MICROCLIMA EM CAFEZAL (*Coffea arabica* L.):
TEMPERATURA DO AR E DAS FOLHAS

LUIZ LONARDONI FOLONI

Orientador: NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Univer-
sidade de São Paulo, para obtenção do
título de Doutor em Sólidos e Nutrição de
Plantas

PIRACICABA
Estado de São Paulo-Brasil
Novembro, 1977

Dedico à

GISELA, minha esposa
e.

MARIANA, minha filha

...A gente vai contra a corrente,
Até não poder resistir,
Na volta do barco é que sente,
O quanto deixou de cumprir...

CHICO BUARQUE

Ao Dr. Nilson Augusto Villa Nova, pela amizade, dedicação e orientação no decorrer do curso de pós graduação.

Aos colegas do Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Dr. Antonio Tubelis e Dr. Fernando José Lino do Nascimento, pelo incentivo e colaboração no desenvolvimento e preparo deste trabalho.

Ao Sr. José Agenor Schiavon, pelo apoio e colaboração na solução de problemas de ordem particular.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão da bolsa de aperfeiçoamento e ao Instituto Brasileiro do Café através do Grupo Executivo da Racionalização da Cafeicultura pelo auxílio financeiro.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Ambientais, em especial aos Srs. Joel Campos dos Santos, Antonio Aparecido Martins e Antonio Mariano da Silva, pela colaboração na obtenção dos dados de campo, datilografia e desenhos, e as demais pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Os meus sinceros agradecimentos

ÍNDICE

	página
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
4. MATERIAL E MÉTODO	13
4.1. Local de Ensaio	13
4.2. Medição da Temperatura do Ar	18
4.3. Medição da Temperatura das Folhas	20
4.4. Medição do Vento Percorrido	23
4.5. Posto Meteorológico	24
4.6. Frequência das Medidas	24
4.7. Cálculo da Temperatura do Ar Média Diária ...	24
4.8. Análises Estatísticas	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Ensaio de Temperatura das Folhas	28
5.2. Ensaio de Temperatura do Ar	29
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO	39
6.1. Temperatura das Folhas	39
6.1.1. Curso Diário da Temperaturas das Fo lhas	39

6.1.2. Desvios da Temperatura das Folhas em Relação à Temperatura do Ar	45
6.1.3. Relações entre a Temperaturas das Fo lhas e do Ar	47
6.1.4. Relações entre as Diferenças da Tempe ratura das Folhas e do Ar e Vento Per corrido	51
6.2. Temperatura do Ar no Cafezal	53
6.2.1. Curso Diário da Temperatura do Ar	53
6.2.2. Sequência Espacial da Temperatura do Ar	55
6.2.3. Sequência Diária dos Tautócronos Mé dios Horários	57
6.2.4. Perfis Verticais de Temperatura Média Diária	60
6.2.5. Análise de Variância da Temperatura Mé dia Diária do Ar	63
6.2.6. Perfis Verticais de Temperatura Máxima Diária do Ar	64
6.2.7. Análise de Variância da Temperatura Má xima Diária do Ar.....	67
6.2.8. Perfis Verticais de Temperatura Mínima do Ar	68

6.2.9. Análise de Variância da Temperatura <u>Mí</u> nima Diária do Ar	70
6.2.10. Estimativa da Temperatura Média Diária do Ar na Cultura	72
6.3. Relações de Temperatura do Ar entre o Posto Meteorológico e a Cultura	76
6.3.1. Temperaturas Médias	76
6.3.2. Temperaturas Extremas	78
7. CONCLUSÕES	83
7.1. Sobre a Temperatura das Folhas	83
7.2. Sobre a Temperatura do Ar no Cafezal	84
7.3. Sobre as Relações da Temperatura do Ar entre o Posto Meteorológico e a Cultura	85
8. SUMMARY	86
9. LITERATURA CITADA	88

LISTA DAS TABELAS

Tabela		página
1	Valores médios mensais de precipitação (1940 a 1968) e temperatura do ar (1959 a 1968) para Botucatu-SP	16
2	Características físicas, químicas e granulométricas do solo do local de ensaio	19
3.	Temperatura das folhas e do ar ($^{\circ}\text{C}$) para os três níveis de medição no período de 10 a 11/12/1971	30
4	Temperatura das folhas e do ar ($^{\circ}\text{C}$) para os três níveis de medição no período de 17 a 18/12/1971	31
5	Vento percorrido a 2 m acima da cultura (Km)..	32
6	Momentos de início de quatro formações de orvalho sobre a folhagem externa dos cafeeiros, nos três níveis de medição	33
7	Temperatura média horária do ar ($^{\circ}\text{C}$) na cultura, nos cinco níveis de observação	34
8	Temperatura média diária do ar verdadeira (T_{cm}) na cultura ($^{\circ}\text{C}$).....	35
9	Temperaturas extremas diárias do ar ($^{\circ}\text{C}$) nos cinco níveis na cultura	36
10	Temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) nos níveis na cultura, calculada segundo DEMET (T_{cf}), IAC (T_{ce}) e valores extremos (T_{cxn}).	37

Tabela

página

11	Temperatura média diária do ar no posto meteorológico calculada segundo DEMET (T_{pf}), IAC T_{pe} e temperaturas extremas T_{pxn} , temperatura máxima (T_{px}) e temperatura mínima (T_{pn}), em graus centígrados.....	38
12	Temperatura do ar nos momentos em que a temperatura da folha (T_f) e a do ar (T_{ar}) foi extrema	48
13	Coeficiente linear (a), angular (b) e correlação (r), teste t e significância de "r", e desvio padrão da regressão para as regressões lineares entre a temperatura da folha e do ar nos três níveis de medição	49
14	Frequência de ocorrência diária dos gradientes verticais de temperatura do ar na cultura	62
15	Análise de variância da temperatura média diária do ar na cultura	63
16	Comparação do valores médios e extremos diários de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) na cultura pelo teste de DUNCAN ao nível de 5% de probabilidade.....	65
17	Análise de variância da temperatura máxima diária do ar na cultura	68
18	Análise de variância da temperatura mínima diária do ar na cultura	71

Tabela

página

19	Comparação entre a temperatura média diária do ar nos cinco níveis na cultura, pelo teste de DUNCAN ao nível de 5% de probabilidade	72
20	Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste t e significância de "r" de desvio padrão, para as regressões lineares entre os valores estimados e verdadeiros da temperatura média do ar na cultura	73
21	Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste t e significância de "r" e desvio padrão para as regressões lineares entre as temperaturas média verdadeira na cultura e as temperaturas médias no posto meteorológico segundo os modelos do DEMET, IAC e as temperaturas extremas	79
22	Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste t e significância de "r" de desvio padrão para as regressões lineares entre as temperaturas extremas diárias observadas na cultura e no posto meteorológico.	81

LISTA DAS FIGURAS

Figura		página
1	Esquema da troca de energia entre a planta e o ambiente	07
2	Relação média entre temperatura da folha e do ar para 40 culturas diferentes	08
3	Localização geográfica do município de Botucatu, dentro das zonas ecológicas aptas para a cafeicultura no Estado de São Paulo	14
4	Mapa plani-altimétrico da região de Botucatu-SP, mostrando parte da Estação Experimental de Botucatu, onde as áreas assinaladas em negrito indicam a localização do posto meteorológico (p) e o local de ensaio (c)	15
5	Detalhes do psicrômetro de aspiração no levantamento dos perfis de temperatura do ar .	21
6	Curso da temperatura das folhas e do ar no nível de 0,2H.....	40
7	Curso da temperatura da folha e do ar no nível de 0,4H	41
8	Curso da temperatura das folhas e do ar no nível de 0,6H	42
9	Temperaturas extremas da folha e do ar nos três níveis da cultura	44
10	Histograma dos desvios entre a temperatura das folhas e a temperatura do ar para os três níveis de observação na cultura	46

Figuras

página

11	Diagrama de dispersão da temperatura das fo lhas e do ar e equações lineares de regressão nos três níveis da cultura	50
12	Diagrama de distribuição dos desvios entre a temperatura das folhas e do ar em função do vento percorrido	52
13	Curso diário dos valores médios horários da temperatura do ar no cafezal em cinco níveis de medição	54
14	Sequência espacial da temperatura média horá ria do ar ($^{\circ}\text{C}$) no cafezal	56
15	Sequência diária dos tautócronos médios de temperatura do ar no cafezal	59
16	Perfis verticais de temperatura média diária e média de ensaio ($^{\circ}\text{C}$) na cultura em relação à temperatura no nível 1,0H	61
17	Perfis verticais de temperatura máxima diária do ar na cultura	66
18	Perfis verticais de temperatura mínima diária do ar na cultura	69
19	Histogramas dos desvios entre os valores esti mados e verdadeiros da temperatura média do ar na cultura	75

Figura

página

20	Histogramas dos desvios das temperaturas do ar médias diárias, calculados a partir de observações no posto meteorológico, em relação à temperatura do ar média verdadeira, em cinco níveis na cultura	77
21	Histogramas dos desvios de temperaturas extremas na cultura em relação ao posto meteorológico	80

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia		página
1	Aspecto de um psicrômetro de aspiração instalado na cultura	22
2	Vista da instalação da unidade de medi- ção de temperatura do ar na cultura ..	22

1. RESUMO

Este trabalho estuda o regime térmico das folhas e do ar em uma cultura de café, com a finalidade de estabelecer relações de condições térmicas entre a cultura e o posto meteorológico.

A temperatura das folhas do cafeeiro foi medida, em três níveis, com termo-elementos de cobre-constantana, inseridos na nervura principal das folhas. A temperatura do ar foi medida, em cinco níveis, com psicrômetros de aspiração, de termômetros de mercúrio.

A temperatura das folhas do cafeeiro foi maior que a do ar circundante durante o período diurno, e menor no período noturno. Ela pode ser estimada a partir da temperatura do ar, através de equações lineares de regressão.

A temperatura do ar na cultura aumentou com a altura durante a noite e diminuiu durante o dia. As inversões dos gradientes ocorreram das 08 às 10 horas e das 16 às 18 horas.

A região da cultura onde ocorreu o maior aqueci

mento abrange de 20% a 40% da altura das plantas.

Em termos diários, a temperatura média do ar de
cresceu com a altura na cultura, a temperatura máxima do ar
decreceu e a temperatura mínima do ar cresceu. Em consequên
cia, a amplitude térmica decreceu com a altura.

A temperatura do ar média diária verdadeira da
cultura pode ser estimada, através de equações lineares de re
gressão, em função da temperatura média calculada pelos mode
los do DEMET, do IAC ou das temperaturas extremas, a partir de
leituras efetuadas na cultura ou no posto meteorológico.

2. INTRODUÇÃO

O conhecimento das condições micrometeorológicas das culturas agrícolas é uma das modernas ferramentas com que a Agronomia conta para o aumento de produtividade. Atinge-se esse objetivo porque é o ambiente físico das culturas que condiciona o rendimento fotossintético, a absorção de água e de minerais, o aparecimento de pragas e de doenças.

A medição dos parâmetros micrometeorológicos é uma tarefa onerosa, que consome muito tempo e que exige pessoal especializado e material específico. Para contornar essas dificuldades, procura-se estabelecer modelos matemáticos pelos quais possa se determinar as condições micrometeorológicas das culturas a partir de dados meteorológicos, coletados rotineiramente. O estabelecimento dessas relações permite avaliar situações micrometeorológicas passadas, para explicar fatos pregressos, bem como atuar rotineiramente sobre a cultura.

A finalidade deste trabalho é contribuir ao estudo micrometeorológico da cultura cafeeira, levantando as condições térmicas reinantes em um cafezal, plantado em Botucatu-SP, e determinando os modelos que permitam avaliar climatolo

gicamente a temperatura no interior da cultura.

O parâmetro temperatura foi o escolhido para este estudo por constituir-se no principal fator limitante da cultura. Elegeu-se a cultura do café pelo fato do Brasil destacar-se como o maior produtor de café do mundo e suas exportações, embora considerando-se outras fontes de divisas, serem ainda de capital importância para o país.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma planta livremente exposta à atmosfera, com adequada disponibilidade de nutrientes e água, tem o rendimento de seu processo fotossintético controlado pela temperatura (BURKHOLDER, 1936). A temperatura do processo é a do protoplasma das plantas, que pode ser estimada pela temperatura das folhas.

A taxa fotossintética líquida em café depende da abertura dos estômatos, que é governada pela disponibilidade de água no solo e pela ação combinada da radiação solar e temperatura das folhas. ALVIN e HAVIS (1954) encontraram que, durante a estação seca os estômatos permaneciam em sua maioria completamente fechados. Na estação chuvosa, em dias cobertos, permaneciam completamente abertos e em dias sem nebulosidade eles começavam a se fechar muito cedo, apresentando pequena abertura no fim da tarde. NUNES et alii (1968) mostraram claramente que a taxa fotossintética máxima ocorre na condição particular em que a concentração interna de CO_2 é igual a zero. Esta situação ocorre somente com temperaturas abaixo de 24°C , com uma intensidade de radiação maior que $0,15 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, va

lor facilmente atingido em condições de campo. Acima de 24°C , a concentração estomatal de CO_2 cresce linearmente a uma taxa de 20 ppm por $^{\circ}\text{C}$. As taxas máximas de fotossíntese são menores acima de 24°C como consequência da maior concentração de CO_2 e da maior resistência total à difusão. HEATH e ORCHARD (1957) verificaram que a concentração de dióxido de carbono no interior da folha de café aumenta de forma logarítmica até 30°C , e ainda mais rapidamente entre 30°C e 35°C .

A medição da temperatura das folhas exige equipamento de alto custo, pessoal especializado e cuidados contínuos para não se alterar a geometria das folhas em torno do local de medida. (IDLE, 1968). Em consequência, os pesquisadores utilizam a temperatura do ar em substituição a temperatura da folha, na interpretação de resultados fisiológicos. Entretanto também não se podem medir temperaturas do ar no interior da cultura. Seria então conveniente estabelecer-se um esquema que permitisse a estimativa da temperatura das folhas do café utilizando-se dados climatológicos de observação rotineira.

A temperatura de uma folha ou órgão vegetal é consequência da interação da planta com o meio ambiente. Sua temperatura é controlada através dos processos de radiação, transpiração, convecção e condução térmica (GATES, 1965), conforme a Figura 1. Estes processos variam continuamente em importância no estabelecimento da temperatura das folhas no decorrer do dia e da noite.

Figura 1. Esquema da troca de energia entre a planta e o ambiente.

Fonte: GATES(1965).

LINACRE (1964) comparando os resultados de 40 pesquisas realizadas com diferentes culturas, em diversas partes do mundo, verificou que existe uma tendência para a igualdade entre a temperatura do ar e da folha ao redor de 33°C . Em temperaturas inferiores, as folhas tendem a se apresentar mais aquecidas que o ar. Em temperaturas maiores, a folha tende a ser mais fria que o ar, conforme a Figura 2.

PRIESTLEY (1966), a partir de considerações ge

rais do balanço de energia das folhas, confirmou o valor médio obtido por LINACRE (1964), e comentou que a temperatura máxima de qualquer superfície úmida, incluindo plantas, deveria ser ao redor de 33°C . Folhas cujas temperaturas excedam este valor estariam em déficit de água.

Figura 2. Relação média entre temperatura da folha e do ar pa
ra 40 culturas diferentes.

Fonte: LINACRE (1964).

ANSARI & LOOMIS (1959) verificaram que folhas finas sofrem um aquecimento de 6°C a 10°C pelo efeito da luz solar em um minuto, e que folhas murchas ou túrgidas sofrem semelhantes variações de temperatura.

Estudos de temperatura de folha de cafeeiro, em condições de campo, foram realizadas em alguns países. Smith em 1909, citado por KIRKPATRICK (1935), observou no Ceilão, sob

condições de alta insolação e alta umidade do ar, ao redor do meio do dia, que a temperatura de folhas verdes inteiramente expostas ao sol atinge entre 35° a 45°C , geralmente 10° a 15°C acima da temperatura do ar na plantação. As maiores diferenças entre temperatura da folha e do ar ocorreram antes do meio do dia, mas as maiores temperaturas das folhas cerca de uma hora depois. A passagem de uma nuvem causou uma rápida queda da ordem de 10°C , embora a temperatura da folha permanecesse entre 3 a 5°C acima da temperatura do ar, mesmo após o sol ter se obscurecido por uma hora ou mais.

Verificou ainda que folhas sombreadas tinham uma temperatura de 1 a 2°C maior que a do ar circundante no período entre o meio dia e as 16 horas.

SANTOS et alii (1958) mediram a temperatura do ar e de folhas em mudas de cafeeiros, a pleno sol e sombreadas, durante um dia com nebulosidade, um sem nebulosidade e numa noite de irradiação. As observações durante o dia mostraram que as temperaturas extremas observadas foram $38,5^{\circ}\text{C}$ para folha a pleno sol, enquanto a folha sombreada estava a 21°C e a do ar a 25°C . A máxima à sombra ocorreu em momento diferente da máxima a pleno sol, atingindo o valor de $26,7^{\circ}\text{C}$ quando a folha a pleno sol era de $33,3^{\circ}\text{C}$ e a do ar $28,8^{\circ}\text{C}$. As mínimas ocorreram simultaneamente e foram $11,1^{\circ}\text{C}$ a pleno sol, $10,8^{\circ}\text{C}$ a sombra e $13,1^{\circ}\text{C}$ no ar. As diferenças de temperatura máximas observadas entre folha a pleno sol e ar de $13,0^{\circ}\text{C}$ e folha coberta e ar de $-4,0^{\circ}\text{C}$. Estes resultados foram obtidos em Piracicaba-SP, em dois dias distintos no mês de julho. As temperaturas em noite de irradiação foram realizadas em Campos de Jordão-SP, no mesmo mês. Observaram que a temperatura das folhas

foi menor que a temperatura do ar durante a noite, com as diferenças variando de $0,3$ a $2,4^{\circ}\text{C}$, a medida que se aproximava do momento de ocorrência da temperatura mínima diária. Esta, para a folha, foi de $-3,9^{\circ}\text{C}$.

ORTOLANI (1973) cita que investigações realizadas pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônômico, em condições especiais de verão, mostram que a temperatura de folhas de cafeeiros atinge 50°C . Em Campinas foram medidas temperaturas de folhas de cafeeiros Caturra, com termopar em contacto com a superfície inferior de folhas expostas à radiação solar direta. Durante os meses de fevereiro a março de 1971 foram selecionados dez dias em função dos máximos extremos de temperatura do ar. Nesses dias foram registradas 156 ocorrências com temperaturas de folhas entre 40 e 45°C , 62 entre $45,1$ e $50,0^{\circ}\text{C}$ e 6 entre $50,1$ e $50,8^{\circ}\text{C}$.

Como a temperatura do ar é de mais fácil medição, exige pessoal menos especializado e possibilita a sua medição rotineira, em relação a temperatura das folhas, seria interessante desenvolver-se um modelo pelo qual esta última pudesse ser estimada a partir da primeira.

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 KIRCKPATRICK (1935), que estudou o microclima de uma cultura de café no Quênia, África 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 cul

tura. Realizou medições de temperatura do ar, da folha e do solo, umidade do ar, velocidade do vento, poder evaporante do ar, precipitação e intensidade luminosa. Estudou o efeito modificador da topografia, espaçamento, colheita, sombreamento, quebra vento e cobertura do solo sobre os parâmetros meteorológicos medidos.

COSTA e SCHRÖDER (1956) realizaram medições de temperatura e umidade relativa do ar em cafezais não sombreados em Ribeirão Preto-SP e Matão-SP. Estes parâmetros foram registrados por termo-higrógrafos convencionais, em quatro níveis, sendo dois no interior e dois acima da cultura. Simulta^{neamente} eram feitas observações em um posto meteorológico próximo. Foram estudados duas séries de dados, correspondentes a um período na estação seca e outro na chuvosa.

Compararam o curso da temperatura do ar das saias dos cafeeiros com o curso a dois metros acima das copas; estudaram a sequência diária dos perfis de sequência diária do ar e analisaram a distribuição da amplitude térmica diária com a altura. Análise semelhante foi feita para umidade relativa do ar. O regime e a distribuição da velocidade do vento foi analisada em sete níveis.

Os trabalhos de KIRCKPATRICK (1935) e COSTA e SCHRÖDER (1956) não esclarecem suficientemente o regime térmico no interior da cultura. O primeiro porque não levou em conta a distribuição vertical da temperatura no interior da cultura e no segundo, como os próprios autores reconheceram, o equi^{pamento} utilizado não era adequado para medições microclimatológicas. Seria conveniente que se fizesse um estudo mais abran

gente do regime térmico no interior da cultura utilizando equipamento específico.

Para dar uma maior amplitude de aplicação aos resultados, seria oportuno o estabelecimento de relações entre as condições microclimáticas da cultura com as condições macroclimáticas locais. Tais relações permitiriam a utilização de todo o acervo de dados meteorológicos, de algumas dezenas de anos, em benefício de racionalização da cultura.

O presente trabalho foi desenvolvido em função dos aspectos considerados nesta análise bibliográfica, com vistas a contribuir para o melhor conhecimento do regime térmico da cultura. Os objetivos deste trabalho podem ser resumidos nos seguintes ítems:

- estudar o regime térmico das folhas do cafeeiro;
- estudar o regime térmico do ar na cultura;
- estabelecer um modelo de estimativa da temperatura das folhas do cafeeiro a partir da temperatura do ar na cultura;
- estabelecer um modelo de estimativa da temperatura do ar na cultura a partir da temperatura do ar medida em um posto meteorológico.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. Local de Ensaio

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental "Presidente Medici" (antiga Estação Experimental de Botucatu), no município de Botucatu, definido pelas coordenadas geográficas: altitude 815 m, latitude $22^{\circ}52'S$ e longitude $48^{\circ}27'W$.Grw, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4.

O clima de Botucatu pode ser considerado como sub-tropical chuvoso, que devido as tendências verificadas nos últimos anos, pode ser indicado como do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen e Bb'r segundo a classificação de Thornthwaite (SETZER, 1946).

Os dados de precipitação pluviométrica mostram um total médio anual de 1314 mm, conforme mostra a Tabela 1.

A tendência observada é de uma relativa regularidade das precipitações anuais em torno do valor médio, e que nos anos mais secos geralmente chove mais que 1000 mm. A distribuição estacional das precipitações indica que 37% do total

Figura 3. Localização geográfica do município de Botucatu, dentro das zonas ecológicas aptas para a cafeicultura no Estado de São Paulo.

Tabela 1. Valores médios mensais de precipitação (1940 a 1968) e temperatura do ar (1959 a 1968) para Botucatu-SP.

PARÂMETRO	M E S E S												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Precipitação (mm)	185	239	152	65	30	35	28	26	63	155	107	229	1314
Temperatura (°C)	21,9	21,8	21,4	19,3	17,2	16,4	16,3	18,1	19,5	19,9	20,6	21,3	19,5
Temperatura máxima (°C)	27,2	27,1	26,4	26,1	23,3	21,9	22,7	25,0	27,3	26,1	27,2	26,9	25,6
Temperatura mínima (°C)	17,8	18,0	17,4	16,2	13,4	12,0	12,0	13,3	15,3	15,7	16,3	17,1	15,4

Fonte: TUBELIS et alii (1975).

anual incide na primavera, 44% no verão, 10% no outono e 9% no inverno, caracterizando um período chuvoso de outubro a março e um período estival de abril a setembro.

A temperatura do ar apresenta um valor médio anual de $19,5^{\circ}\text{C}$ sendo janeiro o mês mais quente com $21,9^{\circ}\text{C}$ e julho o mês mais frio com $16,3^{\circ}\text{C}$. Observa-se uma tendência da temperatura aumentar de julho a janeiro, e decrescer de janeiro a julho. Ocorrem 8 meses (setembro a abril) em que a temperatura média é superior a temperatura média anual.

A temperatura média no período chuvoso é de $21,2^{\circ}\text{C}$ e no período estival de $17,8^{\circ}\text{C}$.

A análise dos dados médios de temperaturas extremas mostra que os valores médios anuais são $25,6^{\circ}\text{C}$ e $15,4^{\circ}\text{C}$ indicando uma amplitude térmica média anual de $10,2^{\circ}\text{C}$. O curso da temperatura mínima acompanha o curso da temperatura média, apresentando os menores valores em junho e julho (12°C) e os maiores valores em fevereiro ($18,0^{\circ}\text{C}$). O curso da temperatura máxima não segue o da temperatura média, apresentando um patamar de setembro a abril, período no qual ela varia entre os valores médios de $26,1$ a $27,3^{\circ}\text{C}$; decresce de abril a junho, quando alcança $21,9^{\circ}\text{C}$ e aumenta de junho a setembro. A amplitude térmica apresenta maiores valores em agosto e setembro, período no qual são observados os maiores valores extremos absolutos (TUBELIS, et alii, 1975).

Conforme é mostrado na Figura 3, o município de Botucatu-SP é considerado como uma região apta para a cafeicultura

A cultura de café utilizada é da variedade "Mun

do Novo", com oito anos de idade, plantado no espaçamento de 3 x 2 m, com 4 plantas por cova. As plantas apresentavam uma altura média de 2,75 m, com forma tronco-cônica, bem enfolhadas, com diâmetro médio de 2,00 m e 1,70 m respectivamente a 0,55 m e 1,65 m acima do solo. O índice de cobertura de solo pela cultura era de aproximadamente 50%.

O tipo de solo do local de ensaio é Terra Roxa Estruturada (TOSIN et alii, 1973). Os solos deste tipo são desenvolvidos a partir de rochas eruptivas básicas sob relevo normal, ondulado, bem drenados e de cores avermelhadas. São, em geral, profundos, diminuindo a espessura à medida que o relevo se torna mais acentuado, transitando para o litossol da unidade. Apresentam a sequência de horizontes: Ap - B21 - B22 - B23 - B3 - C. As características físicas, químicas e granulométricas do solo do local de ensaio estão na Tabela 2.

A cultura estava localizada em terreno de meia encosta, com declividade média de 8% e exposição oeste. As linhas de plantas eram orientadas na direção norte-sul. A altitude média do local de ensaio é de 800 metros, conforme pode ser visto na Figura 4. Esta mesma Figura mostra a localização do posto meteorológico, que dista aproximadamente 850 metros do local de ensaio, e apresenta uma altitude de 800 metros.

4.2. Medição da Temperatura do Ar

A temperatura do ar foi medida através de psicrômetros de aspiração forçada nos dois termômetros. Os termômetros eram de coluna de mercúrio, com escala de -15 a +61°C, e

Tabela 2. Características físicas, químicas e granulométricas do solo do local de ensaio.

Horizonte	Profundidade (cm)	RESULTADOS EM PORCENTAGEM										Tensão da unidade		Densidade g/cm ³
		Amg	Ag	Am	Amf	Areia	Limo	Argila	Classe	Arg. textu- ral	Atmos- fera %	Atmos- fera %	l/3	
		2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,10 mm	0,10-0,05 mm	0,05-0,002 mm	0,002 mm						
Ap	0-10	0,2	1,3	5,5	6,0	22,6	34,8	42,7	8,6 r	29,36	21,53	2,86	1,20	
B ₂₁	10-27	0,1	0,7	4,0	6,0	19,5	28,9	54,6	10,8 r	28,39	21,75	2,91	1,18	
B ₂₂	27-81	0,2	0,4	2,7	6,2	16,9	28,9	54,2	18,8 r	31,16	24,49	1,91	1,09	
B ₂₃	81-137	0,1	0,3	3,1	6,4	18,8	31,7	49,5	25,4 r	29,33	23,40	2,93	1,06	
B ₃	137-162	0,1	0,4	3,2	6,1	18,4	31,2	50,4	10,0 r	29,58	23,26	2,90	1,05	
C	162-200	0,1	0,4	2,6	6,2	17,0	29,0	54,0	8,2 r	29,68	23,70	3,00	1,01	

Horizonte	Profundidade (cm)	ÍONS TROCAVEIS c. mg/100 g DE TERRA SECA										Satura-ção em base %		pH		Matéria Orgâni-ca	
		Ca	Mg	X	H	Al	Acidez	PO ₄						Água	KClN		
Ap	0-10	19,2	6,40	1,12	1,100	4,48	4,64	0,146	45,0	5,8	4,9	3,05					
B ₂₁	10-27	7,8	3,44	1,04	0,820	5,84	6,00	0,043	63,0	5,4	4,5	1,50					
B ₂₂	27-81	3,0	1,60	0,80	0,410	5,60	7,28	9,946	31,0	4,7	4,0	1,08					
B ₂₃	81-137	14,8	1,36	0,08	0,110	4,64	5,52	0,043	10,0	4,7	4,2	0,77					
B ₃	137-162	11,8	0,16	1,28	0,055	3,68	4,16	0,043	13,0	4,9	4,4	0,88					
C	162-200	9,8	0,64	0,56	0,045	3,28	3,52	0,020	13,0	4,9	4,6	0,15					

Fonte: TOSIN et alii (1973).

divisões de $0,2^{\circ}\text{C}$, e foram protegidos da radiação solar direta por uma placa metálica polida, instalada acima e distanciada de 3 cm dos tubos de aspiração. Estes tubos foram recobertos com papel alumínio para eliminar a incidência de radiação difusa e refletida. O psicrômetro utilizado está mostrado em detalhes na Figura 5.

A aspiração de cada psicrômetro foi feita, à distância, pela ventoinha do próprio psicrômetro. A ligação do psicrômetro à ventoinha foi feita por duto plástico flexível de 32 mm de diâmetro interno e 8 metros de comprimento. A fotografia 1 mostra a instalação de um psicrômetro.

A unidade para medida da temperatura do ar consistiu de cinco psicrômetros, montados em haste única, e instalados nas seguintes alturas acima do solo: 0,55 m, 1,10 m, 1,65 m, 2,20m e 2,75m. Estas alturas correspondiam aos níveis de 0,2H; 0,4H; 0,6H; 0,8H e 1,0H, onde H é a altura média das plantas. A unidade foi instalada no meio da rua, com os psicrômetros na horizontal, aspirando ar do lado poente das plantas, a uma distância média de 10 cm das folhas. As ventoinhas de aspiração foram colocadas fora da linha de plantas em que efetuavam as medidas. A fotografia 2 mostra uma vista da unidade de medição de temperatura do ar.

4.3. Medição da Temperatura das Folhas

A medida da temperatura das folhas do cafeeiro foi feita através de termo-elementos de cobre-constantan AWG-26, instalados na nervura principal das folhas, na sua face

Figura 5. Detalhes do psicrômetro de aspiração utilizado no levantamento dos per-
fis de temperatura do ar.

FOTOGRAFIA 1

Aspecto de um psicrômetro de aspiração instalado na cultura.

FOTOGRAFIA 2 .

Vista da instalação da
unidade de medição de
temperatura do ar na
cultura.

dorsal. A folhas nao foi alterada pela utilização dos termo-elementos. As medidas foram realizadas em folhas externas nos níveis de: 0,55 m (0,2H), 1,10 m (0,4H) e 1,65 m (0,6H).

A leitura das forças eletromotrizes foi feita através de uma ponte potenciométrica, na escala de 0 a 50 milivolts, divisão de um microvolt e precisão de 0,02%.

A força eletromotriz lida (E_t), era corrigida da constante de calibração do elemento (C_i) e da força eletromorelação a 0°C (C_f), utilizando-se a expressão:

$$E_c = E_t + C_i + C_f \dots\dots\dots (\text{equação 1})$$

onde E_c é a força eletromotriz corrigida.

A força eletromotriz corrigida era transformada em temperatura através de tabela de conversão, publicadas pelo NATIONAL BUREAU OF STANDARDS(NBS) dos Estados Unidos da América do Norte (WEAST, 1968/69).

4.4. Medição do Vento Percorrido

O vento percorrido foi medido através de um ane-
mômetro totalizador, de três conchas hemisféricas para vento de 1 a 60 m/s, instalado a 2,00 m acima do nível médios das plantas.

4.5. Posto Meteorológico

Foram utilizados dados de temperatura do ar, observados nos horários das 07, 09, 14 e 21 horas e das temperaturas extremas.

As leituras de temperatura do ar foram lidas com um psicrômetro de aspiração forçada, com termômetros de mercúrio em vidro e com divisões de $0,2^{\circ}\text{C}$. As temperaturas extremas foram lidas com termômetros de máxima e de mínima, respectivamente, de mercúrio em vidro e álcool em vidro, ambos com divisões de $0,2^{\circ}\text{C}$.

4.6. Frequência das Medidas

As leituras da temperatura das folhas, da temperatura do ar e vento percorrido na cultura foram realizadas a cada trinta minutos.

Simultaneamente com as medições, eram feitas observações visuais da formação de orvalho sobre as folhas expostas dos cafeeiros.

4.7. Cálculo da Temperatura do Ar Média Diária

A temperatura do ar média diária foi calculada das seguintes formas:

a) Procedendo a média de 48 leituras:

$$\bar{t_M} = \frac{\sum_{i=1}^{48} t_i}{48} \dots\dots\dots (\text{equação 2})$$

onde:

$\bar{t_M}$ = temperatura do ar média diária verdadeira.

t_i = temperatura do ar observada no momento da leitura.

b) Utilizando o modelo do Departamento Nacional de Meteorologia (DEMET) do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1969):

$$t_F = \frac{t_{09} + 2t_{21} + t_x + t_n}{5} \dots\dots (\text{equação 3})$$

onde:

t_F = temperatura do ar média diária, estimada segundo DEMET.

t_{09} = temperatura do ar observada às 09 horas locais.

t_{21} = temperatura do ar observada às 21 horas locais.

t_x = temperatura do ar máxima do dia.

t_n = temperatura do ar mínima do dia.

c) Utilizando o modelo do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (GODOY, 1957):

$$t_E = \frac{t_{07} + t_{14} + 2t_{21}}{4} \dots \text{(equação 4)}$$

onde:

t_F = temperatura do ar média diária, estima segundo IAC.

t_{07} = temperatura do ar observada às 07 horas locais.

t_{14} = temperatura do ar observada às 14 horas locais.

t_{21} = temperatura do ar observada às 21 horas locais.

d) Utilizando as temperaturas do ar extremas diárias:

$$t_{xn} = \frac{t_x + t_n}{2} \dots \text{(equação 5)}$$

onde:

t_{xn} = temperatura do ar média diária, estimada pelas temperaturas extremas.

t_x = temperatura do ar máxima do dia.

t_n = temperatura do ar mínima do dia.

Os índices C e P, incluídos na simbologia das temperaturas médias, indicam que os valores se referem, respectivamente, à medições na cultura ou no posto meteorológico.

4.8. Análises Estatísticas

A análise de variância dos dados de temperatura do ar média diária no interior da cultura foi feita como blocos ao acaso, onde os dias representavam os blocos e os níveis de medição os tratamentos. As expressões utilizadas nesta análise são as propostas por GOMES (1966). A verificação das médias diferentes foi feita pelo teste de DUNCAN (GOMES, 1966).

As equações lineares de regressão foram feitas pelo método dos quadrados mínimos (GOMES, 1966). O cálculo do coeficiente de correlação linear "r" e o teste de significância deste coeficiente pelo teste "t", foi feito segundo GRANER (1966).

5. RESULTADOS

5.1. Ensaio de Temperatura das Folhas

Os valores da temperatura das folhas e da temperatura do ar no interior da cultura, nos níveis de 0,2H, 0,4H e 0,6H, encontram-se nas Tabelas 3 e 4.

Os valores do vento percorrido a 2,0 m acima do topo da cultura encontram-se na Tabela 5.

Na Tabela 6 são mostrados os momentos de início de formação de orvalho. No período de 17 a 18 de dezembro de 1971 não ocorreu o fenômeno.

5.2. Ensaio de Temperatura do Ar

Os valores de temperatura do ar, observados em cinco níveis no interior da cultura, no período de 16 de março de 1971 a 05 de setembro de 1972, estão contidos nas Tabelas de 7 a 10. Os valores de temperatura média horária para o período estão contidos na Tabela 7. A temperatura média diária

verdadeira está inserida na Tabela 8. Os valores extremos diários de temperatura do ar estão reunidos na Tabela 9. Os valores de temperatura média diária do ar calculados segundo o DEMET, IAC e valores extremos, estão contidos na Tabela 10.

Os valores médios e extremos diários de temperatura do ar no posto meteorológico, observados durante os ensaios, estão contidos na Tabela 11.

Tabela 3. Temperatura das folhas e do ar ($^{\circ}\text{C}$) para os três níveis de medição no período de 10 a 11/12/1971.

Hora	N Í V E L					
	0,2H		0,4H		0,6H	
	Folha	Ar	Folha	Ar	Folha	Ar
17h00	22,7	23,8	23,2	23,6	22,9	23,6
17h30	23,2	23,8	23,4	23,6	23,6	23,6
18h00	22,0	23,6	22,4	23,8	22,6	23,8
18h30	20,5	22,0	20,2	22,2	21,1	22,4
19h00	19,4	20,3	18,9	20,2	19,9	21,0
19h30	19,2	20,0	18,9	20,2	20,4	20,8
20h00	19,2	20,0	18,9	20,2	20,4	20,8
20h30	19,5	20,0	19,2	20,2	19,9	20,8
21h00	19,5	20,0	19,4	20,4	20,9	20,8
21h30	18,7	19,8	19,2	20,2	20,6	20,6
22h00	19,6	19,4	19,0	19,8	20,6	20,3
22h30	19,5	19,7	18,7	20,0	20,1	20,3
23h00	19,5	19,4	19,4	19,6	19,1	19,8
23h30	19,5	19,4	19,4	19,6	19,1	19,8
00h00	19,5	19,6	18,7	19,8	19,9	20,0
00h30	20,2	19,8	19,7	20,2	20,6	20,4
01h00	20,7	19,7	19,9	20,0	20,6	20,3
01h30	18,7	19,2	18,7	19,2	19,4	19,6
02h00	18,5	19,0	18,4	19,2	18,9	19,6
02h30	19,0	18,4	17,9	18,4	18,9	18,6
03h00	18,2	18,4	18,9	18,4	18,4	18,6
03h30	19,7	19,0	18,7	19,2	19,6	19,5
04h00	19,0	19,0	19,2	18,9	19,1	19,0
04h30	19,0	19,0	19,4	19,0	19,6	19,0
05h00	19,0	18,8	19,2	18,9	19,1	19,0
05h30	18,7	18,6	18,2	18,6	18,4	18,6
06h00	19,7	19,0	19,4	19,0	19,6	19,4
06h30	20,0	19,2	19,9	19,2	20,1	19,6
07h00	20,5	19,4	20,4	19,6	20,1	19,6
07h30	22,0	20,4	21,7	20,2	21,4	20,4

Tabela 4. Temperatura das folhas e do ar ($^{\circ}\text{C}$) para os três níveis de medição no período de 17 a 18 de dezembro de 1971.

Hora	N Í V E L					
	0,2 H		0,4 H		0,6 H	
	Folha	Ar	Folha	Ar	Folha	Ar
08h30	23,2	21,2	22,4	23,0	26,1	22,8
09h00	24,7	23,4	23,7	24,8	27,6	25,8
09h30	28,0	24,8	29,4	26,5	25,9	28,4
10h00	30,0	26,4	29,9	27,8	29,9	28,8
10h30	31,1	27,4	29,9	29,2	32,5	29,0
11h00	30,4	28,6	30,1	30,1	33,2	29,4
11h30	34,7	30,9	29,7	32,6	28,1	30,6
12h00	35,0	33,6	36,8	33,4	35,3	32,8
12h30	30,4	31,4	30,1	32,2	30,1	30,8
13h00	38,1	34,2	40,3	34,8	38,0	32,6
13h30	39,7	35,4	38,9	36,4	35,6	33,4
15h00	36,4	36,2	38,0	37,6	36,3	33,8
15h30	36,3	30,6	36,3	37,4	34,4	33,6
16h00	34,2	35,2	36,3	37,6	34,6	32,8
18h30	27,0	26,6	25,9	27,6	26,6	27,2
19h00	25,5	25,6	24,6	25,2	25,4	26,2
19h30	25,0	24,6	24,0	24,5	24,8	25,2
20h00	26,0	25,4	24,2	25,0	25,7	25,6
20h30	25,5	25,4	24,5	25,2	25,7	25,8
21h00	25,0	24,4	24,2	25,0	24,9	25,3
21h30	24,7	24,8	23,9	24,8	24,9	25,2
22h00	23,5	23,6	22,2	23,4	24,9	24,2
22h30	24,7	23,4	23,6	23,2	24,6	24,2
23h00	24,7	23,8	22,9	24,0	24,6	24,8
23h30	22,7	22,4	21,9	22,8	22,9	23,2
00h00	22,0	21,8	20,4	22,2	21,9	22,6
00h30	21,0	21,0	19,4	22,0	20,9	22,2
01h00	20,0	20,8	16,2	21,0	20,9	21,4
01h30	17,7	18,6	17,4	18,6	17,6	19,6
02h00	17,7	18,8	17,4	18,8	17,6	19,8
02h30	17,7	19,2	17,4	19,0	17,6	20,0
03h00	17,7	19,4	17,4	19,6	17,6	20,4
03h30	17,7	19,6	17,4	20,0	17,6	20,4
04h00	17,7	20,0	17,4	20,2	17,6	20,6
04h30	20,0	20,4	19,7	20,4	19,9	20,8
05h00	21,2	21,2	20,2	20,8	21,1	21,0
05h30	21,2	21,0	20,2	21,8	20,4	21,0
06h00	20,9	21,0	20,2	21,8	20,4	22,0
06h30	21,2	22,0	21,2	22,4	21,4	22,2
07h00	22,5	22,0	22,2	22,4	22,4	22,2

Tabela 5. Vento percorrido a 2,0 m acima da cultura (Km).

HCRAS	10/12/71	11/12/71	17/12/71	18/12/71	HORAS	10/12/71	11/12/71	17/12/71	18/12/71
00h30	-	3,4	8,8	-	12h30	11,6	-	17,0	-
01h00	3,6	2,4	8,4	-	13h00	9,0	-	5,0	-
01h30	2,0	3,8	10,6	-	13h30	9,0	-	12,2	-
02h00	1,6	4,4	2,4	4,0	14h00	7,4	-	9,0	-
02h30	0,7	3,8	3,2	4,2	14h30	15,0	-	11,2	-
03h00	2,4	2,2	11,8	4,2	15h00	5,2	-	13,4	-
03h30	0,8	8,4	4,4	4,8	15h30	11,2	-	14,2	-
04h00	0,9	6,2	4,8	4,4	16h00	8,4	-	10,6	-
04h30	0,8	8,4	2,8	9,6	16h30	6,8	-	-	-
05h00	0,6	5,4	2,8	6,8	17h00	5,8	-	-	-
05h30	3,4	5,4	3,2	13,4	17h30	13,8	-	-	-
06h00	8,2	11,0	2,0	7,4	18h00	1,0	-	-	-
06h30	6,9	2,0	2,8	6,0	18h30	4,0	-	-	-
07h00	3,6	4,2	2,6	12,0	19h00	1,8	-	4,4	-
07h30	8,2	15,0	2,0	-	19h30	2,2	-	8,6	-
08h00	0,1	29,4	6,6	-	20h00	1,8	-	12,2	-
08h30	6,2	-	1,2	-	20h30	1,4	-	8,8	-
09h00	6,6	-	5,6	-	21h00	0,6	-	23,8	-
09h30	9,1	-	5,2	-	21h30	3,4	-	4,6	-
10h00	12,2	-	3,8	-	22h00	2,8	-	10,0	-
10h30	10,2	-	7,2	-	22h30	2,6	-	7,2	-
11h00	7,8	-	9,0	-	23h00	3,0	-	15,8	-
11h30	10,2	-	10,0	-	23h30	2,8	-	5,6	-
12h00	7,6	-	7,0	-	24h00	3,2	-	9,2	-

Tabela 6. Momentos de início de quatro formações de orvalho so
bre a folhagem externa dos cafeeiros, nos três ní
veis de medição.

NÖITE	FORMAÇÃO	NÍVEL		
		0, 2H	0, 4H	0, 6H
10 a 11/12/71	I	21h30	22h30	23h00
	II	22h15	00h00	23h45
	III	02h00	02h30	03h00
	IV	02h50	03h15	03h45

Tabela 7. Temperatura média horária do ar ($^{\circ}\text{C}$) na cultura, nos cinco níveis de observação.

Hora	N Í V E L				
	0,2H	0,4H	0,6H	0,8H	1,0H
00h30	19,1	19,2	19,3	19,4	19,4
01h00	18,9	19,0	19,2	19,2	19,3
01h30	18,6	18,8	19,0	19,0	19,1
02h00	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9
02h30	19,8	18,3	18,6	18,6	18,7
03h00	18,0	18,1	18,3	18,4	18,4
03h30	17,9	17,9	18,1	18,4	18,4
04h00	17,6	17,7	17,9	18,1	18,2
04h30	17,5	17,5	17,7	18,0	18,1
05h00	17,5	17,5	17,8	17,9	17,9
05h30	17,6	17,6	17,7	17,8	17,8
06h00	17,6	17,6	17,8	18,0	17,8
06h30	17,7	17,8	17,9	18,2	18,1
07h00	18,2	18,3	18,6	18,9	18,8
07h30	19,0	19,3	19,7	20,3	20,1
08h00	20,2	20,5	21,1	21,2	21,0
08h30	21,2	21,4	22,0	21,8	21,5
09h00	22,0	22,5	23,3	22,8	22,9
09h30	23,1	23,5	24,1	23,6	23,2
10h00	24,4	24,9	25,3	24,6	23,8
10h30	25,6	26,0	26,1	25,3	24,3
11h00	26,9	27,6	27,3	26,5	25,4
11h30	28,4	28,6	28,1	27,2	26,0
12h00	29,4	29,3	28,7	27,9	26,7
12h30	29,6	29,6	28,8	28,1	26,8
13h00	29,4	29,4	28,8	28,0	26,8
13h30	29,6	29,6	28,9	28,2	26,9
14h00	30,4	30,5	29,6	29,1	27,8
14h30	30,5	30,6	29,7	28,6	27,8
15h00	30,6	30,7	29,8	29,2	27,7
15h30	29,0	29,3	28,8	28,2	27,5
16h00	28,4	28,7	28,3	27,9	27,1
16h30	26,9	27,6	27,5	27,2	26,6
17h00	25,6	26,4	26,5	26,2	26,1
17h30	24,2	24,6	24,9	25,0	24,6
18h00	23,0	23,3	23,7	23,8	23,3
18h30	22,2	22,5	22,8	23,0	22,6
19h00	21,8	22,0	22,4	22,7	22,4
19h30	21,1	21,2	21,6	22,0	21,8
20h00	20,7	20,9	21,3	21,6	21,4
20h30	20,4	20,6	21,0	21,2	20,7
21h00	20,2	20,3	20,6	20,8	20,3
21h30	19,8	19,9	20,3	20,5	20,0
22h00	19,6	19,8	20,1	20,4	19,8
22h30	19,4	19,6	19,9	20,2	19,7
23h00	19,1	19,3	19,4	19,7	19,4
23h30	18,8	19,0	19,6	19,4	19,2
24h00	19,1	19,3	19,3	19,4	19,4

Tabela 8. Temperatura média diária do ar verdadeira (T_{cm}) na cultura ($^{\circ}C$).

DIA	NÍVEL				
	0,2H	0,4H	0,6H	0,8H	1,0H
16/03	25,3	25,6	25,6	25,7	25,3
17/03	25,6	26,1	26,0	26,3	25,7
18/03	26,3	26,7	26,6	26,5	25,9
19/03	24,6	24,8	25,4	25,4	24,8
26/03	22,1	22,2	22,2	21,9	21,4
30/03	22,0	22,3	22,3	22,0	21,4
31/03	22,8	22,9	22,8	22,7	22,3
01/04	22,6	22,7	22,7	22,7	22,2
02/04	22,1	22,4	22,4	22,2	21,7
10/12	22,5	22,6	22,7	22,9	22,3
18/01	24,5	24,7	25,0	25,2	24,8
01/09	12,1	12,5	12,9	12,3	12,2
05/09	17,6	17,7	18,0	17,3	17,5
MÉDIA	22,3	22,6	22,7	22,5	22,1

Tabela 9. Temperaturas extremas diárias do ar ($^{\circ}\text{C}$) nos cinco níveis na cultura.

DIA	MÁXIMA (T_{cx})					MÍNIMA (T_{cn})				
	NÍVEL					NÍVEL				
	0,2H	0,4H	0,6H	0,8H	1,0H	0,2H	0,4H	0,6H	0,8H	1,0H
16/03	36,8	36,8	35,0	33,8	32,5	20,0	20,2	20,6	21,0	21,0
17/03	35,8	36,4	35,0	36,1	33,2	19,8	19,8	20,0	20,2	20,3
18/03	35,8	35,6	35,7	33,6	32,4	21,6	21,8	21,8	21,8	21,0
19/03	35,6	35,6	34,5	33,8	32,0	19,0	19,0	19,0	19,2	19,0
26/03	32,3	32,1	31,0	30,4	27,6	17,6	17,5	17,7	17,8	17,6
30/03	31,5	31,6	30,3	29,0	27,9	17,5	17,4	17,6	17,8	17,7
31/03	30,8	31,2	30,0	28,8	28,4	18,0	18,2	18,3	18,4	18,4
01/04	32,2	32,6	31,1	29,9	28,2	17,4	17,4	17,6	17,8	17,6
02/04	31,4	31,4	31,1	29,8	27,8	17,2	17,2	17,4	17,6	17,4
10/12	31,4	30,8	30,2	31,0	28,2	17,4	17,4	17,6	17,8	17,7
18/01	33,8	33,4	33,1	32,1	30,7	17,6	17,6	17,6	18,2	18,6
01/09	22,6	22,4	21,6	21,0	19,6	6,2	6,4	6,6	6,8	7,2

Tabela 10. Temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) nos cinco níveis na cultura, calculada segundo DEMET (T_{cf}), IAC (T_{ce}) e valores extremos (T_{cxi}).

DIA	T_{cf}		T_{ce}		T_{cxi}	
	NÍVEL		NÍVEL		NÍVEL	
	O, 2H	O, 4H O, 6H O, 8H 1, OH	O, 2H O, 4H O, 6H O, 8H 1, OH	O, 2H O, 4H O, 6H O, 8H 1, OH	O, 2H O, 4H O, 6H O, 8H 1, OH	O, 2H O, 4H O, 6H O, 8H 1, OH
16/03	25,2	25,4 25,3 25,5 24,7	25,0 25,0 25,0 25,2 24,6	28,4	28,5 27,8 27,4 26,8	28,4 28,5 27,8 27,4 26,8
17/03	24,7	25,0 25,0 25,5 24,6	24,8 25,2 25,4 25,9 25,2	27,8	28,1 27,5 28,2 26,8	27,8 28,1 27,5 28,2 26,8
18/03	26,6	25,8 26,9 26,3 25,6	25,6 24,8 26,0 25,8 25,4	28,7	28,7 28,8 27,7 26,7	28,7 28,7 28,8 27,7 26,7
19/03	23,8	23,8 23,7 24,3 23,6	23,7 23,6 23,5 24,2 23,4	27,3	27,3 26,8 26,5 25,5	27,3 27,3 26,8 26,5 25,5
26/03	22,5	22,6 22,3 22,2 21,5	22,9 23,0 22,8 22,8 21,9	25,0	24,8 24,4 24,1 22,6	25,0 24,8 24,4 24,1 22,6
30/03	22,5	22,7 22,7 22,4 21,7	22,6 23,0 22,9 22,4 21,7	24,5	24,5 24,0 23,4 22,8	24,5 24,5 24,0 23,4 22,8
31/03	22,6	22,7 22,8 22,7 21,9	22,9 23,0 23,0 22,6 22,2	24,4	24,7 24,2 23,6 23,4	24,4 24,7 24,2 23,6 23,4
01/04	23,4	23,5 23,4 23,4 22,6	23,8 24,0 23,6 23,7 22,6	24,8	25,0 24,4 23,0 22,9	24,8 25,0 24,4 23,0 22,9
02/04	22,1	22,3 22,3 22,1 21,6	22,0 22,2 22,1 22,0 21,5	24,3	24,3 24,2 23,7 22,6	24,3 24,3 24,2 23,7 22,6
10/12	22,5	22,6 22,8 22,8 22,1	22,9 23,0 23,0 23,2 25,6	24,4	24,1 23,9 24,4 23,0	24,4 24,1 23,9 24,4 23,0
18/01	25,0	25,0 25,5 25,3 24,8	25,0 25,1 25,4 26,0 25,3	25,7	25,5 25,4 25,2 24,6	25,7 25,5 25,4 25,2 24,6
01/09	11,3	11,8 12,4 12,0 11,7	11,3 11,6 11,6 11,3 11,2	14,4	14,4 14,1 13,9 13,4	14,4 14,4 14,1 13,9 13,4
05/09	18,4	18,7 19,1 18,2 18,3	16,5 16,5 16,6 16,4 16,6	21,1	21,2 21,5 20,6 20,5	21,1 21,2 21,5 20,6 20,5

Tabela 11. Temperatura média diária do ar no posto meteorológico calculada segundo DEMET T_{pf} , IAC T_{pe} e temperaturas extremas T_{pxn} ; temperatura máxima (T_{px}) e temperatura mínima (T_{pn}), em graus centígrados.

DIA	MÉDIAS			EXTREMAS	
	T_{pf}	T_{pe}	T_{pxn}	T_{px}	T_{pn}
16/03	25,6	25,4	27,4	33,0	21,8
17/03	25,6	25,7	27,1	33,5	20,7
18/03	26,5	26,1	28,3	33,5	23,0
19/03	24,8	26,0	26,3	33,0	19,5
26/03	22,3	22,7	23,5	28,7	18,2
30/03	22,7	22,8	24,1	29,9	18,2
31/03	22,6	22,5	24,1	29,4	18,7
01/04	22,3	22,1	24,0	29,5	18,5
02/04	21,9	21,6	24,0	29,9	18,0
10/12	22,7	22,8	23,4	28,0	18,7
18/01	24,4	24,8	25,0	30,0	20,0
01/09	12,4	12,5	13,3	19,2	7,4
05/09	18,0	16,2	20,1	25,0	15,2

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO

6.1. Temperatura das Folhas

6.1.1. Curso Diário da Temperatura das Folhas

O curso diário da temperatura das folhas e do ar para as diferentes alturas no período de ensaio, no interior da cultura, é mostrado nas Figuras 6, 7 e 8, correspondendo respectivamente aos níveis de 0,2H, 0,4H e 0,6H, construídas a partir das Tabelas 3 e 4. Nessas figuras estão incluídos os valores de vento percorrido, formação de orvalho, nascer e por do sol.

Verificou-se que os cursos da temperatura das folhas variam com o nível no interior da cultura. A temperatura das folhas variou entre os limites de $17,7^{\circ}\text{C}$ a $39,7^{\circ}\text{C}$, de $16,2^{\circ}\text{C}$ a $40,3^{\circ}\text{C}$ e $17,6^{\circ}\text{C}$ a $38,0^{\circ}\text{C}$ respectivamente para os níveis de 0,2H, 0,4H e 0,6H. Estes valores de temperatura são inferiores aos citados por KIRKPATRICK (1935), abrangem os obtidos por SANTOS et alii (1958) e são inferiores aos valores máximos registrados pela Seção de Climatologia Agrícola do Insti

Figura 7..Curso da temperatura da folha e do ar no nível de 0,4H.

Figura 8. Curso da temperatura da folhas e do ar no nível de 0,6H.

tuto Agrônômico de Campinas, citados por ORTOLANI (1973). Tais valores discordam da afirmativa de PRIESTLEY (1966), que admite o valor de 33°C como temperatura limite superior de plantas, uma vez que o balanço hídrico mostrava boa disponibilidade de água no solo, no período de ensaio, não se justificando a ocorrência de uma deficiência hídrica. Segundo ANSARI e LOOMIS (1959) estes valores são possíveis de ocorrer, uma vez que folhas murchas ou túrgidas apresentam um comportamento semelhante de variação de temperatura.

De maneira geral, a temperatura das folhas, durante o período noturno, foi menor que a do ar, confirmando constatações de SHAW (1954) e de SANTOS et alii (1958). Entretanto ocorreram momentos nos quais a temperatura das folhas se tornava maior ou igual a temperatura do ar, como consequência da formação de orvalho ou da cobertura do céu. Quando da formação de orvalho, ocorre liberação de calor latente, que provoca um incremento da temperatura das folhas, tornando-a maior que a temperatura do ar. Este fato pode ser observado no período de 10 a 11, nas Figuras 6, 7 e 8, onde os momentos de início de quatro formações consecutivas estão indicados através das setas. Estas alterações de temperatura, provocadas pela liberação do calor de condensação, foram verificadas anteriormente por NASCIMENTO (1973) em cultura de café. Embora na noite de 17 a 18 não tenha ocorrido orvalho, a temperatura das folhas, no período das 18 às 24 horas, Figuras 6, 7 e 8, suplantou a temperatura do ar. Isto se deve a ocorrência de densa nebulosidade, fato também observado por NOFFSINGER (1961).

A temperatura das folhas no período diurno permaneceu acima da do ar. Isto se deve ao fato da folha ser o

elemento receptor de energia solar. Verifica-se, nas Figuras 6, 7 e 8, a ocorrência de momentos nos quais a temperatura da folha torna-se menor que a do ar, devido a interceptação da radiação direta pela passagem de nuvens, também constatados por KIRKPATRICK (1935), SANTOS et alii (1958), ANSARI e LOOMIS (1959) e GATES (1962). É provável que a temperatura da folha permaneça acima da do ar enquanto o balanço de radiação for positivo, fato que normalmente se manifesta desde após o nascer até antes do ocaso do sol.

Figura 9. Temperaturas extremas da folha e do ar nos três níveis na cultura.

Comparando-se as temperaturas extremas no interior da cultura, verificou-se a seguinte ordem de grandeza: de crescente para as máximas, 0,4H, 0,2H e 0,6H tanto para a folha como para o ar; crescente para as mínimas, 0,4H, 0,6H e

0,2H para as folhas e 0,2H, 0,4H e 0,6H para o ar, conforme é mostrado na Figura 9.

6.1.2. Desvios da Temperatura das Folhas em Relação Temperatura do Ar

Com os dados das Tabelas 3 e 4, calculou-se os desvios da temperatura das folhas em relação à do ar, para os três níveis de observação, dos dois períodos de ensaio. Estes resultados estão pontuados na Figura 10.

De uma forma geral, os desvios comportaram-se de forma semelhante nos três níveis. A tendência dos desvios é de serem positivos durante o período diurno e negativos durante o noturno, o que concorda com as observações de SANTOS et alii (1958). No período noturno, os desvios negativos são maiores em condições de céu descoberto, como aconteceu no intervalo das zero às 04h00 do segundo período. Desvios menores foram observados sob condições de nebulosidade e de formação de orvalho, respectivamente, como os observados entre as 19h00 e 24h00 do segundo período e entre 21h30 às 05h00 do primeiro período, ocorrendo inclusive valores positivos de desvios, confirmando os trabalhos de SHAW (1954), NOFFSINGER (1961) e NASCIMENTO (1973).

No período diurno, a tendência dos desvios é acompanhar o curso diário da radiação solar global. Estes desvios são alterados pela passagem de nuvens, podendo inclusive ocorrer inversão nos sinais, como pode ser observado no segun

do período das 08h30 até as 16h00, concordando com GATES(1962) para outras culturas e KIRKPATRICK (1935) em cafezal.

Os valores extremos dos desvios para os períodos noturno e diurno, nos diferentes níveis e períodos de ensaio, estão contidos na Tabela 12. O máximo desvio positivo noturno foi de $+1,0^{\circ}\text{C}$ no nível de 0,2H, no primeiro período, à 01h00 quando a temperatura do ar era $19,7^{\circ}\text{C}$. O maior valor negativo para o período noturno foi de $-4,8^{\circ}\text{C}$ e ocorreu no nível de 0,4H, no segundo período à 01h00, quando a temperatura do ar era de $21,0^{\circ}\text{C}$. O máximo desvio positivo diurno foi de $+5,7^{\circ}\text{C}$ e ocorreu no nível de 0,2H, no segundo período às 15h30, quando a temperatura do ar era de $30,6^{\circ}\text{C}$. O máximo valor negativo foi de $-2,9^{\circ}\text{C}$ e ocorreu no nível de 0,4H, no segundo período às 11h30, quando a temperatura do ar era de $32,6^{\circ}\text{C}$. Estes desvios concordam com os valores constatados por ANSARI e LOOMIS (1959) para outras culturas e com KIRKPATRICK (1935) e SANTOS et alii (1958) para a cultura de café.

6.1.3. Relações entre a Temperatura das Folhas e do Ar

Os valores de temperatura das folhas e do ar, contidos nas tabelas 3 e 4, foram relacionados linearmente. Na tabela 13 encontram-se os valores do coeficiente linear, angular e de correlação, teste t e significância de "n" e desvio padrão da regressão, para aquelas equações para os três níveis.

Tabela 12. Temperatura do ar nos momentos em que a temperatura da folha (T_f) e a do ar (T_{ar}) foi extrema.

NÍVEL (H)	PERÍODO	NOTURNO			DIURNO		
		HORA	T_{ar} °C	$T_f - T_{ar}$ °C	HORA	T_{ar} °C	$T_f - T_{ar}$ °C
0,2 H	1ª	01h00	19,7	+1,0	---	---	---
		21h30	19,8	-1,0	08h00	23,6	-1,6
	2ª	22h30	23,4	+1,3	15h30	30,6	+5,7
		04h00	20,0	-2,3	16h00	35,2	-1,0
0,4 H	1ª	03h00	18,4	+0,5	---	---	---
		19h30	20,2	-1,3	18h30	22,2	-2,0
	2ª	22h30	23,2	+0,4	13h00	34,8	+5,5
		01h00	21,0	-4,8	11h30	32,6	-2,9
0,6 H	1ª	04h30	19,0	+0,5	---	---	---
		19h00	21,0	-1,1	18h30	22,4	-1,3
	2ª	22h00	24,2	+0,7	13h00	32,6	+5,4
		04h00	20,6	-3,0	11h30	30,6	-2,5

Tabela 13. Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste t e significância de "r", e desvio padrão da regressão para as regressões lineares entre a temperatura da folha e do ar nos três níveis de medição.

NÍVEL	$T_f = a + b \cdot T_{ar}$						
	n	a	b	r	t(r)	Sig "r"	Sy.x
0,2H	70	-3,5	1,17	0,97	33,7	1 %	1,33
0,4H	70	-2,6	1,09	0,97	32,3	1 %	1,44
0,6H	70	-4,0	1,17	0,97	30,7	1 %	1,37
0,2 a 0,6H	210	-3,2	1,13	0,97		1 %	1,44

Existe correlação estatisticamente significativa entre as temperaturas para os diferentes níveis de medição. Estes resultados concordam com LINACRE (1964), que mostrou a existência de relação linear entre estes parâmetros para diversas culturas. Os valores de "r" são iguais para os três níveis, mostrando que a temperatura da folha é igualmente correlacionada com a temperatura do ar na cultura.

A representação gráfica da temperatura das folhas e do ar, e das equações lineares de regressão entre estes dois parâmetros está mostrado na figura 11. As equações encon

Figura 11. Diagrama de dispersão da temperatura das folhas e do ar e equações lineares de regressão nos três níveis da cultura.

tradas interceptam a reta $y = x$. Acima da intersecção, a temperatura das folhas é maior que a do ar, e abaixo dela ocorre o inverso. Segundo LINACRE (1964) era de se esperar que a temperatura da folha fosse menor que a temperatura do ar acima do ponto de intersecção. Os dados obtidos revelam entretanto que acima deste ponto as temperaturas das folhas suplantaram as temperaturas do ar contrariando aquele autor. Os dados obtidos neste trabalho encontram fundamento no fato de que as superfícies receptoras de energia, folhas e solo, governam a temperatura do ar, aquecendo-se ou esfriando-se, e não o inverso.

O ponto de intersecção deveria ocorrer a 33°C segundo LINACRE (1964). Entretanto ocorreu nas temperaturas de $23,8^{\circ}\text{C}$, $29,8^{\circ}\text{C}$ e $23,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente para os níveis de 0,2H, 0,4H e 0,6H, mostrando que não apresenta um valor fixo pré-determinado, sendo função da temperatura média do ar e da temperatura média da folha, que variam conforme o nível no interior da cultura.

6.1.4. Relações entre as Diferenças da Temperatura das Folhas e do Ar e Vento Percorrido

Com os valores dos desvios da temperatura das folhas em relação a temperatura do ar, calculados a partir das tabelas 3 e 4 e com os dados do vento percorrido da tabela 5, pontuou-se a figura 12.

Verificou-se que os desvios, positivos e negativos, não mostraram relação com o vento percorrido. Isto mostra que a velocidade do vento não é fator predominante no estabele

Figura 12. Diagrama de distribuição dos desvios entre a temperatura das folhas e do ar em função do vento percorrido.

cimento dos desvios, sendo secundária sua importância. Segundo GATES (1965), SANTOS et alii (1958) e PRIESTLEY (1966) o fator determinante dos desvios é o balanço de radiação, o que também pode ser inferido na figura 11.

6.2. Temperatura do Ar no Cafezal

6.2.1. Curso Diário da Temperatura do Ar

O curso diário dos valores médios horários da temperatura do ar no cafezal, mostrado na figura 13, foi construído com os dados da tabela 7.

A temperatura do ar no cafezal não sombreado tem um curso diário semelhante ao curso diário obtido nos postos meteorológicos. Este comportamento também foi constatado por KIRKPATRICK (1935), COSTA e SCHRODER (1956) para café e MATTSSON (1961) para beterraba açucareira. A temperatura mínima ocorre entre 05 e 06 horas e a máxima entre 14 e 15 horas.

No período noturno, os maiores valores de temperatura do ar ocorrem de 0,6 a 0,8H, decrescendo em direção ao solo e ao topo das plantas. Durante o dia a região mais quente situa-se em torno de 0,4H, decrescendo pouco em direção ao solo e mais intensamente em direção ao topo das plantas.

O cruzamento do curso da temperatura nos diferentes níveis se dá no período da manhã entre 08 e 10 horas, e no período da tarde entre 16 e 18 horas. Resultados semelhantes foram obtidos por COSTA e SCHRODER (1965) em cultura de café, quando comparou as temperaturas de 0,2 m e 4,06 m. Estes

Figura 1.3. Curso diário dos valores médios horários da temperatura do ar no cafezal em cinco níveis de medição.

autores mostram os cruzamentos às 10 e 14 horas para um período chuvoso, e 10 e 16 horas para um período seco. Os intervalos de ocorrência das intersecções dos cursos de temperatura nos diferentes níveis englobam os dois momentos determinados por COSTA e SCHRODER (1956), pois estes autores só trabalharam com dois níveis.

Durante o período noturno, a temperatura no nível 0,2H é menor e durante o período diurno é maior que o nível de 1,0H. No período noturno, a diferença térmica entre os níveis é pequena e relativamente constante, enquanto que em torno do meio do dia a diferença é grande, e apresenta maior variação.

6.2.2. Sequência Espacial da Temperatura do Ar

A sequência espacial da temperatura média horária do ar no cafezal, elaborada a partir dos dados contidos na tabela 7, é apresentada na figura 14. Esta sequência se assemelha à mostrada por GEIGER (1965) para alcachofra em um dia de verão e por MATTSSON (1961) para a cultura de trigo na primavera.

A figura 14 mostra o caminhamento das isotermas no decorrer do dia no interior da cultura, bem como os momentos de ocorrência das temperaturas extremas. Ocorre um rápido incremento de temperatura entre às 07 e às 11 horas, atingindo uma variação de praticamente 10°C . Neste período as isotermas deslocam-se aproximadamente em paralelo, evidenciando um aquecimento semelhante em todos os níveis. No período entre às 11

Figura 14. Sequência espacial da temperatura média horária do ar ($^{\circ}\text{C}$) no cafezal.

e às 16 horas ocorre uma pequena variação de temperatura, de aproximadamente 3°C . As isolinhas tendem a forma elipsóides no interior da cultura, com os maiores valores junto aos níveis de 0,2 e 0,4H, evidenciando que nestes níveis ocorrem os maiores ganhos de energia, condicionando a região de maior aquecimento.

A localização da região de maior aquecimento aparentemente difere da encontrada por KIRKPATRICK (1935). Este autor constatou que, durante o dia, a temperatura do ar no topo das plantas de café foi em média 2°C maior que a 1,30 m no interior da cultura. A discordância se deve ao fato do cafezal por ele estudado ser plantado no espaçamento 2,4 x 2,4 m, que condiciona uma cultura fechada, de modo que o nível de maior recepção de energia localizar-se-á mais alto que no presente trabalho.

A partir das 16 horas, a temperatura sofre um rápido decréscimo até as 18 horas, ocorrendo uma variação de aproximadamente 5°C . Neste período as isoterms deslocam-se aproximadamente em paralelo, evidenciando um resfriamento semelhante em todos os níveis. Das 18 às 07 horas ocorre uma pequena e lenta variação de temperatura, da ordem de 4°C . Entre 23 e 24 horas as isoterms dão origem a um elipsóide, evidenciando que as menores temperaturas estão entre 0,2 e 0,4H, mostrando que esta região é a de maior perda de energia.

6.2.3. Sequência Diária dos Tautócronos Médios horá rios

A sequência diária dos tautócronos médios horá

rios construída a partir da tabela 7, é apresentada na figura 15.

A sequência obtida assemelha-se as mostradas por MATTSSON (1961) e CHANG (1971) para solo nu, GEIGER (1965) para solo nu, cana de açúcar e aveia e COSTA e SCHRODER (1956) para café.

A figura 15 mostra que as menores temperaturas ocorreram entre 04 e 06 horas e as maiores entre 14 e 15 horas, nos cinco níveis. No período mais frio do dia ocorre o perfil inverso de temperatura. A partir deste período, a temperatura do ar aumenta igualmente em todos os níveis até às 07 horas, porém persistindo a inversão. Entre às 07 e 08 horas, a medida que os raios solares vão penetrando no interior da cultura, nota-se um maior aquecimento nos níveis de 0,6H e 0,8H, causando um perfil inverso entre 0,2H e 0,6H e um perfil normal acima deste nível. Das 08 às 09 horas, ocorre um aquecimento em todos os níveis, sendo entretanto mais pronunciado no nível de 0,6H, e mantendo a mesma conformação do tautócrono da hora anterior. Entre 09 e 10 horas, a temperatura no nível de 0,2H torna-se maior que a 1,0H, persistindo um perfil inverso abaixo de 0,6H. Em torno das 11 horas, a região de maior aquecimento passa para 0,4H, e o perfil continua inverso abaixo deste nível.

Após as 11 horas, a região de maior aquecimento desloca-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 ocorre isoterminha entre os níveis de 0,2 e 0,4H. Embora a massa de ar no interior da cultura continue a sofrer um aque

Figura 15. Sequência diária dos tautócronos médios de temperatura do ar no cafezal.

cimento, tem início o aparecimento de uma leve inversão de temperatura entre os níveis de 0,2H e 0,4H. Depois das 15 horas, a massa de ar se resfria em todos os níveis, porém mais acentuadamente nos níveis mais próximos ao solo devido ao fato de que os raios solares não mais incidem diretamente no mesmo. Como consequência, a camada de inversão vai se pronunciando até às 16 horas no nível de 0,4H, até às 17 horas no nível de 0,6H, às 18 horas no nível de 0,8H. Entre 16 e 17 horas a temperatura no nível de 0,2H, torna-se menor que a 1,0H.

A partir das 18 horas o ar se resfria como um todo, mantendo entretanto a forma do perfil, mais quente no nível de 0,8H. Esta situação persiste até às 24 horas, com uma pequena taxa de queda de temperatura. Após às 24 horas, embora o ar continue se resfriando, existe uma pequena variação de temperatura entre os diferentes níveis, predominando um tênue perfil inverso, com a tendência dos maiores valores ocorrerem no nível de 1,0H.

A maior amplitude média ocorreu no nível de 0,4H, com um valor de $13,2^{\circ}\text{C}$, decrescendo para $13,1^{\circ}\text{C}$ no nível de 0,2H e $12,1^{\circ}\text{C}$, $11,4^{\circ}\text{C}$ e $9,9^{\circ}\text{C}$, respectivamente para 0,6 H, 0,8H e 1,0H.

6.2.4. Perfis Verticais de Temperatura Média Diária

A figura 16 representa os perfis verticais médios diários da temperatura do ar no cafezal, construídos através dos valores da tabela 8. Para traçar estes perfis, adotou-se o nível 1,0H como referência e calculou-se os desvios dos

Figura 16. Perfis verticais de temperatura do ar média diária e média de ensaio ($^{\circ}\text{C}$) na cul tura em relação à temperatura no nível 1,0H.

outros níveis em relação a êle.

A comparação entre os perfis revela que ocorreu um perfil inverso entre os níveis de 0,2H e 0,4H em todos os dias do período de ensaio. Entre os níveis de 0,4H e 0,6H verificou-se 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 0,6H e 0,8H 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 0,8H e 1,0H o gradiente foi sempre positivo com exceção de um único dia.

Do ponto de vista médio do ensaio, as frequências de gradiente vertical de temperatura estão resumidos na tabela 14. Infere-se desta tabela que predominam os gradientes

Tabela 14. Frequência de ocorrência diária dos gradientes verticais de temperatura do ar na cultura

NÍVEL	POSITIVO		NEUTRO		NEGATIVO	
	nº dias	%	nº dias	%	nº dias	%
0,2H - 0,4H	0	0	0	0	13	100
0,4H - 0,6H	3	24	5	38	5	38
0,6H - 0,8H	7	54	2	15	4	31
0,8H - 1,0H	12	92	0	0	1	8

negativos entre os níveis de 0,2 e 0,4H, com 100% de frequência; neutro ou negativo, entre os níveis de 0,4 e 0,6H com 38% de frequência cada e positivo entre os níveis de 0,6 a 1,0H com uma frequência de 54% e 92%, respectivamente, entre os níveis 0,6-0,8H e 0,8-1,0H. De uma maneira geral, os gradientes são inversos abaixo de 0,4H, normais acima de 0,6H e neutros ou negativos na parte média das plantas.

6.2.5. Análise de Variância da Temperatura Média Diária do Ar

A análise de variância dos valores de temperatura média diária do ar, contidos na tabela 8, é mostrada na tabela 15.

Tabela 15. Análise de variância da temperatura média diária do ar na cultura.

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	SIG
Tratamentos (níveis)	4	2,52	0,63	16,83	5%
Blocos (dias)	12	871,29	72,61	1936,86	5%
Resíduo	48	1,80	0,04		
TOTAL	64	875,61			

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 da tabela 8, pelo teste de DUNCAN ao nível de 5% de probabilidade, mostrou que os 13 dias de ensaio englobaram 8 condições térmicas estatisticamente diferentes conforme é mostrado na tabela 16. A comparação das temperaturas médias nos cinco níveis mostrou que não há diferença significativa entre os níveis de 0,4 a 0,8H e que estes valores diferem dos obtidos nos níveis de 0,2 e 1,0H. 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 tampo da planta

6.2.6. Perfis Verticais de Temperatura Máxima Diária do Ar

Os perfis verticais de temperatura máxima diária do ar, construídos a partir da tabela 9, estão representados na figura 17.

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 das temperaturas máximas, calculada da tabela 9, mostra que os maiores

Tabela 16. Comparação dos valores médios e extremos diários de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) na cultura, pelo teste de DUNCAN ao nível de 5% de probabilidade.

MÉDIAS E EXTREMAS	TEMPERATURA DO AR ($^{\circ}\text{C}$)													
	T_{cm}	T_{cx}	T_{cn}	T_{cf}	T_{ce}	T_{cxn}								
	26,4	25,9	25,5	25,0	24,8	22,7	22,6	22,6	22,2	22,0	22,0	17,6	12,4	
	35,3	35,0	34,6	34,3	32,6	30,8	30,7	30,3	30,3	30,1	29,8	27,4	21,4	
	21,6	20,6	20,0	19,0	18,3	17,9	17,6	17,6	17,6	17,5	17,4	14,5	6,6	
	26,2	25,2	25,1	25,0	23,8	23,3	22,6	22,5	22,4	22,2	22,1	18,5	11,8	
	25,5	25,4	25,3	25,0	23,7	23,5	22,9	22,7	22,7	22,5	22,0	16,5	11,4	
	28,1	27,8	27,7	26,7	25,3	24,2	24,2	24,1	24,0	23,8	23,8	21,0	14,0

Figura 17. Perfis verticais de temperatura máxima diária do ar na cultura.

valores ocorreram no nível de 0,2H na proporção de 50%; 44% e 6% ocorreram respectivamente para os níveis 0,4H e 0,6H. Valores de segunda ordem ocorreram em 44% dos dias no nível 0,4H, 38% no nível de 0,2H, 12% no nível de 0,8H e 6% no nível de 0,6H. Valores de terceira ordem na proporção de 70%, 15% e 15%, respectivamente nos níveis 0,6H, 0,4H e 0,2H. Valores de quarta ordem ocorreram 85% no nível 0,6H. Os menores valores de temperatura máxima ocorreram, em todos os dias, no nível de 1,0H.

Em ordem crescente de grandeza, as maiores temperaturas máximas tem maior frequência de ocorrência nos níveis 0,8H, 0,6H, 0,4H e 0,2H, mostrando em termos médios, um incremento positivo nas temperaturas máximas no sentido de 1,0H para 0,2H.

6.2.7. Análise de Variância da Temperatura Máxima Diária do Ar

A análise de variância dos valores diários de temperatura máxima do ar, contidos na tabela 9, é mostrada na tabela 17.

A significância entre blocos mostra que os perfis diários de temperatura máxima deferiram entre si, fato que também pode ser inferido na figura 17. A comparação das médias dos blocos entre si, pelo teste de DUNCAN, mostra que ocorreram 7 condições estatisticamente distintas de temperatura máxima média diária do ar na cultura, conforme mostra a tabela 16.

Tabela 17. Análise de variância da temperatura máxima diária do ar na cultura.

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	SIG
Tratamentos (níveis)	4	99,07	24,77	83,16	5%
Blocos (dias)	12	841,67	70,14	235,50	5%
Resíduo	48	14,30	0,30		
TOTAL	64	955,04			

A significância de tratamentos 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 0,4H e estes diferem dos demais níveis. Para o período de ensaio, as temperaturas máximas médias diárias foram $32,2^{\circ}\text{C}$ para a região entre os níveis 0,2H a 0,4H, $31,3^{\circ}\text{C}$ para o nível de 0,6H, $30,5^{\circ}\text{C}$ para o nível de 0,8H e $28,8^{\circ}\text{C}$ para o tôpo da planta.

6.2.8. Perfis Verticais de Temperatura Mínima Diária do Ar

Os perfis verticais de temperatura mínima diária do ar, construídos a partir da tabela 9, estão representados na figura 18.

Figura 18. Perfis verticais de temperatura mínima diária do ar na cultura.

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 da ordem de ocorrência daquela temperatura nos diferentes níveis. Contudo, em termos médios, os valores mais baixos de temperatura mínima de primeira e segunda ordem, ocorreram nos níveis 0,2 e 0,4H na mesma frequência. Valores de terceira ordem de grandeza ocorreram no nível de 0,6H. Os de quarta ordem, no nível de 1,0H. Valores de quinta ordem ocorreram no nível de 0,8H.

Em ordem crescente de grandeza, as temperaturas mínimas tiveram maior frequência de ocorrência nos níveis de 0,2 e 0,4H, 0,6H, 1,0H e 0,8H.

6.2.9. Análise de Variância da Temperatura Mínima Diária do Ar

A análise de variância dos dados de temperatura mínima diária do ar, contidos na tabela 9, é mostrada na tabela 18.

Tabela 18. Análise de variância da temperatura mínima diária do ar na cultura.

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	SIG
Tratamentos (níveis)	4	1,41	0,35	7,50	5%
Blocos (dias)	12	812,09	67,67	1435,95	5%
Resíduo	48	2,26	0,05		
TOTAL	64	815,77			

A significância entre blocos indica que os perfis diários de temperatura mínima diferiram entre si. A comparação das médias dos blocos entre si, pelo teste de DUNCAN, mostra que ocorreram 9 condições estatisticamente distintas de temperatura mínima média diária do ar na cultura, conforme é mostrado na tabela 16.

A significância dos tratamentos mostra que as diferenças de temperatura mínima no perfil vertical são estatisticamente significante. A comparação da distribuição vertical de temperatura mínima, pelo teste de DUNCAN, mostra que os valores não diferiram entre os níveis 0,8H, 1,0H e 0,6H; entre os níveis 1,0H, 0,6H e 0,4H e entre os níveis 0,6H, 0,4H e 0,2H, 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 0,8H e diminuindo em direção a 1,0H. A temperatura mínima média do ensaio foi 17,2°C

e $17,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente nos níveis 0,2H e 0,8H.

6.2.10. Estimativa da Temperatura Média Diária do Ar na Cultura

A tabela 10 mostra os valores de temperatura mé dia diária do ar, nos cinco níveis na cultura, calculados uti lizando os modelos do Serviço Nacional de Meteorologia, Insti tuto Agrônômico de Campinas e temperaturas extremas.

Para cada sistema de cálculo da temperatura mé dia do ar, confeccionou-se uma análise de variância semelhante aquela realizada para a temperatura média verdadeira, descrita em 6.2.5. A separação, pelo teste de DUNCAN, das médias dos blocos (dias) está mostrada na tabela 16 e das médias dos tra tamentos (níveis) na tabela 19.

Tabela 19. Comparação entre a temperatura média diária do ar nos cinco níveis na cultura, pelo teste de DUNCAN ao nível de 5% de probabilidade.

MÉDIAS	TEMPERATURA DO AR ($^{\circ}\text{C}$)				
T_{cm}	22,6	22,6	22,5	22,3	22,1
T_{cf}	22,6	22,6	22,4	22,4	21,9
T_{ce}	22,4	22,4	22,3	22,2	21,9
T_{cxn}	24,7	24,7	24,4	24,0	23,2

Tabela 20. Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância d "r" e desvio padrão, para as regressões lineares entre os valores estimados e verdadeiros da temperatura média do ar na cultura.

y (°C)	x (°C)	NÍVEL	y = a + b . x					
			r	a	b	t(r)	sig	Sy.x
T_{cm}	T_{cf}	0,2 H	0,99	0,66	0,97	21,6	1 %	0,60
		0,4 H	0,98	-0,22	1,01	18,4	1 %	0,71
		0,6 H	0,98	-0,03	1,00	16,5	1 %	0,77
		0,8 H	0,99	-0,70	1,03	24,4	1 %	0,56
		1,0 H	0,99	-0,53	1,03	22,5	1 %	0,58
T_{cm}	T_{ce}	0,2 H	0,98	1,58	0,93	17,8	1 %	0,73
		0,4 H	0,97	1,56	0,94	13,2	1 %	0,96
		0,6 H	0,98	2,35	0,91	15,2	1 %	0,83
		0,8 H	0,98	1,62	0,93	18,7	1 %	0,72
		1,0 H	0,99	1,43	0,95	20,8	1 %	0,62
T_{cm}	T_{cxi}	0,2 H	0,99	-2,48	1,00	20,3	1 %	0,64
		0,4 H	0,98	-2,15	1,00	18,8	1 %	0,69
		0,6 H	0,98	-1,50	0,99	16,6	1 %	0,76
		0,8 H	0,98	-2,69	1,05	17,5	1 %	0,77
		1,0 H	0,98	-2,37	1,06	17,9	1 %	0,72

Pela tabela 16 verifica-se que os modelos de cálculo discriminaram diferentemente as diversas condições térmicas. Esta ocorreu tanto no número de condições quanto no agrupamento dos dias. Pela tabela 19 verifica-se que o mesmo ocorreu quando se compararam as condições térmicas nos diferentes níveis. Isso mostra que as médias estimadas tiveram comportamento diferente do da média verdadeira.

Com as tabelas 8 e 10 calcularam-se os desvios entre os valores estimados em relação ao valor verdadeiro, cujos histogramas estão apresentados na figura 19.

Verifica-se, para a maioria dos dias, que as temperaturas médias estimadas sobre estimaram o valor verdadeiro e os desvios diminuíram do nível de 0,2H para o nível de 1,0H. Dentre estes, o método das temperaturas extremas apresentou os maiores desvios, cujos valores foram positivos.

Os resultados da análise de regressão linear entre as temperaturas médias estimadas e a temperatura média verdadeira estão contidos na tabela 20. As equações obtidas foram significantes ao nível de 1% de probabilidade, indicando que os dois parâmetros estão estreitamente correlacionados. Estas equações 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.

Figura 19. Histogramas dos desvios entre os valores estimados e verdadeiros da temperatura média do ar na cultura.

6.3. Relações de Temperatura do Ar entre o Posto Meteorológico e a Cultura

6.3.1. Temperaturas Médias

Com as tabelas 8 e 11 calcularam-se os desvios entre os valores do posto em relação aos valores verdadeiros na cultura, cujos histogramas são apresentados na Figura 20.

Constatou-se que quando se utiliza as temperaturas extremas do posto para o cálculo das médias, ocorrem os maiores desvios, cujos valores são sempre positivos. Neste sistema de cálculo, a temperatura média no posto mostra-se sempre superior a temperatura verdadeira na cultura em todos os níveis. Quando se emprega o modelo de cálculo do IAC, os desvios entre o posto e a cultura são menores que no caso anterior, predominando os desvios positivos nos níveis de 0,2H, 0,4H e 1,0H, e os negativos nos níveis 0,6H e 0,8H. Portanto, a temperatura do posto mostra-se menor que a temperatura da cultura na parte média, e maior nas regiões da saia e tampo da planta. Os desvios entre as temperaturas estimadas no posto, pelos modelos do IAC e DEMET e os valores verdadeiros na cultura diferem muito pouco. Quando se usa o sistema de cálculo do DEMET, ocorrem o predomínio dos desvios positivos nos níveis de 0,2 e 1,0H, e negativos na região de 0,4 a 0,8H. Isto indica que a temperatura no posto mostra-se maior que o valor verdadeiro na saia e topo da planta e menor nos demais níveis.

A variação do comportamento dos desvios entre a temperatura estimada no posto, pelos diferentes métodos, e a temperatura verdadeira na cultura mostra que não é possível a

Figura 20. Histogramas dos desvios das temperaturas do ar mé dias diárias, calculados a partir de observações no posto meteorológico, em relação à temperatura do ar média verdadeira, em cinco níveis na cultura.

simples transferência de valores, mas evidencia que pode existir uma relação entre estas temperaturas.

Os resultados da análise de regressão linear das temperaturas médias estimadas no posto meteorológico e a temperatura média verdadeira na cultura estão contidos na tabela 21. Os valores dos coeficientes de correlação são estatisticamente significantes indicando que a condição microclimática está bastante correlacionada com a condição macroclimática. Estas equações permitem estimar a temperatura média verdadeira do ar no interior da cultura, em diferentes níveis, através das temperaturas do ar comumente lidas nos postos meteorológicos.

6.3.2. Temperaturas Extremas

Com as tabelas 9 e 11 calcularam-se os desvios entre os valores das temperaturas na cultura em relação ao posto meteorológico, cujos histogramas estão apresentados na figura 21.

Verifica-se que 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 do posto superou a da cultura neste último nível. Para o nível de 1,0H, as temperaturas da cultura foram superiores às do posto em quatro dias e inferiores nos outros nove dias. Assim, a temperatura máxima diária atinge maiores valores na cultura que no posto meteorológico, com exceção do topo das plantas que tende a apresentar valores menores.

Tabela 21. Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância d "r" e desvio padrão para as regressões lineares entre a temperatura média verdadeira na cultura e as temperaturas médias no posto meteorológico segundo os modelos do DEMET, IAC e temperaturas extremas.

y (°C)	x (°C)	NÍVEL	y = a + b . x					
			r	a	b	t(r)	sig	Sy.x
T _{cm}	T _{pf}	0,2 H	1,00	-0,46	1,015	45,5	1,0%	0,29
T _{cm}	T _{pf}	0,4 H	1,00	-0,28	1,017	44,5	1,0%	0,30
T _{cm}	T _{pf}	0,6 H	1,00	-0,37	0,993	39,7	1,0%	0,32
T _{cm}	T _{pf}	0,8 H	0,99	-1,16	1,056	29,8	1,0%	0,46
T _{cm}	T _{pf}	1,0 H	0,99	-0,56	1,010	28,7	1,0%	0,45
T _{cm}	T _{pe}	0,2 H	0,99	1,27	0,939	19,0	1,0%	0,68
T _{cm}	T _{pe}	0,4 H	0,98	1,44	0,942	19,2	1,0%	0,68
T _{cm}	T _{pe}	0,6 H	0,99	1,95	0,923	21,7	1,0%	0,59
T _{cm}	T _{pe}	0,8 H	0,99	0,48	0,985	22,2	1,0%	0,61
T _{cm}	T _{pe}	1,0 H	0,98	1,10	0,938	18,4	1,0%	0,70
T _{cm}	T _{pxn}	0,2 H	0,99	-1,10	0,980	23,0	1,0%	0,57
T _{cm}	T _{pxn}	0,4 H	0,99	-0,94	0,983	23,3	1,0%	0,56
T _{cm}	T _{pxn}	0,6 H	0,99	-0,23	0,958	20,9	1,0%	0,61
T _{cm}	T _{pxn}	0,8 H	0,98	-1,70	1,015	16,9	1,0%	0,80
T _{cm}	T _{pxn}	1,0 H	0,98	-1,13	0,983	17,6	1,0%	0,73

$$DESVIO = T_c - T_p$$

Figura 21. Histogramas dos desvios de temperaturas extremas na cultura em relação ao posto meteorológico.

Observa-se que 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. Dessa forma, as temperaturas mínimas ocorridas na cultura são de valores menores que as observadas no posto.

Tabela 22. Coeficiente linear (a), angular (b) e de correlação (r), teste "t" e significância de "r" de desvio padrão para as regressões lineares entre as temperaturas extremas diárias observadas na cultura e no posto meteorológico.

y (°C)	x (°C)	NÍVEL	y = a + b . x					
			r	a	b	t(r)	sig	sy.x
T _{cx}	T _{px}	0,2 H	0,98	4,03	0,954	14,8	1,0%	0,88
T _{cx}	T _{px}	0,4 H	0,98	3,62	0,969	17,6	1,0%	0,75
T _{cx}	T _{px}	0,6 H	0,98	4,14	0,923	14,8	1,0%	0,85
T _{cx}	T _{px}	0,8 H	0,95	3,32	0,922	10,1	1,0%	1,24
T _{cx}	T _{px}	1,0 H	0,97	2,95	0,880	12,4	1,0%	0,97
T _{cn}	T _{pn}	0,2 H	0,99	-0,50	0,969	22,8	1,0%	0,56
T _{cn}	T _{pn}	0,4 H	0,99	-0,45	0,968	24,3	1,0%	0,53
T _{cn}	T _{pn}	0,6 H	0,99	-0,24	0,965	23,8	1,0%	0,53
T _{cn}	T _{pn}	0,8 H	0,99	-0,27	0,976	29,5	1,0%	0,44
T _{cn}	T _{pn}	1,0 H	0,99	0,57	0,958	27,7	1,0%	0,43

Desde que os desvios são positivos para a temperatura máxima e negativos para a temperatura mínima na cultura em relação ao posto, as amplitudes térmicas diárias são maiores na cultura. Considerando as variações dos desvios com a aitura da cultura, a amplitude térmica diária aumenta do topo em direção a saia das plantas.

Os resultados da análise de regressão linear entre as temperaturas extremas observadas na cultura e no posto meteorológico estão inseridos na tabela 22. Todas as equações mostram-se significantes ao nível de 1% de probabilidade, indicando que os dois parâmetros estão bastante correlacionados. Estas equações permitem estimar as temperaturas extremas diárias na cultura, em função dos valores observados no posto meteorológico.

7. CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho, em cafezal Mundo Novo cujas linhas tem orientação norte-sul e exposição oeste, plantado em terra roxa estruturada, com declividade de 8% em Botucatu-SP, permitiu chegar-se às seguintes conclusões:

7.1. Sobre a Temperatura das Folhas

a) A temperatura das folhas do cafeeiro, é maior que a do ar circundante durante o período diurno e menor no período noturno. Inversões podem ocorrer em consequência da formação de orvalho e cobertura do céu.

b) A temperatura das folhas do cafeeiro depende da altura destas na cultura.

c) A maior temperatura máxima de folha e a menor temperatura mínima ocorreram no nível correspondente a 40% da altura média das plantas.

d) A temperatura das folhas pode ser estimada

a partir da temperatura do ar circundante na cultura, através de equações lineares de regressão.

c) O vento percorrido não se mostrou importante no estabelecimento dos desvios entre a temperatura das folhas e do ar.

7.2. Sobre a Temperatura do Ar no Cafezal

a) O curso diário da temperatura do ar na cultura é semelhante ao curso diário da temperatura do ar num posto meteorológico.

b) A temperatura do ar na cultura aumenta com a altura durante a noite e diminui durante o dia. As inversões dos gradientes ocorrem das 08 às 10 horas e das 16 às 18 horas.

c) A região da cultura onde ocorre o maior aquecimento e o maior resfriamento, abrange os níveis de 20% a 40% da altura das plantas.

d) A amplitude térmica diária decresce com a altura.

e) Os gradientes verticais médios diários de temperatura são inversos abaixo de 40% da altura das plantas, normais acima de 60% e neutros ou negativos na parte média das plantas.

f) A temperatura média diária do ar na cultura varia com a altura.

g) A temperatura máxima diária do ar na cultura decresce com a altura.

h) A temperatura mínima diária do ar na cultura cresce com a altura.

i) A temperatura do ar média diária verdadeira na cultura pode ser estimada, através de equações lineares de regressão, em função da temperatura média, calculada pelos modelos do DEMET, IAC ou das temperaturas extremas, a partir de temperatura do ar efetuadas na cultura.

7.3. Sobre as Relações da Temperatura do Ar entre o Posto Meteorológico e a Cultura

a) A temperatura do ar média diária verdadeira na cultura, pode ser estimada através de equações lineares de regressão, em função da temperatura média calculada pelos modelos do DEMET, do IAC ou das temperaturas extremas, a partir de leituras de temperatura do ar efetuadas no posto metecrológico.

b) As temperaturas do ar extremas diárias na cultura, podem ser estimadas através de equações lineares de regressão, em função das leituras de temperaturas realizadas no posto meteorológico.

8. SUMMARY

This paper studies leaf and air thermal regimes in a coffee crop, with the end to achieve thermal relationships between the crop and a meteorological station.

Coffee leaf temperature was measured at three levels, by copper-constantan thermocouples, inserted in the dorsal face nervure of the leaves. Air temperature was measured, at five levels, by ventilated psychrometers, using mercury thermometers.

Coffee leaf temperature was higher than the surrounding air during the day and lower during the night. It may be evaluated from air temperature through linear regression equations.

Air temperature in the crop increased with height during the night and decreased during the day. Gradient inversions occurred between 08 and 10 hours and between 16 and 18 hours.

The crop region where heating was highest and

cooling was lowest involved the levels from 20% to 40% of plants height.

In a daily basis, mean air temperature decreased with height in the crop, maximum air temperature decreased and minimum air temperature increased. As a result, thermal amplitude decreased with height.

True daily mean air temperature in the crop may be evaluated, through linear regression equations, in function of mean temperature calculated by DEMET, IAC or extreme temperatures models, from temperature observations in the crop or in the meteorological station.

9. LITERATURA CITADA

ALVIM, P. e J.R. HAVIS, 1954. An improved infiltration series for studying stomatal opening as illustrated with coffee. Plant. Physiol. Lancaster, 29: 97-98.

ANSARI, A.Q. e W.E. LOOMIS, 1959. Leaf temperatures. American Journal of Botany. Lancaster, 46: 713-717.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia, 1969. Normais Climatológicas. Rio de Janeiro, 74p. Vol. IV.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1969. Carta do Brasil. Rio de Janeiro. Folha SF-22-R-IV-3.

BURKHOLDER, P.R., 1936. The role of light in the life of plants. Bot. Rev. Lancaster, 2: 1-52, 97-172.

CHANG, J.H., 1971. Climate and Agriculture. 2ª Ed., Chicago. Aldine Publishing Company. 304 p.

- COSTA, A.L. e R. SCHRODER, 1956. O microclima em cafezais não sombreados no Estado de São Paulo. Instituto Agronômico de Campinas. Campinas. 131 p. (1ª parte).
- GATES, D.M., 1965. Heat transfer in plants. Scientific American. 213: 76-84.
- GEIGER, R., 1965. The climate near the ground. 4ª Ed. Cambridge Harvard University Press. 611 p.
- GODOY, H., 1957. Anuário Meteorológico. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. Instituto Agronômico, Campinas. 85 p.
- GOMES, F.P., 1966. Curso de Estatística Experimental. 3ª Ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 404 p.
- GRANER, E.A., 1966. Estatística. 2ª Ed. São Paulo. Edições Melhoramentos. 183 p. (Biblioteca Agronômica Melhoramentos).
- HEAT, O.V.S. e B. ORCHARD, 1957. Midday closure of stomata temperature effects on the minimum intercellular space carbon dioxide concentration. Nature. London, 180: 180 - 182.
- IDLE, D.B., 1968. The measurement of apparent surface temperature. In: WADSWORTH, R.M., coord. The measurement of environmental factors in terrestrial ecology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 47-57.

KIRKPATRICK, T.W., 1935. The climates and eco-climates of coffee plantations. Amani, Tanganyika. East African Agriculture Research Station. 66 p. (Studies on the ecology of coffee plantations in East African, 1).

LINACRE, E.T., 1964. A note on feature of leaf and air temperatures. Agr. Meteorol., Amsterdam, 1: 66-72.

MAESTRI, M. e R. BARROS, 1975. Ecophysiology of Arabica Coffee. In: ALVIN, P.T., coord. Ecophysiology of tropical crops. Bahia, Communication Division of CEPLAC. Vol. II, p. 1-36.

MATTSSON, J.O., 1961. Microclimatic observations in and above cultivated crops. Lund Studies in Geography. Sweden, The Royal University of Lund. 117 p. (Sér. A. Physical Geography, nº 16).

MOTA, F.S., 1975. Meteorologia Agrícola. São Paulo, Editora Nobel. 376 p. Biblioteca Rural.

NASCIMENTO, F.J.L., 1973. Estimativa da Formação de Orvalho e Molhamento Foliar em Cafezal (Coffea arabica L.) Não Sombreado. Botucatu, FCMBB/UNESP. 125 p. (Tese de Doutoramento).

NOFFSINGER, T.L., 1961. Leaf and air temperature under Hawaii conditiones. Pacific Science. Honolulu, 40: 304-306.

- NUNES, M.A., J.F. BIERHUIZEN, e C. PLOEGMAN, 1968. Studies on the productivity of coffee. I. Effect of light, temperature and CO₂ concentration on photosynthesis of Coffea arabica. Acta Bot. Neerl. Amsterdam, 18: 420 - 424.
- ORTOLANI, A.A., 1973. Contribuição ao Estudo Ecológico da Ferugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk et Br.) em diferentes populações de Coffea arabica L. da Região de Pindorama-SP, Brasil. Botucatu, FCMBB/UNESP, 91p. (Tese de Doutorado).
- PRIESTLEY, C.H.B., 1966. The Limitation of Temperature by Evaporation in hot Climates. Agr. Meteorol. Amsterdam, 3: 241-246.
- ROBLEDO, A.J., 1975. El perfil del viento en cafetales al sol. Cenicafé. Colombia, 27(3): 143-147.
- SANTOS, J.M., E. SALATI e W.R. ACCORSI, 1958. Relatório preliminar das pesquisas realizadas em Campos do Jordão em julho de 1958 relativas ao fenômeno geada e sua influência em mudas de cafeeiros e anexos. Campinas, Instituto Agrônômico. mimeografado.
- SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1975. Cultura de Café. Campinas. Ed. CATI, 82 p.

SETZER, J., 1946. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo. Separata atualizada do Boletim "D.E. R.", vols. IX a XI, outubro de 1943 a outubro de 1945. Escolas Profissionais Salesianas. 239 p.

SHAW, R.H., 1954. Leaf and air temperatures under freezing conditions. Plant. Physiology. Lancaster, 29: 102-104.

TOSIN, W.A.C., C.R. ESPINDOLA, A.A. PACCOLA e J.L.G. SOUZA. 1973. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental Lageado. Boletim Científico do Departamento de Agronomia e Geologia da F.C.M.B.B. Botucatu, ano 1, nº 1, 50 p.

TUBELIS, A., F.J.L. NASCIMENTO e L.L. FOLCNI, 1975. Parâmetros climáticos de Botucatu - Precipitação e Temperatura do Ar. In: SANTOS, A.J., F.A. DOMINGUES e J.R. PEREIRA. Ed. BOTUCATU-75, Botucatu. p. 14-15.

WEAST, R.C., 1968/69. Handbook of Chemistry and Physics. 49 Ed. Cleveland, The Chemical Rubber Co. p. E 109.