foram realizados na Estação Experimental "Presidente Médici", no município de Botucatu-SP.

O cafezal era da variedade 'Mundo Novo', de aproximadamente 10 anos de idade, plantado sob espaçamento 3 m x 2m, com duas plantas por cova, em Terra Roxa Estruturada de meia encosta, com 8% de declividade, exposição poente. As linhas eram orientadas na direção norte-sul (2, 5).

O posto meteorológico localizava-se a 800 m do cafezal, e tinha aproximadamente a mesma altitude média da cultura.

#### *Frequência de Medições*

As leituras da temperatura do ar na cultura foram realizadas a cada 30 minutos. As temperaturas máxima e mínima foram determinadas como os valores extremos daquelas leituras.

As leituras de temperatura do ar no posto meteorológico foram observadas às 07, 09, 14, 15 e 21 horas.

#### *Cálculo da Temperatura do Ar*

O cálculo da temperatura do ar média diária foi feita das seguintes maneiras de uso corrente:

a temperatura média verdadeira  $T_m$ , como média aritmética de 48 leituras obtidas entre as 00h00 e 23h30

b temperatura média segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela expressão:

$$T_f = \frac{T_{09} + 2 \cdot T_{21} + T_x + T_n}{5}$$

onde os índices 09 e 21 indicam a hora local da observação e os índices x e n indicam, respectivamente, as temperaturas máximas e mínima.

c temperatura média segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela expressão:

$$T_e = \frac{T_{07} + T_{14} + 2 \cdot T_{21}}{4}$$

onde os índices 07, 14 e 21 indicam a hora local da observação

d temperatura média  $T_a$  como a média aritmética entre as temperaturas extremas diárias.

Quando o cálculo da média se referir a cultura o índice será precedido da letra c ( $T_{cm}$ ,  $T_{cf}$ ,  $T_{ce}$ ,  $T_{ca}$ ) e da letra p quando se tratar do posto ( $T_{pf}$ ,  $T_{pe}$ ,  $T_{pa}$ ).

### *Análise e discussão*

#### *Estimativa da Temperatura do Ar no Cafezal*

Buscou-se inicialmente verificar a aplicabilidade dos métodos convencionais na estimativa da temperatura do ar média diária no cafezal, a partir de medições de temperatura realizadas no interior da cultura. A Figura 1 mostra os desvios entre as temperaturas estimada e verdadeira

Os maiores desvios de temperatura ocorreram para o método das temperaturas extremas, sendo que os métodos do INMET e do IAC proporcionaram desvios equivalentes e bem menores que o primeiros método. O método de temperaturas extremas sempre ocasionou desvios positivos, enquanto os outros dois propiciaram desvios ora positivos ora negativos.

A comparação das temperaturas estimadas com a temperatura média verdadeira está mostrada no Quadro 1.

As temperaturas médias calculadas pelos métodos do Inmet e do IAC não se mostraram estatisticamente

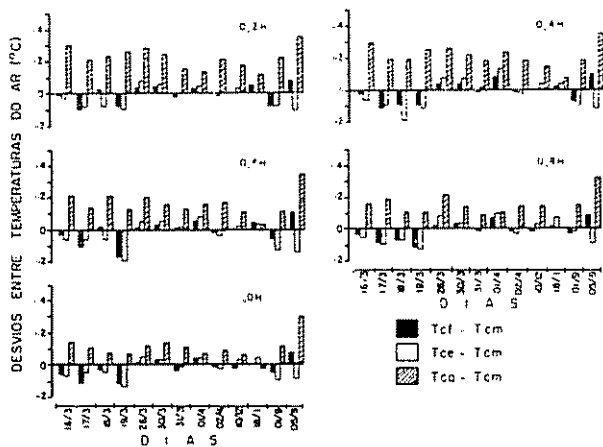


Fig 1.—Desvios entre as temperaturas do ar médias estimada e verdadeira nos níveis no cafezal

diferentes da temperatura média verdadeira. O uso do método do Inmet propiciou menores valores do desvio quadrático médio, que em média foi 0,63°C. O método do IAC apresentou um desvio quadrático médio de 0,91°C.

A temperatura média calculada pelo método das temperaturas extremas revelou-se estatisticamente diferente da temperatura média verdadeira.

Para cada método de cálculo da temperatura média e para a média verdadeira confeccionou-se uma análise de variância, considerando os dias como blocos e os níveis como tratamentos. Nas quatro análises de variância obteve-se significância entre níveis e entre tratamentos. Na separação das médias, pelo teste de Duncan,

o agrupamento dos níveis foi o mesmo para as temperaturas estimadas Tcf e Tce. Entretanto este agrupamento diferiu do da média verdadeira e do da temperatura estimada Tca. Isto revela que os métodos de estimativa determinam regiões distintas de mesma temperatura na cultura. Em vista disso, comparações diretas de regiões térmicas na cultura só serão possíveis quando as temperaturas médias forem estimadas pelo mesmo método.

Na separação das médias entre os dias de ensaio, a temperatura média verdadeira e as temperaturas médias estimadas agruparam distintamente. Sob Tcm e Tcf ocorreram 8 condições distintas enquanto que sob Tce e Tca ocorreram 7 condições distintas. Isso mostra que a comparação de temperaturas médias diárias só deve ser feita quando forem estimadas pelo mesmo método.

Procurou-se estimar a temperatura do ar média verdadeira a partir das temperaturas médias estimadas pelos três métodos de cálculo através de equações lineares de regressão. Os resultados dessas equações lineares de regressão estão no Quadro 2.

As equações obtidas foram significantes ao nível de 0,1% de probabilidade. Comparando-se dentro de cada método de cálculo, os coeficientes lineares e angulares para diferentes níveis entre si, verificou-se que não diferiam estatisticamente. Em função disso, reuniu-se os cinco níveis em uma única equação de regressão para cada método de cálculo. As equações obtidas foram:

$$Tcm = -0,12 + 1,01 Tcf \pm 0,62^\circ C$$

$$Tcm = 1,91 + 0,92 Tce \pm 0,84^\circ C$$

$$Tcm = -1,77 + 1,00 Tca \pm 0,83^\circ C$$

Quadro 1.—Comparação entre as temperaturas do ar média verdadeira (Tcm) e as estimadas (Tcf, Tce, Tca) no cafezal: desvio padrão (s), teste t e significância de t.

Contraste	Teste	Nível				
		0,2H	0,4H	0,6H	0,8H	1,0H
Tcm x Tcf	s	0,59	0,69	0,73	0,55	0,61
	t	0,23	0,53	0,15	0,20	1,27
	SIG (%)	NS	NS	NS	NS	NS
Tcm x Tce	s	0,75	0,97	0,92	0,76	1,17
	t	0,41	0,90	1,11	0,59	0,07
	SIG (%)	NS	NS	NS	NS	NS
Tcm x Tca	s	2,53	2,33	1,94	1,73	1,34
	t	3,36	3,32	3,21	3,11	2,92
	SIG (%)	1	1	1	1	2

Quadro 2.—Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância de "r" e desvio padrão da estimativa (s), para as regressões lineares entre os valores estimados e verdadeiros da temperatura média do ar no cafezal (°C)

Y	X	Nível	Y = a + b . X					
			a	b	r	t(r)	sig(r)	s
Tcm	Tcf	0,2 H	0,66	0,97	0,99	21,6	0,1%	0,60
		0,4 H	-0,22	1,01	0,98	18,4	0,1%	0,71
		0,6 H	-0,03	1,00	0,98	16,5	0,1%	0,77
		0,8 H	-0,70	1,03	0,99	21,4	0,1%	0,56
		1,0 H	-0,53	1,03	0,99	22,5	0,1%	0,58
Tcm	Tce	0,2 H	1,58	0,93	0,98	17,8	0,1%	0,73
		0,4 H	1,56	0,94	0,97	13,2	0,1%	0,96
		0,6 H	2,35	0,91	0,98	15,2	0,1%	0,83
		0,8 H	1,62	0,93	0,98	18,7	0,1%	0,72
		1,0 H	1,43	0,95	0,99	20,8	0,1%	0,62
Tcm	Tca	0,2 H	-2,48	1,00	0,99	20,3	0,1%	0,64
		0,4 H	-2,15	1,00	0,98	18,8	0,1%	0,69
		0,6 H	-1,50	0,99	0,98	16,6	0,1%	0,76
		0,8 H	-2,69	1,05	0,98	17,5	0,1%	0,77
		1,0 H	-2,37	1,06	0,98	17,9	0,1%	0,72

que permitem estimar a temperatura média diária verdadeira do ar em um determinado nível na cultura, através das leituras das 07, 14 e 21 horas ou através das leituras das 09 e 21 horas e temperaturas extremas, ou somente através das temperaturas extremas, medidas no nível na cultura

O fato dos coeficientes das equações de regressão não se mostrarem estatisticamente diferentes entre os níveis revela que o defasamento no curso da temperatura do ar, nos diferentes níveis, não interferiu na temperatura média do ar estimada.

#### Correlação de Temperatura do Ar entre Posto Meteorológico e Cafezal.

Procurou-se correlacionar a temperatura do ar média diária verdadeira na cultura com a temperatura do ar média diária estimada no posto meteorológico. Os desvios entre as temperaturas estimadas pelos três métodos e a temperatura na cultura estão na Figura 2

Os desvios pelo método das temperaturas extremas foram sempre positivos e apresentaram valores maiores que os outros dois métodos. A temperatura calculada

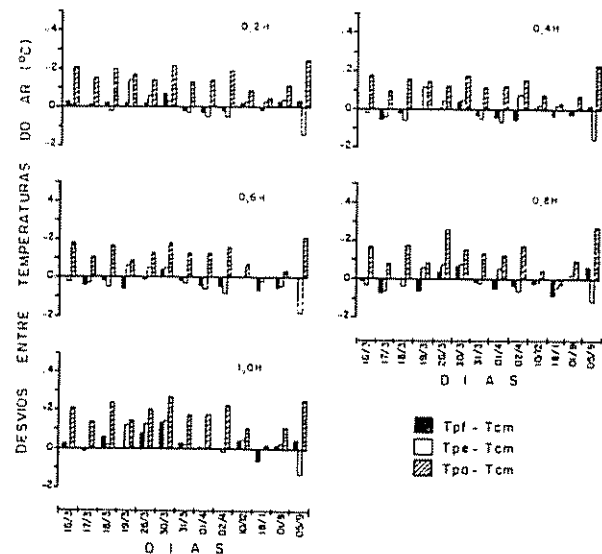


Fig. 2.—Desvios das temperaturas do ar médias diárias, estimadas a partir de observações no posto meteorológico em relação à temperatura do ar média verdadeira em cinco níveis no cafezal.

pelas extremas no posto foi sempre superior a temperatura verdadeira na cultura. Os desvios proporcionados pelos métodos do Inmet e do IAC foram equivalentes. Com o sistema do IAC predominaram desvios positivos nos níveis de 0,2H, 0,4H e 1,0H, e negativos nos níveis de 0,6H e 0,8H. A temperatura no posto, calculada pelo método do IAC, mostrou-se menor que a na cultura na porção média das plantas e maior que nas regiões da saia e do topo das plantas. Com o sistema do Inmet, ocorreu o predomínio de desvios positivos nos níveis de 0,2H e 1,0H, e negativos na região de 0,4H a 0,8H. A temperatura no posto, calculada pelo Inmet, mostrou-se maior que a no cafezal na saia e no topo das plantas e menor na sua parte média.

A variação do comportamento dos desvios entre a temperatura estimada no posto, pelo diferentes métodos, e a temperatura verdadeira na cultura mostra que não é possível a simples transferência de valores, mas evidência que pode existir uma relação entre estas temperaturas.

Procurou-se estabelecer equações lineares de regressão entre a temperatura média verdadeira no cafezal e as temperaturas médias estimadas no posto meteorológico. Essas equações são mostradas no Quadro 3.

As equações de regressão foram estatisticamente significantes, mostrando que as condições térmicas micro e macroclimáticas estão correlacionadas. Estas equações permitem estimar a temperatura média verdadeira do ar no interior da cultura, em diferentes níveis, através das temperaturas do ar comumente medidas nos postos meteorológicos. O erro padrão da estimativa foi menor com o método do Inmet,  $0,36^{\circ}\text{C}$  em média, enquanto os outros dois métodos apresentaram equivalência em  $0,65^{\circ}\text{C}$ .

Comparou-se as temperaturas extremas diárias, nos diferentes níveis na cultura, com as temperaturas extremas diárias no posto meteorológico. Os desvios de temperaturas entre o cafezal e o posto meteorológico estão na Figura 3.

A temperatura máxima na cultura foi sempre superior à máxima do posto, entre os níveis de 0,2 a 0,8H, sendo que só em três dias a temperatura no posto suplantou a na cultura neste último nível. Para o nível de 1,0H, as temperaturas na cultura foram superiores às no posto em quatro dias e inferiores nos outros nove dias. Assim, a temperatura máxima diária atingiu maiores valores na cultura que no posto meteorológico, com exceção do topo das plantas que tendeu a apresentar valores menores. Em termos de média no perfil

Quadro 3.—Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância de "r" e desvio padrão da estimativa (s), para as regressões lineares entre a temperatura média verdadeira na cultura e as temperaturas médias estimadas no posto meteorológico ( $^{\circ}\text{C}$ )

Y	X	Nível	Y = a + b . X					
			a	b	r	t(r)	sig(r)	s
Tcm	Tpf	0,2 H	-0,16	1,01	1,00	45,5	0,1%	0,29
		0,4 H	-0,28	1,02	1,00	41,5	0,1%	0,30
		0,6 H	-0,37	0,99	1,00	39,7	0,1%	0,32
		0,8 H	-1,16	1,06	0,99	29,8	0,1%	0,46
		1,0 H	-0,56	1,01	0,99	28,7	0,1%	0,45
Tcm	Tpe	0,2 H	1,27	0,94	0,99	19,0	0,1%	0,68
		0,4 H	1,44	0,94	0,99	19,2	0,1%	0,68
		0,6 H	1,98	0,92	0,99	21,7	0,1%	0,59
		0,8 H	0,48	0,99	0,99	22,2	0,1%	0,61
		1,0 H	1,10	0,94	0,98	18,4	0,1%	0,70
Tcm	Tpa	0,2 H	-1,10	0,98	0,99	23,0	0,1%	0,57
		0,4 H	-0,94	0,98	0,99	23,5	0,1%	0,56
		0,6 H	-0,23	0,96	0,99	20,9	0,1%	0,61
		0,8 H	-1,70	1,01	0,98	16,9	0,1%	0,80
		1,0 H	-1,13	0,98	0,98	17,6	0,1%	0,73

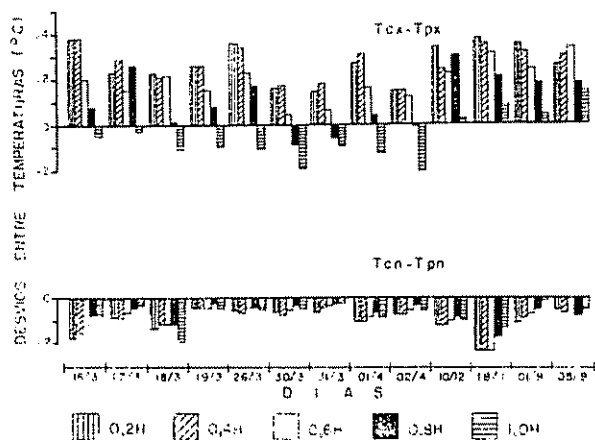


Fig. 3.—Desvios entre as temperaturas extremas diárias nos níveis na cultura em relação às no posto meteorológico

vertical, o desvio médio de temperaturas máximas entre o cafezal e o posto foi  $+1,5^{\circ}\text{C}$ , variando de  $+0,2$  a  $+2,6^{\circ}\text{C}$ . Esses valores estão dentro da faixa encontrada por Kirkpatrick (4), que era de  $+0,3$  a  $+5,9^{\circ}\text{C}$ .

A temperatura mínima do ar na cultura foi sempre inferior aos valores observados no posto meteorológico, com uma tendência dos desvios aumentarem do topo para o interior da cultura. Em termos de média no perfil vertical, o desvio médio de temperaturas mínimas entre o cafezal e o posto foi de  $-0,9^{\circ}\text{C}$ , variando de  $-0,4$  a  $-2,1^{\circ}\text{C}$ . Estes valores são englobados pela faixa de desvios de temperatura mínima encontrada por Kirkpatrick (4), que foi de  $+0,3$  a  $-4,2^{\circ}\text{C}$ .

Desde que os desvios foram positivos para a temperatura máxima e negativos para a temperatura mínima na cultura em relação ao posto, as amplitudes térmicas diárias foram maiores na cultura. A amplitude térmica a diária média no cafezal foi  $13,5^{\circ}\text{C}$  enquanto que no posto foi  $11,1^{\circ}\text{C}$ . Esta constatação concorda com Costa e Schröder (1) que obviamente uma amplitude térmica diária média na cultura de  $12,3^{\circ}\text{C}$  contra  $10,9^{\circ}\text{C}$  no posto para o período chuvoso.

Considerando as variações dos desvios com a altura na cultura conclui-se que a amplitude térmica diária aumentou do topo em direção à saída das plantas, fato também constatado por Costa e Schröder (1). A taxa de diminuição da amplitude com a altura na cultura foi  $1,7^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , maior que o valor de  $0,9^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , determinado por aqueles autores, para o período chuvoso e igual a  $1,7^{\circ}\text{C}/\text{m}$  para o período seco. A diferença nessa taxa deve ser consequência de diferenças de densidade foliar, espaçamento e altura das plantas, que causam regimes distintos de ventilação, insolação e disponibilidade de água no solo, uma vez que o tipo do solo é o mesmo.

Procurou-se correlacionar linearmente as temperaturas extremas nos níveis no cafezal com as observadas no posto meteorológico. Os resultados da análise de regressão estão no Quadro 4.

As equações mostraram-se significantes ao nível de 0,1% de probabilidade, indicando que os dois parâmetros estão bastante correlacionados. Estas equações permitem estimar as temperaturas máximas e mínimas no cafezal, a partir dos correspondentes valores medidas no posto meteorológico. As temperaturas extremas estimadas permitem determinar a amplitude térmica na

Quadro 4—Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância de "r" e desvio padrão da estimativa (s), para as regressões lineares entre as temperaturas extremas diárias observadas na cultura e no posto meteorológico ( $^{\circ}\text{C}$ )

Y	X		Y = a + b . X					
			a	b	r	t(r)	sig(r)	s
Tcx	Tpx	0,2 H	4,03	0,95	0,98	14,8	0,1%	0,88
		0,4 H	3,62	0,97	0,98	17,6	0,1%	0,75
		0,6 H	4,14	0,92	0,98	14,8	0,1%	0,85
		0,8 H	3,32	0,92	0,95	10,1	0,1%	1,24
		1,0 H	2,95	0,88	0,97	12,4	0,1%	0,97
Tcn	Tpn	0,2 H	-0,50	0,97	0,99	22,8	0,1%	0,56
		0,4 H	-0,45	0,97	0,99	24,3	0,1%	0,53
		0,6 H	-0,24	0,97	0,99	23,8	0,1%	0,53
		0,8 H	-0,27	0,98	0,99	29,5	0,1%	0,44
		1,0 H	0,38	0,96	0,99	27,7	0,1%	0,43

cultura O erro padrão da estimada foi, em média, 0,94°C para a temperatura máxima e 0,50°C para a temperatura mínima.

### Conclusões

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu chegar-se às seguintes conclusões

a. A temperatura do ar média diária verdadeira no cafezal pode ser estimada através das fórmulas de cálculo do Inmet e do IAC, a partir de leituras de temperatura do ar realizadas na cultura.

b. A temperatura do ar média diária verdadeira no cafezal pode ser estimada, através de equações lineares de regressão, em função da temperatura média calculada pelos modelos do Inmet, do IAC ou das temperaturas extremas, a partir de leituras de temperatura do ar realizadas na cultura.

c. A temperatura do ar média diária verdadeira em diferentes alturas no cafezal pode ser estimada, através de equações lineares de regressão, em função da temperatura média calculada pelos modelos do Inmet, do IAC ou das temperaturas extremas, a partir de leituras de temperatura do ar efetuadas no posto meteorológico

d. As temperaturas do ar máxima e mínima diárias em diferentes alturas no cafezal podem ser estimadas, através de equações lineares de regressão, em função, respectivamente, das temperaturas máxima e mínima diárias observadas no posto meteorológico

### Resumo

Este trabalho estuda a estimativa da temperatura do ar média diária em cinco níveis em cafezal e estabelece correlações de temperatura do ar diária entre os níveis no cafezal e o posto meteorológico

A temperatura do ar média diária verdadeira nos níveis no cafezal pode ser estimada através da temperatura média calculada a partir de (i) três observações diárias, (ii) de duas observações diárias e temperaturas extremas, realizadas no nível na cultura.

A temperatura do ar média diária verdadeira nos níveis no cafezal pode ser estimada, através de equações lineares de regressão, em função da temperatura média calculada a partir de (i) três observações diárias, (ii) de duas observações diárias e temperaturas extremas, (iii) das temperaturas extremas diárias, realizadas no nível na cultura ou no posto meteorológico.

As temperaturas do ar máxima e mínima diárias nos níveis no cafezal podem ser estimadas, através de equações lineares de regressão, em função, respectivamente, das temperaturas máxima e mínima diárias observadas no posto meteorológico.

### Literatura citada

- 1 COSTA, A L., SCHRÖDER, R. *O microclima em cafezais não sombreados no Estado de São Paulo*. Campinas, Brasil. Instituto Agronômico de Campinas, 1956. 131 p. (1ª parte).
- 2 FOLONI, L.L. *Microclima em cafezal (Coffea arabica L.): Temperatura do ar e das folhas*. Piracicaba-SP, 1977. (Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP). 92 p.
- 3 HOLMES, R.M., DINGLE, A.N. The relationship between the macro and microclimate. *Agricultural Meteorology* 2: 127-133, 1965.
- 4 KIRKPATRICK, I.W. *The climates and eco-climates of coffee plantations. Amani*, Tanganyika. East African Agriculture Research Station, 1935. (Studies on the ecology of coffee plantations in East Africa, 1) 66 p.
- 5 NASCIMENTO, F.J.L. *Estimativa formação de orvalho e molbamento foliar em cafezal (Coffea arabica L.) não sombreado*. Botucatu-SP, 1973. (Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu) 125 p.

## Notas y Comentarios

### *Predicción del tiempo a larga distancia*

Los que predicen los fenómenos climáticos podrían pronto ser capaces de realizar su tarea cómodamente en un cuarto de computación seco y sin frío en lugar de arriesgarse por el océano en un barco meteorológico. La oceanografía, la radiofísica y la ciencia de la computación han unido sus esfuerzos para producir mapas meteorológicos que muestren el tamaño de las olas del mar, la velocidad y dirección de los vientos que las empujan y por consiguiente, por inferencia, el cuadro resultante de las depresiones y anticiclones a miles de kilómetros de distancia. Todo esto, usando una clase muy especial de haz de radar (*The Economist* 13 de enero de 1979, p 74)

El radar convencional, desarrollado para las pequeñas antenas de los barcos y los aviones, usa longitudes de onda muy cortas (de unos pocos centímetros) y puede ver sólo hasta el horizonte (como un haz luminoso). Pero el radar que usa longitudes de onda mucho más largas (de 0 a 100 metros) se comporta más como un haz radial y puede ver mucho más lejos.

Al sufrir una deflexión por el mar, conductor de la electricidad, los haces de ondas alcanzan más allá del horizonte hasta distancias de unos 400 kilómetros. Si se las hace rebotar de la capa ionosférica que está por encima de la atmósfera, ellas pueden producir ecos de objetos situados a unos 3200 kilómetros. Las ondas de radar llamadas decamétricas, al usar este rebote, pueden ser "sintonizadas" hacia las grandes olas oceánicas que hacen naufragar barcos en alta mar y eventualmente llegan a golpear las torres petroleras ribereñas y las costas expuestas.

Usando este equipo de radar, los meteorólogos pueden medir la longitud de las olas en el mar y también su frecuencia y velocidad. Igualmente importante, ellos pueden detectar olas "asesinas", que son aquellas de baja frecuencia y altas velocidades, que pueden formarse de una longitud de cientos de metros de pico a pico, con alturas de 20 metros o más, y que alcanzan al barco más rápido. La ola más grande que se registra alcanzó 34 metros de altura.

Igualmente importante, el radar decamétrico puede indicar la dirección en la que se están moviendo las olas y los vientos que las empujan. La clave aquí fue el descubrimiento de que los ecos de las ondas de radar son reflejados por las olas que avanzan a frecuencias ligeramente diferentes a las que se transmiten. La explicación es una variación del efecto Doppler familiar a los niños que estudian física: al igual que un silbato del tren que cambia su nota cuando pasa a toda velocidad, los ecos del radar se distorsionan ligeramente. Los ecos con un efecto Doppler negativo (esto es, que rebotan a una frecuencia ligeramente más baja) vienen de olas que se alejan del transmisor de radar; las positivas, de olas que se acercan.

En realidad, la superficie de los océanos es generalmente irregular y picada. Por eso, los ecos del radar rebotan con una mezcla de efectos Doppler positivos y negativos. Sin embargo, el laboratorio de investigación naval, en Washington, D.C., manifiesta que la dirección del viento puede ser derivada de la proporción de los dos ecos Doppler.

Armados con este conocimiento, científicos de los Estados Unidos y de Gran Bretaña están ahora tratando de aplicar la teoría a la práctica meteorológica. El Instituto de Investigación de Stanford ha construido un sistema de antenas de radar de 2400 metros de largo en California; la Universidad de Birmingham y el Laboratorio Appleton del National Research Council han estado estudiando una cuña de 60 grados del Atlántico desde una antena gigante situada en Wiltshire, Inglaterra. Ambos equipos han estado verificando sus resultados con datos de olas tomados en la manera difícil, en el mar. Ambos están satisfechos con la correlación encontrada.

El próximo paso será alimentar los resultados del radar a modelos climáticos de computadoras para producir mapas que muestren las áreas de presiones altas y bajas en las regiones a los que se han lanzado las ondas decamétricas. Tomará algún tiempo para probar los resultados y eliminar las asperezas de los modelos; el comportamiento de los fenómenos meteorológicos se comprende sólo hasta cierto límite. Sin embargo, una alerta temprana y la ubicación precisa de un frente frío que se esté formando a miles de kilómetros de distancia son ahora una posibilidad real.

### *El origen de la agricultura*

Uno de los trabajos más sorprendentes presentados en la reunión de la American Association for the Advancement of Science, celebrada este año en Houston, Texas en vez de Chicago, (comienzos de enero de 1979), se refiere a la antigüedad de la agricultura. Fred Wendorf, un arqueólogo de la Southern Methodist University, en Dallas, Texas, ha abollado severamente una de las creencias más favorecidas por los prehistoriadores: ha descubierto que la gente que vivía en la orilla occidental del Nilo hace más de 17 000 años cultivaba y cosechaba cebada. Esto es unos 7000 años antes de la fecha generalmente aceptada para el advenimiento de la revolución agrícola.

El cambio de una existencia de caza y recolección a una economía basada en la agricultura es considerada como el comienzo de la civilización porque permitió el establecimiento de, primero, villas y después, ciudades basadas en el comercio. Y fue esta transformación de la organización social la que condujo a un crecimiento repentino y masivo de la población, un cambio que tuvo lugar en diferentes partes del mundo, más o menos al mismo tiempo. De todas maneras, la "invención" de la agricultura es a menudo considerada como una consecuencia de una presión demográfica incipiente, o una respuesta a un ambiente hostil.

Fue con estos problemas en mente que Wendorf y su equipo de ayudantes norteamericanos, polacos y egipcios han estado escarbando los antiguos llanos inundables áridos y las dunas en la vecindad de la represa de Aswan. Igual como lo hizo cada año hasta la construcción de la represa de Aswan, el Nilo rompía sus cauces anualmente hace 17 000 años, distribuyendo limo rico en los llanos inundados y ayudando a formar dunas rodeadas de vegetación en la periferie. Las aguas de las inundaciones, al pasar alrededor de las dunas, formaban pantanos llenos de peces. La gente que vivía en la región en esa época pasaba gran parte del año en el llano inundable (de diciembre hasta agosto) y se trasladaba a las dunas cuando el río se desbordaba.

Wendorf encontró restos de campamentos en las dos zonas pero hay una diferencia entre ellas: es claro, por la basura de los lugares, que cuando la gente estaba en los llanos, empleaban por lo menos parte de su tiempo cazando animales grandes, tales como antílopes. La vida en las dunas, sin embargo, trajo consigo un menú diferente, uno que incluía pescado, el que probablemente era recogido de los charcos que se secaban lentamente y muy significativamente, cebada.

Los campamentos en las dunas estaban literalmente repletos con muelas de molino de piedra ahuecada. Claramente, esta gente estaba haciendo algo más que explotar la cebada pasándola directamente de la espiga a la boca. Pero el punto crucial es que las semillas que encontró Wendorf, no eran de cebada silvestre; mostraban signos claros de domesticación en su tamaño, forma y otros caracteres.

Así, dice Wendorf, la domesticación de plantas es mucho más antigua de lo que creíamos. Pero además, señala que el tamaño de estas comunidades prehistóricas, alrededor de 20 personas por campamento, no se alteró significativamente entre los años 17 000 a 10 000. ¿Dónde está entonces el eslabón entre los comienzos de la agricultura y el establecimiento de villas, pueblos y ciudades? Wendorf sugiere que debe haber otro factor que más tarde inspiró el cambio de pequeñas comunidades a asentamientos más grandes. La respuesta a esto la sigue buscando Wendorf en Egipto.