

# Temperatura do ar em cafezal<sup>\*1/</sup> \_\_\_\_\_ ANTONIO TUBELIS\*\*

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

## ABSTRACT

*This paper studies the thermal regime of air inside an unshaded conventional coffee crop.*

*Measurements were made at five levels, corresponding to 20, 40, 60, 80 and 100 per cent of mean crop height.*

*Air temperature inside the coffee crop increased with height during nighttime and decreased during daytime. Inversions in the gradient occurred between 08 to 11 a.m. and 04 to 06 p.m. Extreme mean vertical gradients were 0,2°C/m under inversion condition and 1,3°C/m under normal gradient.*

*The region in coffee crop with higher heating and cooling occurred between 20 per cent to 40 per cent of plants height.*

*Air daily mean temperature inside the crop varied with height, showing a negative gradient of 0,4°C/m under 60 per cent of plants height and a positive gradient of 0,5°C/m above that level.*

*Inside the crop, daily air maximum temperature decreased and minimum temperature increased with height*

### Introdução

**C**ADA cultura condiciona o seu próprio microclima em função de sua arquitetura, desenvolvimento, espaçamento, tipo e exposição do solo. Estes elementos atuam de maneira a modificar o balanço de energia da cultura, que é o gerador das condições microclimáticas.

As condições microclimáticas regulam o desenvolvimento das plantas e dos organismos a elas associados. Dentre os parâmetros microclimáticos, a temperatura do ar apresenta atuação preponderante.

Para a cultura cafeeira, são poucas as medições de temperatura do ar no seu interior, não permitindo o conhecimento de seu regime térmico.

O presente trabalho estuda o regime de temperatura do ar no interior de uma cultura convencional de café a pleno sol.

### Revisão bibliográfica

Poucas são as medições da temperatura do ar no interior de cafezais com a finalidade primeira de se conhecer o regime térmico da cultura.

Excelente trabalho foi desenvolvido por Kirpatrick (4), que estudou o microclima de uma cultura de café no Quênia, Africa Oriental. Pela pouca disponibilidade instrumental o autor procedia a medição em apenas dois pontos, normalmente ao nível de 1,30 m acima do solo, dentro e fora da cultura.

Costa e Schröder (1) realizaram medições de temperatura do ar em cafezais não sombreados, em Ribeirão Preto-SP e Matão-SP. Foi registrada por termógrafos convencionais, em quatro níveis, sendo dois no

\* Recebido para publicação em 21 de agosto de 1979.

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

\*\* Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 18 600 Botucatu-SP, Brasil

\*\*\* Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, 13 400 Piracicaba-SP, Brasil.

interior e dois acima da cultura. Simultaneamente eram feitas observações em um posto meteorológico próximo. Foram estudadas duas séries de dados, correspondentes a um período na estação seca e outro na chuvosa

Os trabalhos de Kirkpatrick (4) e de Costa e Schröder (1) não esclareceram adequadamente o regime térmico no interior da cultura pelo fato do número de níveis de observação ser insuficiente para o estudo da distribuição vertical da temperatura. Seria conveniente que se fizesse o estudo da distribuição vertical da temperatura do ar na cultura, com maior número de níveis de observação, com instrumental mais adequado

O presente trabalho faz parte de uma série em que se estuda as condições térmicas e higrométricas no interior de uma cultura de café. Em artigo anterior foram relacionadas as temperaturas do ar do interior da cultura com as medidas em um posto meteorológico (3). Neste trabalho analisa-se o regime térmico do ar no interior da cultura

#### Material e método

As informações referentes à cultura, instrumental e métodos de observação e de cálculo são os mesmos descritos por Foloni *et al* (3)

#### Curso Diário da Temperatura do Ar

##### Resultados e discussão

O curso diário médio da temperatura do ar nos cinco níveis no interior da cultura está representado na Figura 1.

A temperatura do ar no cafezal apresentou um curso diário semelhante ao que se observa em posto meteorológico. Este comportamento também foi constatado por Kirkpatrick (4) e Costa e Schröder (1). A temperatura mínima ocorreu entre 05 e 06 horas e a máxima entre 14 e 15 horas

Durante o período noturno, a diferença térmica entre os níveis foi pequena e relativamente constante, enquanto que em torno do meio dia foi grande e apresentou maior variação. No período entre 08 e 11 horas e entre 16 e 18 horas ocorreu intercepção das curvas da temperatura do ar nos diferentes níveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa e Schröder (1), que comparando as temperaturas do ar a 0,2 m e 4,0 m, verificaram intercepções às 10 e 14 horas para o período chuvoso e 10 e 16 horas para o período seco

No período noturno, os maiores valores de temperatura do ar ocorrem de 0,6 a 0,8 H, decrescendo em

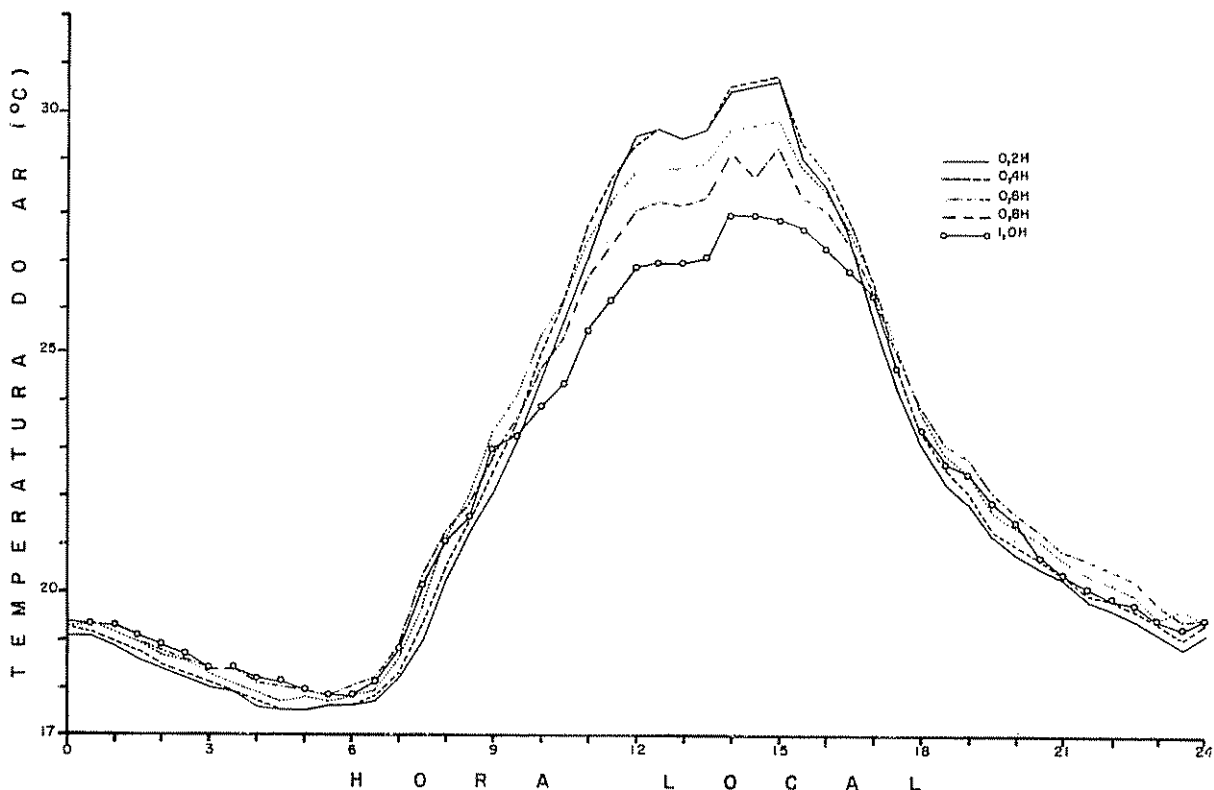


Fig 1 —Curso diário da temperatura do ar em cinco níveis do interior do cafezal

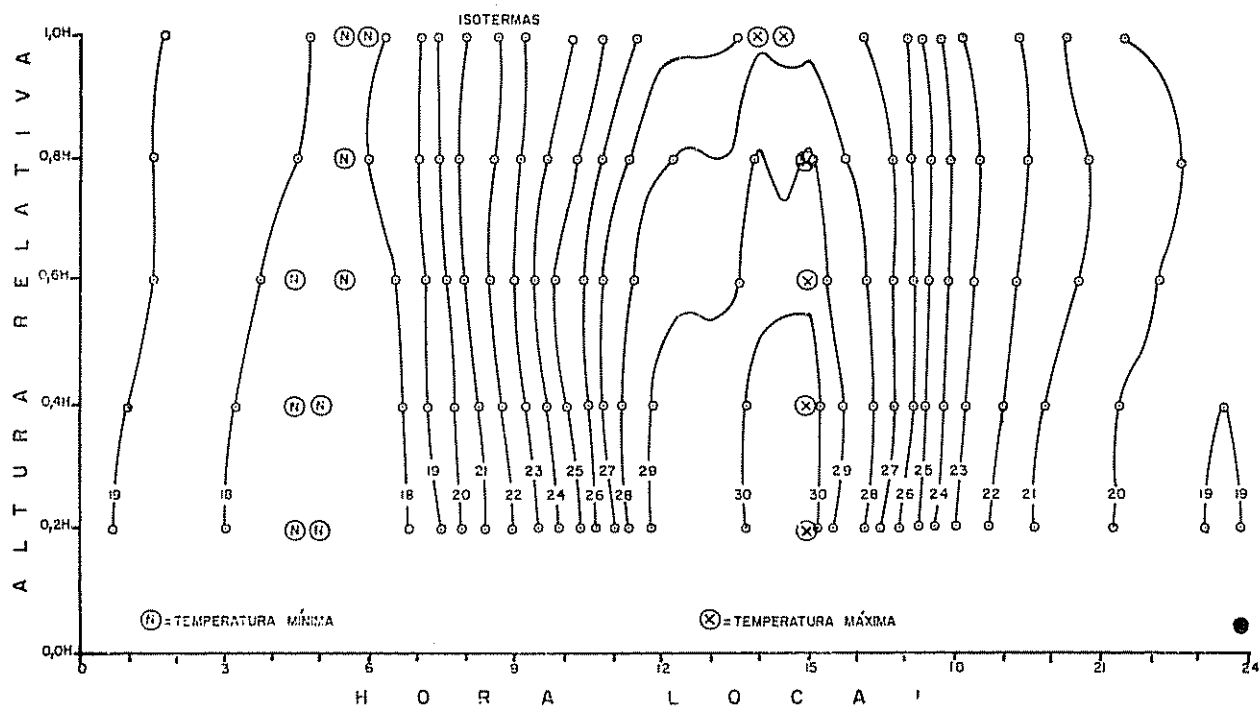


Fig. 2.—Seqüência espacial da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) no cafezal

direção ao sol ou ao topo das plantas. Durante o dia, a região mais quente situa-se em torno de 0,4 H, decrescendo pouco em direção ao solo e mais intensamente em direção ao topo das plantas.

#### Seqüência Espacial da Temperatura do Ar

A seqüência espacial da temperatura do ar no cafezal é mostrada na Figura 2.

A Figura 2 mostra o caminhamento das isotermas no decorrer do dia no interior da cultura, bem como os momentos de ocorrência das temperaturas extremas. Ocorreu um rápido incremento de temperatura entre 07 e 11 horas, atingindo uma variação de praticamente  $10^{\circ}\text{C}$ . Neste período as isotermas deslocaram-se aproximadamente em paralelo, evidenciando um aquecimento semelhante em todos os níveis. No período entre 11 e 16 horas ocorreu uma pequena variação de temperatura, de aproximadamente  $3^{\circ}\text{C}$ . As isotermas tenderam a formar elipsóides, com os maiores valores junto aos níveis de 0,2 e 0,4 H, evidenciando que nestes níveis ocorreram os maiores ganhos de energia, condicionando a região de maior aquecimento.

A partir das 16 horas, a temperatura sofreu um rápido decréscimo até as 18 horas, ocorrendo uma variação de aproximadamente  $5^{\circ}\text{C}$ . Neste período as isotermas deslocaram-se aproximadamente em paralelo, evidenciando um resfriamento semelhante em todos os níveis. Das 18 às 07 horas ocorreu uma pequena e lenta variação de temperatura, da ordem de  $4^{\circ}\text{C}$ . Entre 23

a 24 h as isotermas originaram um elipsóide, evidenciando que as menores temperaturas estavam entre 0,2 a 0,4 H, mostrando que esta região é a de maior perda noturna de energia.

A localização da região de maior aquecimento aparentemente difere da encontrada por Kirkpatrick (4). Este autor constatou que, durante o dia, a temperatura do ar no topo das plantas de café foi em média  $2^{\circ}\text{C}$  maior que a 1,30 m no interior da cultura. A discordância deve residir na diferença de localização do nível de recepção de radiação solar. O cafezal estudado por aquele autor tinha um espaçamento de  $2,4 \times 2,4$  m, que condicionaria uma cultura fechada, a qual apresenta o nível de recepção de energia no topo das plantas. No presente trabalho, pelo fato da cultura não ser fechada, o nível de recepção de radiação localizava-se no nível de 0,4 H, onde foram constatadas as maiores amplitudes de temperatura das folhas do cafeeiro (2)

#### Seqüência dos Tautócronos Horários de Temperatura do Ar.

A seqüência dos tautócronos horários de temperatura do ar no interior do cafezal é mostrada na Figura 3.

A seqüência obtida é semelhante à mostrada por Costa e Schröder (1) indicando que as menores temperaturas ocorreram entre 04 e 06 horas e as maiores entre 14 e 15 horas, nos cinco níveis

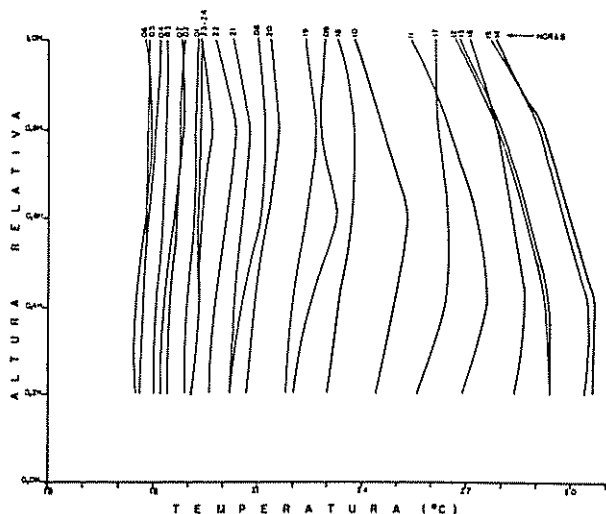


Fig. 3.—Sequência dos tautócronos horários de temperatura do ar no cafezal.

No período mais frio do dia ocorreu perfil inverso de temperatura, com um gradiente médio de  $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . A partir deste período, a temperatura do ar aumentou igualmente em todos os níveis até às 07 horas, porém persistindo a inversão. Entre 07 e 08 horas, a medida que os raios solares penetravam no interior da cultura, ocorria um maior aquecimento nos níveis de 0,6 H e 0,8 H, causando um perfil inverso entre 0,2 H e 0,6 H e um perfil normal acima deste nível. Das 08 às 09 horas, ocorreu um aquecimento em todos os níveis, mais pronunciado no nível de 0,6 H, e mantendo a mesma conformação do tautócrono da hora anterior. Entre 09 e 10 horas, a temperatura no nível de 0,2 H tornou-se maior que a 1,0 H, persistindo um perfil inverso abaixo de 0,6 H. Em torno das 11 horas, a região de maior aquecimento passou para 0,4 H, e o perfil continuou inverso abaixo deste nível.

Após as 11 horas, a região de maior aquecimento deslocou-se em direção ao solo, em função da incidência direta dos raios solares sobre a superfície do solo, eliminando a camada de inversão, continuando esta condição até as 13 horas, quando ocorreu isôtermia entre os níveis de 0,2 e 0,4 H. Embora a massa de ar no interior da cultura continuasse a sofrer um aquecimento, iniciou-se o aparecimento de uma leve inversão de temperatura entre os níveis de 0,2 e 0,4 H. Depois das 15 horas, a massa de ar resfriou-se em todos os níveis, porém mais acentuadamente nos níveis mais próximos ao solo, devido ao fato de que os raios solares não mais incidiam diretamente nele. Como consequência, a camada de inversão foi se pronunciando até às 16 horas no nível de 0,4 H, até às 17 horas no nível de 0,6 H, às 18 horas no nível de 0,8 H. Entre 16 e 17 horas a temperatura no nível de 0,2 H tornou-se menor que a 1,0 H.

A partir das 18 horas o ar resfriou-se como um todo, mantendo entretanto a forma do perfil, mais quente no nível de 0,8 H. Esta situação persistiu até

às 24 horas, com uma pequena taxa de queda de temperatura. Após às 24 horas, embora o ar continuasse se resfriando, ocorreu uma pequena variação de temperatura entre os diferentes níveis, predominando um tênue perfil inverso, com a tendência dos maiores valores ocorrerem no nível de 1,0 H.

O maior valor positivo do gradiente vertical de temperatura do ar foi observado às 15 horas, cujo valor foi de  $1,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

Pela Figura 3 verifica-se que a maior amplitude térmica média ocorreu no nível de 0,4 H, com o valor de  $13,2^{\circ}\text{C}$ , decrescendo para  $13,1^{\circ}\text{C}$  no nível de 0,2 H e  $12,1^{\circ}\text{C}$ ,  $11,4^{\circ}\text{C}$  e  $9,9^{\circ}\text{C}$ , respectivamente para 0,6 H, 0,8 H e 1,0 H.

#### Perfis Verticais de Temperatura Média Diária do Ar

A Figura 4 representa os perfis verticais médios diários da temperatura do ar no cafezal. Adotou-se o nível de 1,0 H como referência e cotou-se os desvios de temperatura nos demais níveis em relação a êle.

O perfil de temperatura do ar mostrou-se semelhante em todos os dias do ensaio, apresentando uma região com gradiente inverso, uma com gradiente neutro e outra com gradiente positivo.

A comparação entre os perfis revela que ocorreu um perfil inverso entre os níveis de 0,2 H e 0,4 H em todos os dias de ensaio. Entre os níveis de 0,4 H e 0,6 H ocorreram cinco dias com gradiente negativo, cinco dias com gradiente neutro e apenas três dias com gradiente positivo, revelando a predominância dos gradientes negativos e neutros. Entre os níveis de 0,6 H e 0,8 H ocorreram sete dias com gradiente positivo, dois dias com gradiente neutro e apenas quatro dias com gradiente negativo, evidenciando que nesta camada predomina o gradiente positivo. Entre os níveis de 0,8 H e 1,0 H o gradiente foi sempre positivo, com exceção de um único dia.

O perfil vertical médio do ensaio revela um gradiente inverso de temperatura abaixo de 0,6 H com um valor de  $0,4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ , e um gradiente positivo acima desse nível, cujo valor foi de  $0,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

Quadro 1.—Frequência de ocorrência diária dos gradientes verticais de temperatura do ar no cafezal, em porcentagem

Região	Gradiente		
	Positivo	Neutro	Negativo
0,2 H - 0,4 H	0	0	100
0,4 H - 0,6 H	24	38	38
0,6 H - 0,8 H	54	15	31
0,8 H - 1,0 H	92	0	8

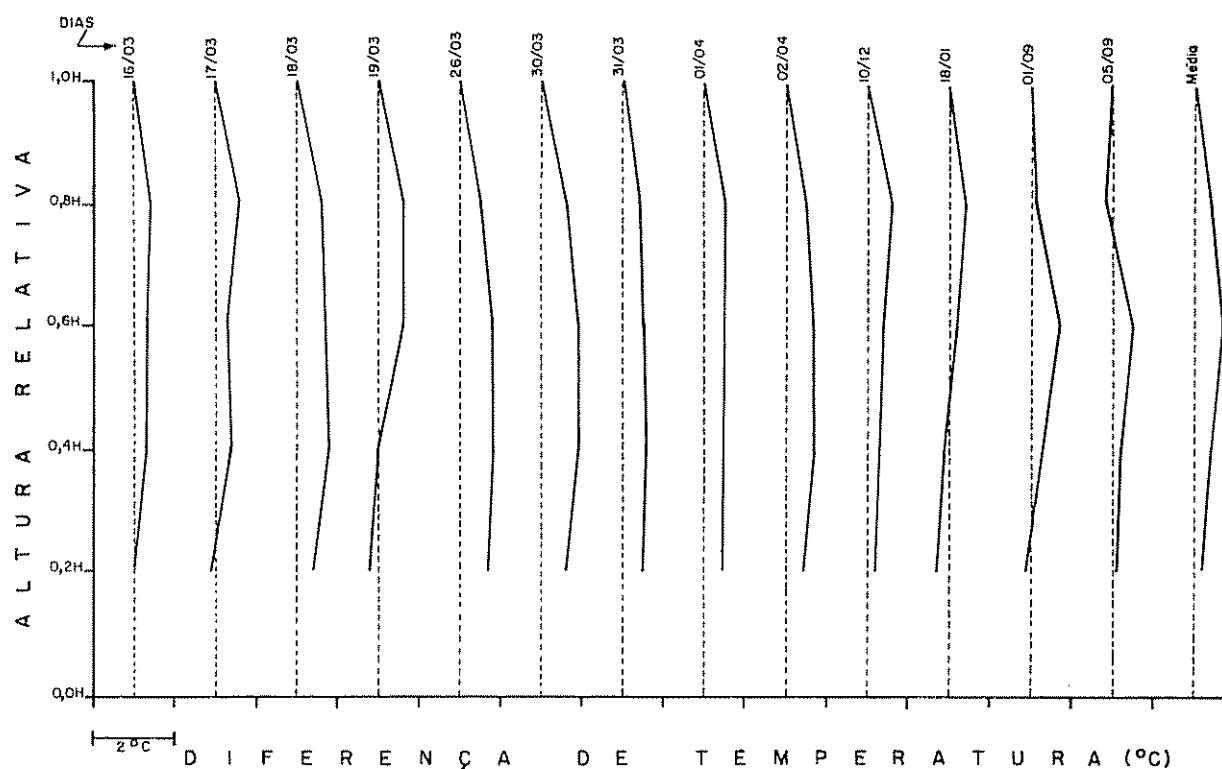


Fig. 4 — Perfis verticais de temperatura média diária do ar no cafezal, em relação à temperatura no nível de 1,0H

A frequência de ocorrência e a natureza do gradiente nas diversas regiões da cultura é mostrada no Quadro 1

Inferese desse Quadro que predominaram gradientes negativos na região 0,2H-0,4H com 100 por cento de frequência; neutro ou negativo na região 0,4H-0,6H com 38 por cento de frequência cada; positivo nas regiões 0,6H-0,8H e 0,8H-1,0H, respectivamente, com frequência de 54 e 92 por cento. De maneira geral, em termos de frequência de ocorrência, os gradientes são inversos abaixo de 0,4 H, positivos acima de 0,6 H e neutros ou negativos na faixa média das plantas 0,4-0,6 H.

A temperatura média do ar no cafezal, média dos 5 níveis, foi de 22,4°C para o período de ensaio, variando de 12,4 a 26,4°C. Tomando os dias como blocos e os níveis como tratamentos, procedeu-se a análise de variância segundo o delineamento de blocos ao acaso. A análise revelou significância entre blocos e entre tratamentos.

A significância entre blocos mostra que o período de ensaio abrangeu dias com temperatura média distinta. Com respeito aos tratamentos, a significância indica que a temperatura média diária variou com a altura na cultura.

A comparação das médias diárias, pelo teste de Duncan ao nível 5 por cento de probabilidade, mostra

que os 13 dias de ensaio englobaram 8 condições térmicas estatisticamente diferentes. A comparação das temperaturas médias nos cinco níveis mostra que não houve diferença significativa entre os níveis de 0,4 a 0,8 H e que estes valores diferem dos obtidos nos níveis de 0,2 e 1,0 H. Para o período de ensaio as temperaturas médias foram: 22,3°C, 22,6°C e 22,1°C, respectivamente para a saia, região central e tópo da planta.

#### *Perfis Verticais de Temperatura Máxima Diária do Ar*

Os perfis verticais de temperatura máxima diária do ar no interior do cafezal estão mostrados na Figura 5.

Esta Figura mostra que durante o período de ensaio houve uma gama muito grande de variação no valor de temperatura máxima. Os perfis mostraram uma variabilidade muito grande de forma, não definindo rigidamente o nível de ocorrência dos maiores valores.

A análise da frequência de ocorrência da temperatura máxima mostra que o maior valor ocorreu 50 por cento das vezes no nível de 0,2 H, 44 por cento no nível 0,4 H e 6 por cento no nível 0,6 H. Os menores valores de temperatura máxima ocorreram 100 por cento das vezes no nível de 1,0 H. De maneira geral, a

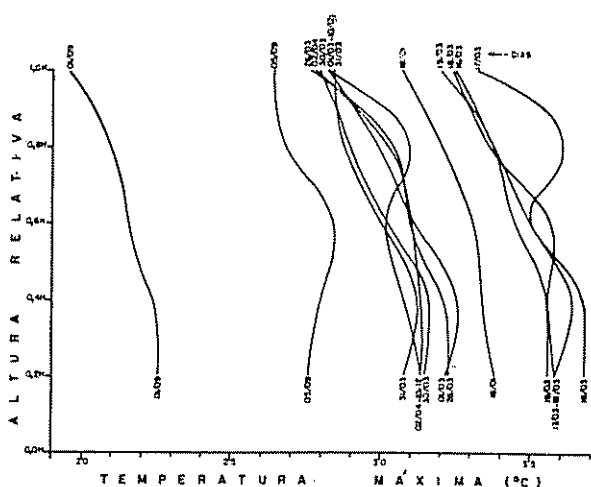


Fig. 5.—Perfis verticais de temperatura máxima diária do ar no cafezal.

freqüência de ocorrência da maior temperatura máxima decresce com a altura no interior da cultura.

O perfil vertical médio de temperatura máxima para o período de ensaio revela que ocorreu um gradiente positivo, cujo valor médio é de  $1,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

A temperatura máxima média do ar no cafezal, média dos cinco níveis, foi de  $31,0^{\circ}\text{C}$ , variando de  $21,4$  a  $35,3^{\circ}\text{C}$ . A análise de variância revelou significância para níveis e dias.

A significância entre dias mostra que os perfis diários de temperatura máxima diferiram entre si. A comparação das médias dos dias pelo teste de Duncan, mostra que ocorreram 7 condições estatisticamente distintas de temperatura máxima média diária do ar na cultura.

A significância entre níveis indica que a temperatura máxima diária variou com a altura na cultura. Comparando-se estas temperaturas, pelo teste de Duncan, verifica-se que não há diferença significativa entre os níveis 0,2 e 0,4 H e estes diferem dos demais níveis. Para o período de ensaio, as temperaturas máximas diárias foram  $32,2^{\circ}\text{C}$  para a região entre os níveis 0,2 H a 0,4 H,  $31,3^{\circ}\text{C}$  para o nível de 0,6 H,  $30,5^{\circ}\text{C}$  para o nível de 0,8 H e  $28,8^{\circ}\text{C}$  para o tópo da planta.

#### Perfis Verticais de Temperatura Mínima Diária do Ar

Os perfis verticais de temperatura mínima diária do ar no cafezal estão representados na Figura 6.

Esta Figura mostra que ocorreu uma grande gama de variação no valor da temperatura mínima. Os perfis mostraram pouca variação de forma, refletindo, em contraste aos de temperatura máxima, que as condições de ocorrência da temperatura mínima foram bastante semelhantes entre os dias. A forma dos perfis mostra uma pequena taxa de variação no valor da temperatura mínima com a altura, indicando uma condição homogênea de ocorrência.

A pequena variação nos valores de temperatura mínima no perfil gera uma grande variabilidade na ordem de sua ocorrência nos diferentes níveis. Contudo, em termos médios, os valores mais baixos de temperatura mínima ocorreram no nível 0,2 H e os mais altos no nível de 0,8 H.

Em ordem crescente de freqüência, as menores temperaturas mínimas ocorreram nos níveis de 0,2 H, 0,4 H, 0,6 H, 1,0 H e 0,8 H.

O perfil vertical médio de temperatura mínima para o período de ensaio revela que ocorreu um gradiente negativo, cujo valor médio é  $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

A temperatura mínima média do ar no cafezal, média dos cinco níveis, foi de  $17,4^{\circ}\text{C}$ , oscilando de  $6,6^{\circ}\text{C}$  a  $21,6^{\circ}\text{C}$ . A análise de variância mostrou que ocorreu significância entre níveis e entre dias.

A significância entre dias indica que os perfis diários de temperatura mínima diferiram entre si. A comparação das médias, pelo teste de Duncan, mostra que ocorreram 9 condições estatisticamente distintas de temperatura mínima média diária do ar na cultura.

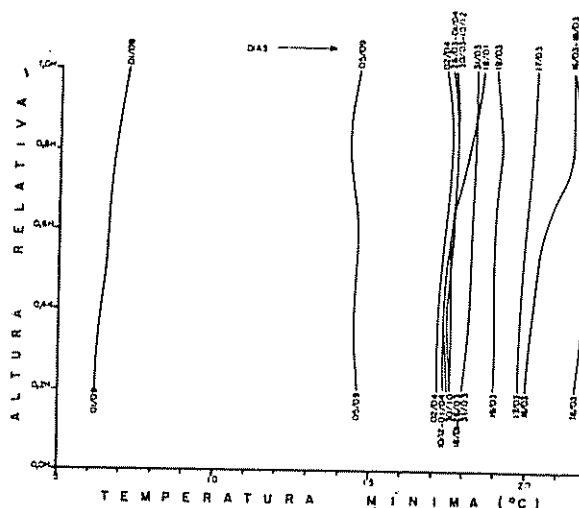


Fig. 6.—Perfis verticais de temperatura mínima diária do ar no cafezal.

A significância entre níveis mostra que ocorrem diferenças de temperatura mínima no perfil vertical. A comparação da distribuição vertical de temperatura mínima, pelo teste de Duncan, mostra que os valores não diferiram entre os níveis 0,8 H, 1,0 H e 0,6 H; entre os níveis 1,0 H, 0,6 H e 0,4 H e entre os níveis 0,6 H, 0,4 H e 0,2 H, e que estas regiões diferiram entre si. Os menores valores de temperatura mínima ocorreram na região mais baixa da planta, aumentando em direção ao nível 0,8 H e diminuindo em direção a 1,0 H. A temperatura mínima média do ensaio foi  $17,2^{\circ}\text{C}$  e  $17,6^{\circ}\text{C}$ , respectivamente nos níveis de 0,2 H e 0,8 H.

*Conclusões*

O desenvolvimento deste trabalho levou às seguintes conclusões com respeito à temperatura do ar no interior da cultura:

- a) A temperatura do ar no cafezal aumentou com a altura durante a noite e diminuiu durante o dia. As inversões dos gradientes ocorreram das 08 às 11 horas e das 16 à 18 horas.
- b) Os gradientes verticais de temperatura do ar médios extremos foram 0,2°C/m para a condição de inversão e 1,3°C/m sob gradiente normal.
- c) A região do cafezal onde ocorreu o maior aquecimento e o maior resfriamento abrange os níveis de 20 a 40 por cento da altura das plantas.
- d) A amplitude térmica diária decresceu com a altura
- e) Os gradientes verticais médios diários de temperatura foram inversos abaixo de 40 por cento da altura das plantas, normais acima de 60 por cento e neutros ou inversos na parte média das plantas.
- f) O nível da inversão do gradiente vertical de temperatura variou no interior da cultura em função do deslocamento do nível de recepção de energia.
- g) A temperatura média diária do ar no cafezal variou com a altura, apresentando um gradiente negativo de 0,4°C/m abaixo de 60 por cento da altura da planta e acima desse nível, um gradiente positivo de 0,5°C/m
- h) A temperatura máxima diária do ar no cafezal diminuiu com a altura
- i) A temperatura mínima diária do ar no cafezal aumentou com a altura

*Resumo*

Este trabalho estuda o regime térmico do ar no interior de uma cultura convencional de café, a pleno sol.

As medições foram realizadas em cinco níveis, referentes a 20, 40, 60, 80 e 100 por cento da altura média das plantas.

A temperatura do ar no cafezal aumentou com a altura durante a noite e diminuiu durante o dia. As inversões dos gradientes ocorreram das 08 às 11 horas e das 16 às 18 horas. Os gradientes verticais médios extremos foram 0,2°C/m para a condição de inversão e 1,3°C/m sob gradiente normal.

A região do cafezal onde ocorreu o maior aquecimento e o maior resfriamento compreende os níveis de 20 a 40 por cento da altura das plantas.

A temperatura média diária do ar no cafezal variou com a altura, apresentando um gradiente negativo de 0,4°C/m abaixo de 60 por cento da altura das plantas e acima desse nível, um gradiente positivo de 0,5°C/m

A temperatura máxima diária do ar no cafezal diminuiu com a altura, enquanto que a temperatura mínima diária aumentou.

*Literatura citada*

- 1 COSTA, A. I. e SCHRÖDER, R. *O Microclima em cafezais não sombreados no Estado de São Paulo (1ª parte)* Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1956. 131 p
- 2 FOLONI, L. I. *Microclima em cafezal (Coffea arabica L.) Temperatura do ar e das folhas*. Piracicaba, SP, Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, 1977. 92 p.
- 3 FOLONI, L. L.; TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. e VILLA NOVA, N. A. *Estimativa da temperatura do ar diária em cafezal* Turrialba, 29(1): 45-51. 1979.
- 4 KIRKPATRICK T. W. - *The climate and eco-climates of coffee plantations* Amani, Tanganyika East African Agriculture Research Station, 1955 (Studies on the ecology of coffee plantations in East Africa, 1) 66 p.

*Publicaciones*

*Informaciones Agrícolas, Ganaderas y Granjeras*. Con fecha febrero de 1979, ha aparecido el primer número de *Informaciones Agrícolas, Ganaderas y Granjeras*, órgano de divulgación técnica del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB), de Uruguay. Está destinada a "transferir en forma ágil los resultados, progresos y aplicaciones prácticas de la investigación, así como también aquellos otros trabajos que, sin referirse estrictamente a tareas de investigación, tratan temas anexos a la ciencia agrícola".

El contenido del primer número es de alta calidad. La sección agrícola tiene cinco trabajos que se pueden catalogar de artículos de investigación. Un total de 13 artículos escritos por 20 técnicos tratan de trigo, soya, girasol, ganado bovino, forrajes, papas, arveja y cítricos. En tres de estos 13 artículos se usa el punto en vez de la coma para separar los decimales de los enteros, lo que puede indicar que ya está llegando al Cono Sur la influencia del inglés.

## Notas y Comentarios

*Publicaciones*

*Tablas de Contenido, Ciencias de la Información*. La Asociación Interamericana de Bibliotecarios y Documentalistas Agrícolas (AIBDA) ha iniciado esta publicación en Julio de 1979. Reproduce las tablas de contenido de 22 revistas de ciencias de la información, desde *ASLIB Proceedings* hasta *Special Libraries*. El servicio de fotocopias es atendido conjuntamente por el IICA-CIDIA, en San José, Costa Rica y por el CIAT, en Cali, Colombia. El pago puede hacerse en moneda nacional (sólo en Colombia y Costa Rica). La dirección es AIBDA, CIDIA, Turrialba, Costa Rica.

### La agricultura en los novecientos setenta

Al finalizar los novecientos sesenta, el título de un libro norteamericano alertaba al mundo sobre una hambruna en 1975 ("Famine 1975"). Sin embargo, aquí estamos todavía, si no contamos hambrunas locales debidas a la sequía en el Sahel, Etiopía y partes de la India (y a la guerra en Kampuchea). Esta pudo ser la década en la que Malthus fue puesto finalmente a descansar en paz. ¿Por qué?

#### La situación demográfica

En primer lugar, el crecimiento de la población se hizo más lento, inesperadamente: notablemente en los países asiáticos populosos (probablemente un crecimiento anual de 2,4 por ciento en los novecientos sesenta, 2,2 por ciento en los novecientos setenta), dramáticamente en los pequeños países asiáticos de ingresos medios (2,8 a 2,3 por ciento) (Cf. *Turrialba* 29:9 1979), y sobre todo en los países industrializados (1,1 a 0,7 por ciento). Algunos de estos últimos han alcanzado estabilidad, un hecho que puede afectar dramáticamente la planificación (los holandeses, que en 1970 tenían pesadillas de no encontrar espacio para 20 millones de habitantes en el año 2000, ahora esperan sólo 14 a 15 millones). Los estimados de la población mundial para ese año han bajado desde 1970 de 6,5 mil millones hasta 6 mil millones, lo que equivale a borrar a la India del mapa.

Las principales causas de las tasas de nacimientos más bajas fueron la disponibilidad de nueva tecnología de control de la natalidad y el crecimiento económico; una causa menor fue el apoyo gubernamental para el control de la natalidad, hasta en la católica América Latina, en donde México y Brasil fueron convertidos a la idea sólo en 1973 y 1974 respectivamente.

#### La producción de alimentos

En segundo lugar, la producción mundial de alimentos continuó creciendo, ligeramente por delante del crecimiento demográfico; un 20 por ciento bruto, 4,5 por ciento *per cápita*, en todo el mundo de 1970-72 a 1976-78. La subida de la producción de alimentos fue más rápida, sin embargo, en los países ricos que en los pobres (más 4 por ciento *per cápita* en total, pero menos 7 por ciento en África). En los países pobres prendió la "revolución verde" comenzada en la mitad de los novecientos sesenta. Debido a que necesitaban más agua y más fertilizante, esa introducción de nuevas variedades de alto rendimiento fue muy criticada (principalmente por gente de Europa) (Cf. *Turrialba* 28:13 1978) como un medio de enriquecer al agricultor rico pero no al pobre. Ciertamente o no, las nuevas variedades tuvieron efectos dramáticos en áreas de Asia, tales como el Punjab de la India, que eran lo suficientemente progresivas como para hacer un uso pleno de ellas.

#### Los países en desarrollo

Pero hubo también motivos de preocupación. En 1972-73 vino la gran jugada de los granos, cuando el fracaso de la cosecha de Rusia, dio lugar a grandes compras soviéticas en los mercados occidentales, y alzas mucho más grandes de precio con esas compras. Esto mostró que la cuestión no era si el mundo tenía suficiente grano si no quién lo tenía. La gente pobre no puede comprar alimento cuando el precio se duplica, una razón por la que en esos años de escasez, una gran proporción del grano mundial fue a los estómagos del ganado norteamericano, europeo y ruso. Al final de los novecientos setenta, existía amplio consenso de que el "problema de los alimentos" era uno de distribución y pobreza, y no uno de producción. Fue inquietante ver como América del Norte se había convertido en el granero mundial; los Estados Unidos en 1979 estaba exportando unos 35 millones de toneladas de trigo, alrededor de la mitad del comercio mundial más otros 60 a 70 millones de toneladas de otros cereales y 20 millones de soya.

Los países en desarrollo, más o menos autosuficientes en 1950, importaron en 1975 unos 20 millones de toneladas

(o 5%) de sus principales artículos alimenticios, y se esperaba que importasen 40 a 50 millones de toneladas 10 años más tarde. De allí los intentos, con éxito modesto, de poner a funcionar un sólido programa mundial, y, hasta ahora sin éxito, de armar una reserva de granos para nivelar y asegurar los precios.

#### ¿Está muerto Malthus?

Los malthusianos no están muertos todavía. Ellos señalaban que los sorprendentes aumentos en la producción mundial (la de granos se duplicó en 30 años) estaban comenzando a ser más lentos durante los novecientos setenta, conforme se iba llegando a los límites de la tierra arable utilizable, y, más significativamente, conforme la respuesta a un mayor uso de fertilizantes pareciera estar disminuyendo. La pesca mundial más que se duplicó en los 20 años anteriores a 1970, y después se estancó. Los bosques se estuvieron explotando más allá de su capacidad.

Fue todavía posible al final de los novecientos setenta producir un cuadro de melancolía, y sin embargo, pensar que en manos de los genetistas, agrónomos y otros investigadores (y también de los admiradores de las fuerzas del mercado) quedaba el probar concluyentemente que ese cuadro era errado.

#### Premio Houssay para Johanna Dobreiner

La doctora Johanna Dobreiner, científica brasileña especializada en fisiología vegetal, ha ganado el Premio Bernardo A. Houssay, de US\$ 30.000, por su investigación de la fijación del nitrógeno por plantas de varias familias botánicas.

El premio fue establecido en 1972 por el Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultura (CIECC) de la OEA, para honrar a investigadores latinoamericanos que hayan hecho importantes contribuciones en materias científicas.

Graduada en agronomía en la Universidad de Munich, trabaja desde 1951 para el Ministerio de Agricultura del Brasil, en los laboratorios de la Universidad Rural Federal de Río de Janeiro. Tiene grados académicos de las Universidades de Wisconsin y Florida.

Su interés especial ha sido la búsqueda de bacterias que ayuden a fijar el nitrógeno atmosférico a plantas no leguminosas. Entre 1958 y 1961, demostró que las bacterias fijadoras de nitrógeno se multiplicaban en las raíces de caña de azúcar y de arroz. Describió, entre otras bacterias, la *Beijerinckia fluminense* que ocurre casi exclusivamente en gramíneas tropicales. En 1966, descubrió la *Azotobacter paspali*, fijadora de nitrógeno en el pasto *Paspalum notatum*.

También ha trabajado con leguminosas, tratando de incrementar su capacidad de fijar el nitrógeno del aire. Gracias en gran parte a los estudios de la doctora Dobreiner, el Brasil pasó a dedicar millones de hectáreas al cultivo de la soya, con tanto éxito que hoy ocupa el segundo lugar entre los productores mundiales de este grano, después de los Estados Unidos (*Carta del Desarrollo*, OEA Vol. 2, N° 9), por lo que el gobierno brasileño le otorgó una de sus más altas honras, la Orden de Río-Branco. Una de las investigaciones sobre soya en la que intervino fue publicada en *Turrialba* (Vol. 20, p. 293, 1970).

En el Primer Simposio Internacional de Fijación de Nitrógeno, celebrado en 1974, en Pullman, Washington, la Doctora Dobreiner y el doctor Day discutieron la asociación intercelular de *Digitaria decumbens*, un forraje, con *Spirillum lipoferum*, bacteria oscura identificada en 1925 y luego olvidada. Investigadores de varias partes confirmaron la presencia de *Spirillum* en asociación con cereales y otras gramíneas, lo que ha abierto esperanzas de reemplazar los fertilizantes químicos con esta asociación biológica. En este proceso, se reclasificó la bacteria, cambiándosele su nombre a *Azospirillum brasilense*. Actualmente, grupos grandes de investigadores, bajo los auspicios de EMBRAPA, están trabajando intensamente con *Azospirillum* en un programa ambicioso para aumentar los rendimientos agrícolas.