ESTUDO DO CALOR SENSIVEL E LATENTE
NO INTERIOR DE UMA CULTURA
DE MILHO (*Zea mays*, L.)

PAULO CESAR ESPINDOLA FROTA
engenheiro-agrônomo
Pesquisador da EMBRAPA

Orientador : AFONSO DECICO

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agrometeorologia,

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1978

Aos meus pais, pela formação moral e
intelectual que me concederam,

a minha G R A T I D ã O

À minha esposa Elisabeth,
e aos nossos filhos

Fábio e
Adriana,

D E D I C O

A G R A D E C I M E N T O S

Prof. Dr. A. Decico

pelo irrestrito apoio e dedicação na
orientação deste trabalho.

Prof. Dr. J. Marden dos Santos

Prof. Dr. N.A. Villa Nova

Prof. Dr. J.C. Ometto

Prof. Dr. K. Reichardt

pelos ensinamentos e dedicação proporcionados
durante o Curso de Agrometeorologia.

Engº Agrº L. Grodzki

Engº Agrº B.I. Ide

Engº Agrº I.A.S. Alberio

Engº Agrº J.S. Lemos

pela colaboração nos trabalhos de campo.

EMBRAPA

FAPESP

IAC

pelo apoio financeiro e instrumental
oferecido.

Aos colegas de curso e funcionários pelo ambiente de amizade
e colaboração.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1. Materiais	14
4.1.1. Caracterização das condições do experimento	14
4.1.1.1. Local	14
4.1.1.2. Solo	15
4.1.1.3. Cultura	15
4.1.1.4. Dados Pluviométricos	16
4.1.2. Instrumental	16
4.1.2.1. Anemômetros	16
4.1.2.2. Psicrômetros	16
4.1.2.3. Equipamento utilizado para a estimativa do sombreamen- to do solo	18
4.1.2.4. Equipamento de medida de orien- tação do plano das plantas ..	18
4.2. Métodos	18
4.2.1. Determinação dos parâmetros microme- teorológicos	18
4.2.1.1. Determinação de $\underline{d}$	19
4.2.1.2. Determinação de U_{*} e Z_0	20
4.2.2. Determinação de fontes e sorvedouros de calor e vapor d'água no interior da cultura	20

4.2.3. Delineamento experimental	22
4.2.3.1. Tratamentos	22
4.2.4. Técnica de plantio	23
4.2.5. Determinação da orientação do plano das folhas	24
4.2.6. Determinação da porcentagem de som- breamento do solo	24
4.2.7. Determinação do índice de área fo- liar	24
4.2.8. Estimativa da produção	25
4.2.9. Época e condições das observações	25
4.2.10. Medidas das temperaturas	25
4.2.11. Medidas da velocidade do vento	26
5. RESULTADOS	27
5.1. Comportamento da cultura	27
5.2. Perfis de vento no interior e acima da cultura	31
5.3. Perfis de temperaturas e tensões de vapor d'água no interior da cultura	39
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
6.1. Comportamento da cultura	52
6.2. Perfis de vento	54
6.3. "Deslocamento do plano zero" d, e altura da rugosidade Z_0	54
6.4. Perfis de temperaturas e tensões de vapor d'água no interior da cultura	55
6.5. Localização das fontes e sorvedouros de calor e vapor d'água	56
7. CONCLUSÕES	59
8. SUMMARY	61
9. LITERATURA CITADA	62

1. RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal fornecer informações básicas sobre o microclima e sua variação no interior de uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), variedade Cargil 111, pelo estudo do comportamento dos fluxos de calor sensível e calor latente.

A análise dos dados experimentais possibilitou a determinação das zonas de fonte e sorvedouro de calor sensível e calor latente, bem como as variações que se procederam no posicionamento e na intensidade dessas fontes e sorvedouros nos diferentes tratamentos, decorrentes das modificações introduzidas na técnica de plantio (orientação das plantas e espaçamento).

Foram observadas também, variações no desenvolvimento da área foliar, no porte das plantas e na produtividade nos três tratamentos estudados. Com as técnicas introduzidas foram obtidos aumentos na produtividade dos tratamentos 1 e 2 (plantio orientado), de 33,3 e 41,4% respectivamente, em

relação ao tratamento 3 (plantio tradicional), evidenciando, que a variação no microclima, provocou reações no comportamento das plantas no tocante a aumento de produtividade.

2. INTRODUÇÃO

Na natureza são encontradas associações entre animais e plantas mantendo relações alimentares, e dessa maneira subsistem: uns produzem alimentos, outros os consomem, e, outros ainda os decompõem, formando uma cadeia trófica em que todos os elementos são importantes na manutenção do equilíbrio ecológico. O rompimento de um elo nessa cadeia pode acarretar um desequilíbrio ecológico, que poderá vir a ser irreversível.

A população mundial vem crescendo em ritmo cada vez mais acelerado, e com isto se faz necessário aumentar substancialmente a produção de alimentos, para que assim, essa população possa ser convenientemente alimentada. Contudo, os recursos naturais não são ilimitados, havendo necessidade de se melhorar a tecnologia de produção, a fim de serem evitadas constantes ampliações nas fronteiras agrícolas.

Os cientistas e autoridades mundiais já se deram conta de que a atual tecnologia de exploração agrícola está prejudicando o ambiente, tendo em vista a poluição do solo,

da água e do ar, pelo uso excessivo de fertilizantes e defensivos, o que põe em sério risco o equilíbrio ecológico, pois pode-se constatar que, de fato, o meio ambiente exerce uma influência sobre os seres vivos (ação), esses últimos em contrapartida, influenciam o meio (reação) e os próprios organismos influenciam-se entre si (coação).

É pensamento entre agricultores menos esclarecidos, e até mesmo entre alguns técnicos, que o conhecimento das relações entre o clima e as plantas é de pouco valor prático. No entanto, todos os fenômenos são bioenergéticos e se passam no seio de uma mesma camada, a biosfera, a qual está sujeita aos diversos fatores do clima, sendo que a única forma de energia que alimenta este sistema é a radiação solar.

Um melhor conhecimento da física do meio ambiente no qual as plantas crescem e se desenvolvem deve ser procurado, pois habilita-nos a predizer as respostas ecológicas daquelas plantas nas condições de campo.

A importância das trocas de propriedades conservativas entre a comunidade vegetal e o meio que a envolve, como "momentum", calor latente, calor sensível, é evidenciada pela influência que desempenham nos processos fisiológicos das plantas, bem como na ocorrência de pragas e doenças, o que condiciona o potencial produtivo das espécies vegetais exploradas economicamente.

Com o avanço conjunto de conhecimentos micrometeorológicos e da tecnologia instrumental, tem crescido o número de pesquisas nessa área da ciência nos últimos anos, principalmente nos Estados Unidos e Europa. No Brasil, em vista da complexidade destes estudos, que exigem aparelhagem sofisticada e metodologia aprimorada, pouco se tem feito neste campo de pesquisa.

A importância do conhecimento dessas trocas de energia visando uma resposta precisa para os diversos fenômenos que são influenciados pelo microclima, justifica estudos

aprimorados nesta área da ciência.

O objetivo deste trabalho é obter informações básicas sobre o microclima e sua variação no interior de culturas de milho (*Zea mays*, L.), variedade Cargil 111, através do estudo do comportamento dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água, o que possibilita a determinação das zonas de "fontes" e "sorvedouros" daquelas propriedades conservativas. Para tanto, foram introduzidas técnicas de orientação de plantio e aumento na densidade de plantas.

Assim procedendo, procura-se determinar se as modificações introduzidas no microclima da cultura podem redundar num aumento de produtividade.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Um procedimento de análise dos principais fatores do meio, que interferem no crescimento e desenvolvimento de uma cultura, é a determinação das trocas de energia e de massa que se estabelecem entre o vegetal e seu ambiente: solo e atmosfera.

O estudo dos processos convectivos, exige uma análise dos mecanismos de transferência turbulenta. Esta análise em nível de investigação de grande superfície, coberturas vegetais e, ou interior de culturas, é indispensável ao estudo de uma série de outros fenômenos importantes, tais como a poluição (transporte e deposição de partículas tóxicas), a polinização e a propagação de pragas e doenças (PERRIER e SEGUIN, 1970).

As trocas de propriedades entre a atmosfera e uma comunidade de plantas, feita através de processos turbulentos, tiveram seus estudos iniciais a partir da introdução por Schmidt (1925), da "teoria de Austausch", que, fundamentado na teoria cinética dos gases, expressou a transferência de pro-

priedades através dos coeficientes de viscosidade, condutividade e difusividade. A partir daí, começaram a ser desenvolvidos trabalhos aplicando estes coeficientes à meteorologia, visando explicar os fenômenos que ocorrem na baixa atmosfera, segundo SUTTON, 1953).

A bibliografia sobre estudos micrometeorológicos, realizados nos últimos 20 anos, envolvendo trocas turbulentas entre superfícies vegetadas e a camada limite superficial é bastante ampla, principalmente entre pesquisadores da Europa e Estados Unidos. No Brasil, só recentemente foram iniciados estudos nessa área de pesquisa, com os trabalhos de VILLA NOVA (1973), GRODZKI (1978) e IDE (1978).

É limitado o desenvolvimento de modelos de disponibilidade energética dentro do dossel vegetativo, devido a carência de informações detalhadas sobre as características do transporte turbulento (BROWN e COVEY, 1966; WAGGONER e REIFSNYDER, 1968). Uma vez que a maioria das observações tem sido obtidas de estudos acima de superfícies uniformes, o estudo dos processos turbulentos no interior da cultura, devido às suas características complexas, tem recebido menos atenção por parte dos pesquisadores.

A interação da vegetação com o movimento turbulento acima do dossel determina o aparecimento de zonas com fontes e sorvedouros de "momentum" e calor, modificando a turbulência. Esta distribuição desuniforme de fontes e sorvedouros, contrasta com o transporte acima de superfícies uniformes, onde os fluxos verticais de "momentum" e calor são constantes. O modelo torna-se mais complicado, devido às variações nas características físicas das superfícies e ao grande número de espécies vegetais que ocorrem na natureza, incluindo as mudanças nas interações planta-atmosfera na camada superficial devido ao crescimento vegetal (BILL et al, 1976).

As primeiras investigações experimentais no interior de culturas, focalizaram medidas de perfis médios de ve

locidade do vento e flutuações turbulentas.

UCHIJIMA e WRIGHT (1964), usando anemômetros de caneca e de fio quente, mediram a velocidade do vento no interior de uma cultura de milho em diferentes condições atmosféricas observando que os regimes térmicos variaram de condições super adiabáticas até condições de inversão.

O perfil médio calculado, quando comparado com o perfil logarítmico usual, indicou que as velocidades obtidas a partir da curva logarítmica estavam estreitamente correlacionadas com o acréscimo na densidade de área foliar. A análise da flutuação turbulenta das velocidades medidas no interior da cultura, quando normalizada em relação ao topo da cultura, indicou uma exponencial negativa no interior do dossel vegetativo. As flutuações em todas as alturas foram proporcionais ao quadrado da velocidade média do vento no topo da cultura, indicando que o perfil normalizado da velocidade turbulenta in depende da velocidade de referência.

Mc BEAN (1968) mediu as componentes da velocidade do vento assim como perfis de temperatura, em florestas de pinus, usando anemômetros propulsores verticais e termopares de cobre-constantan. Foram analisados os espectros da velocidade do vento e da temperatura, além do comportamento dos fluxos verticais de calor e vapor d'água. O autor ressalta a necessidade de serem utilizados sensores de respostas rápidas para este tipo de estudo.

ALLEN (1968) estudou o comportamento dos perfis de vento dentro e fora de uma cultura de coníferas em duas épocas diferentes: quando 2/3 das folhas haviam caído e quando da queda total das folhas. Para as duas situações, os perfis na parte inferior da cultura foram, praticamente, constantes e com baixas velocidades. As mudanças nos perfis causadas por diferentes intensidades na velocidade do vento acima da cultura foi pequena. Apenas ocorreram variações significativas,

por ocasião de fortes rajadas de vento.

Isobe (1972), citado por BILL et al (1976), estudou o comportamento das componentes individuais u e w da velocidade do vento dentro e fora de uma cultura de milho. A análise das flutuações para diferentes alturas mostrou que a componente vertical (w') apresentou variações instantâneas significativas, indicando a ocorrência frequente de rajadas na direção vertical dentro da cultura. A componente horizontal apresentou picos suaves. As densidades espectrais da velocidade horizontal (u') foram calculadas baseadas em registros com duração de 12 segundos. Isobe sugere que a frequência dos picos pode ser devido ao aparecimento de vórtex provocados pelos colmos e folhas da cultura.

BAINES (1972) mediu a velocidade turbulenta dentro de uma cultura de trigo. A dissipação da energia cinética calculada baseado na medida de intensidades turbulentas, mostrou ser menor que 0,005% da radiação líquida. De uma análise do comportamento da componente horizontal da velocidade turbulenta, foi constatado que apenas uma pequena quantidade de energia foi distribuída na frequência correspondente ao vórtex descrito por Von Karman, oriunda dos colmos do trigo. Por isso, Baines concluiu que o cisalhamento no topo e acima da cultura foi mais importante na produção da turbulência que a interação do escoamento do ar no interior da cultura do trigo.

Alguns pesquisadores, que estudam trocas turbulentas no interior de culturas, tem desenvolvido modelos teóricos tentando explicar as formas dos perfis de vento e dos coeficientes de difusão no interior de populações vegetais. (CIONCO, 1972; SILVERSIDES, 1974; UCHIYAMA, 1976; SHAW et alii, 1974).

UCHIYAMA (1976), estudando o fluxo de "momentum" baseado em registros de velocidade de vento, observou que o decréscimo do fluxo de "momentum", no interior de uma cultura de milho em desenvolvimento, obedece a relação:

$$\tau_z = \exp. a \left[\left(\frac{z}{h} \right) - 1 \right] \quad \text{para} \quad z \leq h \quad \text{onde}$$

Z = alturas dentro do dossel

h = altura da cultura

a = coeficiente de atenuação que, para este estudo, foi de 5,6

Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Isobe (1964) em cultura de trigo.

HICKS e SHEIH (1977) aplicaram o modelo desenvolvido por UCHIYAMA (1976), no estudo do comportamento dos fluxos de "momentum" em uma cultura de milho na fase de maturação. O perfil médio vertical dos fluxos de "momentum" para h = 260 centímetros, correspondeu a um coeficiente de atenuação igual a 4, semelhante ao conseguido pelo modelo de SHAW (1976). Constataram ainda que a adoção de um coeficiente de atenuação constante não é apropriado, devido as variações que ocorrem no dossel, pois os dados de Shaw foram obtidos com a cultura no final do ciclo, apesar da altura das plantas ter sido de 260 centímetros, nos dois casos.

Com a conscientização, por parte dos pesquisadores, da grande dependência da manutenção da vida das plantas na existência das vigorosas trocas de massa e energia entre estas e a baixa atmosfera, muitos trabalhos tem sido desenvolvidos nos últimos anos visando compreender os mecanismos que controlam o aparecimento de fontes e sorvedouros de propriedades no interior das culturas.

BILL et alii (1976), utilizando-se de anemômetros de fio quente, mediram as três componentes da velocidade do vento e a temperatura do ar no interior e acima de uma cultura de milho. Com os dados obtidos, calcularam os coeficientes de correlação para os fluxos verticais de calor e transferência turbulenta de "momentum". Uma comparação destes coeficientes com os perfis médios de velocidade do vento e tempera-

tura, indicou que a característica da turbulência pode ser explicada em termos da teoria da distância de mistura. Contudo, os registros instantâneos dos fluxos indicaram a existência de outro componente do mecanismo turbulento, devido a efeitos térmicos. O estudo espectral mostra que o forte cisalhamento e diferentes intensidades de turbulência, assim como a presença de folhas e caules como superfícies formadoras de vórtex, complicam o mecanismo de transferência de energia.

JOHNSON et alii (1976), destacam que, em estudos de transferência turbulenta no interior de culturas há uma necessidade da utilização de diferentes métodos (aerodinâmico, balanço de energia e medidas diretas de fluxo) para estimar difusividades nas culturas, pois devido à grande complexidade da estrutura das culturas pode ser uma fonte de erros. Isto se deve ao fato dos diferentes componentes do dossel, como as folhas, os caules e as flores, desempenharem atividades fisiológicas distintas, o que vem promover níveis diferentes no dossel em relação à interação com os fatores ambientais.

Pesquisas realizadas no interior de culturas tem demonstrado que o comportamento dos transportes turbulentos de propriedades varia com a densidade de área foliar e com o período de observação.

Em estudos realizados em uma cultura de arroz, Uchijima (1962) encontrou que a difusividade no período noturno próximo ao topo da cultura foi em ordem de grandeza menor que valores diurnos, enquanto que abaixo da massa de folhagem foi maior à noite que durante o dia (segundo GILLESPIE e KING, 1969).

Muitos trabalhos tem sido desenvolvidos utilizando perfis de difusividade vertical pela técnica do balanço de energia, assumindo que o coeficiente de transporte turbulento de calor sensível é igual ao coeficiente de transporte turbulento de vapor d'água ($K_h = K_w$). BROWN e COVEY (1966) utilizaram uma aproximação do método de balanço de energia para ava

liar os fluxos verticais de calor latente e calor sensível no interior de uma cultura de milho. Determinaram que 46% da radiação líquida absorvida pela cultura foi usada para a transpiração, 13% para a evaporação do solo, 32% usada para fluxo de calor sensível e 6% para fluxo de calor no solo. As medidas indicaram que 16% da radiação líquida alcançou o solo sob a cultura densa. A taxa de transpiração foi expressa como uma função de três parâmetros micrometeorológicos (absorção de radiação líquida, déficit de pressão de vapor e coeficiente de transporte da folha para o ar) e dois parâmetros da planta (umidade da folha e índice de área foliar).

Como em noites claras há deposição de orvalho nas folhas, sendo a intensidade de absorção de umidade diretamente proporcional a deposição deste, GILLESPIE e KING (1969) combinando as medidas de orvalho com área foliar e medidas de gradientes de umidade específica, estimaram a difusividade para diversos níveis no interior da cultura. Os valores de K_w encontrados foram bem maiores do que a difusividade de vapor d'água no ar, indicando que o processo de difusão noturna foi turbulento, por toda a cultura. Comparando os dados de calor sensível e calor latente com os obtidos por Uchijima (1966), que estudou uma cultura de milho durante o dia, verificaram que o máximo de absorção de calor latente noturno representou 10% da máxima fonte diurna enquanto que para o calor sensível foi de 33%. Assim, o calor latente excedeu ao calor sensível como sorvedouro de energia diurna, mas o calor sensível é um forte contribuinte da energia noturna.

UCHIJIMA (1976) apresenta perfis de temperatura e tensão de vapor d'água no interior de culturas de milho e arroz, mostrando que a zona de maior troca de energia é a correspondente àquela de grande densidade foliar. Os perfis de tensão de vapor decrescem através da cultura à medida que se afasta da superfície do solo, indicando que o fluxo de vapor d'água durante o dia é de baixo para cima. O perfil de temperatura na cultura de arroz durante o dia é caracterizado por

curvas com um máximo ao nível médio do dossel, enquanto que no milho foi observado um decréscimo progressivo com a altura no decorrer do dia. O autor concluiu que a diferença nos perfis de temperatura tenha ocorrido devido a baixa condição de umidade no solo onde o milho foi cultivado.

Os perfis de temperatura obtidos por BROWN e COVEY (1966) em uma densa cultura de milho, em fase de desenvolvimento, coincidem com os obtidos por UCHIYAMA (1976) para a cultura de arroz.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1. Caracterização das Condições do Experimento

4.1.1.1. Local

O experimento foi instalado no campo experimental do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP, no município de Piracicaba, SP. As coordenadas geográficas do local são: $22^{\circ}42'$ de latitude Sul e $47^{\circ}38'$ de longitude oeste, com uma altitude de 576m. O experimento ocupou uma área de 2.100m^2 (30 x 70m), sendo que as áreas adjacentes pertencentes ao campo experimental também foram cultivadas com milho (*Zea mays*, L.).

4.1.1.2. Solo

O solo da área onde o experimento foi conduzido é classificado como Terra Roxa Estruturada, a nível de grande grupo pela Comissão de Solos, e como Alfisol, segundo a sétima aproximação (RANZANI et alii, 1966).

Apresenta perfil homogêneo, bastante permeável, com lençol freático localizado a vários metros de profundidade. O pH em água varia de 5,3 na camada superficial, a um valor de 6,0 na profundidade de 165 centímetros, apresentando-se bastante uniforme quanto à densidade das partículas do solo, cujo valor médio é de $2,71 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. A porosidade total varia de $0,484$ a $0,562 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ entre as profundidades de 15 a 165 centímetros respectivamente, segundo REICHARDT et alii (1976).

O preparo do solo consistiu de uma aração e uma gradagem, com posterior destorroamento através de enxada rotativa, e aplicação de herbicida.

4.1.1.3. Cultura

Utilizou-se a cultura do milho (*Zea mays*, L.) variedade "Cargil 111". Essa variedade é do tipo híbrido duplo, sintetizado a partir de linhagens com mais de 6 ciclos de seleção. Seu ciclo é precoce, com florescimento em aproximadamente 60 dias e maturação aos 120 dias. As plantas apresentam altura média de 200 centímetros e a inserção das espigas variando entre 100 a 110 centímetros da superfície do solo.

Antecedendo ao plantio foi efetuada uma adubação básica de NPK por cobertura, na dosagem de 800 kg/ha e uma adubação nitrogenada 25 dias após a emergência. O plantio foi realizado no dia 19/11/77, com a germinação completando-se no dia 26/11/77. A floração ocorreu no período de 18 a 25 de janeiro de 1978.

4.1.1.4. Dados Pluviométricos

Durante o ciclo da cultura, a precipitação pluviométrica coletada no Observatório Meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP, localizado junto ao campo experimental, foi de:

<u>Período</u>	<u>Precipitação (mm)</u>	<u>Dias de chuva</u>
15 a 30/11/77	99	8
01 a 31/12/77	238	14
01 a 31/01/78	112	13
01 a 28/02/78	111	11

4.1.2. Instrumental

4.1.2.1. Anemômetros

Para medida de velocidade do vento no interior e acima da cultura, instalou-se no centro da área experimental um sistema fabricado pelo C.W. THORNTON ASSOCIATES, modelo WPRS 160, com os anemômetros posicionados nas alturas de 170, 190, 230, 310, 390 e 470 centímetros acima do nível do solo. A sensibilidade do sistema de acordo com as curvas de calibração de fábrica é de $\pm 1\%$.

4.1.2.2. Psicrômetros

Os perfis de temperatura e umidade do ar foram obtidos com o auxílio de conjuntos psicrométricos construídos com termopares cobre-constantan nº 24 AWG. Esses conjuntos foram instalados nas alturas de 60, 110, 140, 170 e 210 centímetros.

Para a instalação nas alturas desejadas, foram

estendidos fios de nylon no sentido perpendicular às linhas de cultura, os quais foram fixados em dois mastros de madeira colocados entre as ruas da cultura, paralelos à direção Leste-Oeste, distanciados de aproximadamente 3,0 metros.

Na alimentação dos termômetros de bulbo úmido, utilizou-se de reservatórios de água, construídos de tubos de alumínio de 1/2" de diâmetro por 10 centímetros de comprimento. Do reservatório saía um cadarço que envolvia o termômetro. Estes reservatórios foram fixados nos fios de nylon (fig. 1) e eram suficientemente pequenos de maneira a não interferir no microclima do interior da cultura.

Fig. 1

As temperaturas foram medidas com auxílio de um potenciômetro modelo 8690-2 da Leeds e Northrup, com fundo de escala 0-100 mV e sensibilidade 0,02 mV.

Para comandar os pontos de leitura, construiu-se uma chave de comutação manual para os trinta pontos de temperaturas, a qual foi acoplada ao potenciômetro.

4.1.2.3. Equipamento utilizado para a estimativa do sombreamento do solo

Para a estimativa do sombreamento do solo utilizou-se um retângulo de madeira, com as dimensões de 90 x 40 centímetros, tendo seus lados menores sido marcados a intervalos de 5 em 5 centímetros. Sobre este retângulo corria livremente uma régua de um metro, graduada a intervalos de um centímetro.

4.1.2.4. Equipamento de medida da orientação do plano das plantas

Nas determinações de orientação do plano das plantas, utilizou-se um transferidor de raio de 30 centímetros, orientado na direção Norte-Sul.

4.2. Métodos

4.2.1. Determinação dos parâmetros micrometeorológicos

Em atmosfera neutra a velocidade do vento que flui sobre uma superfície vegetal segue a equação:

$$U(Z) = \frac{U_*}{k} \ln \left(\frac{Z - d}{Z_0} \right) \quad (1)$$

A equação (1) é aplicada em situações para $Z \geq h$, embora seja válida matematicamente a partir de $Z \geq Z_0 + d$, onde:

Z = altura acima da superfície do solo, mas no interior da camada limite superficial (cm)

h = altura média da cultura (cm)

U_* = velocidade de atrito ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)

d = "deslocamento do plano zero" (cm)

Z_0 = altura da rugosidade (cm)

k = constante adimensional de Von Karman

4.2.1.1. Determinação de d

Aplicando a equação (1) para três alturas Z_1 , Z_2 e Z_3 , chega-se a relação:

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 - U_3} = \frac{\ln(Z_1 - d) - \ln(Z_2 - d)}{\ln(Z_1 - d) - \ln(Z_3 - d)} = f(d) \quad (2)$$

assumindo diferentes valores d no intervalo de 0,2 a 0,9 h obtêm-se a forma da função $f(d)$.

O valor de d que satisfaz a equação (1) pode então ser determinado graficamente de medidas experimentais de $(U_1 - U_2) / (U_1 - U_3)$. Para tanto, os dados da tabela 10 e a curva da figura 4 foram utilizados na obtenção desse parâmetro.

4.2.1.2. Determinação de U_* e Z_0

Uma vez determinado d , em gráfico $\ln(Z - d)$ versus $U(Z)$, tem-se que:

$$U_* = k \cdot \cotg \alpha \quad (3)$$

no mesmo gráfico extrapolando a reta, quando $U(Z) = 0$, $\ln(Z - d) = \ln Z_0$, portanto $Z_0 = \text{ant} \left[\ln(Z - d) \right]$. Os resultados estão representados numericamente na tabela 11 e graficamente na figura 5.

4.2.2. Determinação de fontes de sorvedouros de calor e vapor d'água no interior da cultura

A manutenção da vida das plantas depende da existência de uma vigorosa troca de energia, de massa e de "momentum" entre as superfícies vegetais e o ar. As intensidades de trocas dessas propriedades, estabelecem um microclima característico daquela espécie vegetal, que além de ser uma função da variabilidade dos parâmetros meteorológicos externos, é muito dependente da densidade e direção de plantio assim como da arquitetura das plantas. As informações que se tem a respeito das atividades específicas de cada folha, ou conjunto de folhas, com relação a planta como um todo, são muito escassas e quase sempre as interpretações às respostas que as plantas oferecem a qualquer estímulo externo proveniente de mudanças de técnicas de plantio, ou são qualitativas ou estatísticas.

Mudanças em técnicas culturais, induzem variações na localização e intensidade de trocas de calor sensível, calor latente e quantidade de movimento, dando origem a um novo microclima cuja reação das plantas pode redundar num aumento de produtividade. A determinação da distribuição vertical de fontes e sorvedouros daquelas propriedades, no interior de

uma população vegetal, requer medidas detalhadas das formas dos perfis de vento, de umidade, de temperatura, e, distribuição vertical dos coeficientes de transferência turbulenta. No estágio atual da micrometeorologia, estudos detalhados de perfis é possível, mas não há nenhuma teoria adequada para se calcular os coeficientes de difusão no interior das culturas; as expressões empíricas existentes foram obtidas de experimentos e suas aplicações são bastante específicas.

Quando se conhece a distribuição vertical dos coeficientes de difusão, a localização das fontes e sorvedouros das propriedades é obtida através do estudo das divergências dos respectivos fluxos. No presente trabalho, no qual essa distribuição não era conhecida, as principais fontes e sorvedouros foram determinados através do estudo dos sinais dos gradientes verticais de temperatura e umidade.

As equações gerais, unidimensionais, de fluxos de calor sensível e calor latente são respectivamente:

$$H = - \rho c_p K_h \frac{\Delta T}{\Delta Z} \quad (4)$$

$$LE = - \frac{\rho c_p}{\gamma} K_v \frac{\Delta e}{\Delta Z} \quad (5)$$

onde ρ , c_p , γ , K_h , K_v , $\Delta T/\Delta Z$ e $\Delta e/\Delta Z$ são respectivamente, densidade do ar, calor específico a pressão constante, constante psicrométrica, coeficiente de difusão para calor, coeficiente de difusão para vapor d'água, gradiente vertical de temperatura e gradiente vertical de tensão de vapor.

Como ρ , c_p , γ , K_h e K_v são sempre positivos, as direções dos fluxos ficam determinadas pelo sinal dos gradientes, isto é, quando a temperatura e tensão de vapor decrescem com a altura, os gradientes são negativos, e portanto, os fluxos são positivos ou no sentido ascendente, e vice-versa. De

forma que, quando há concorrência de fluxo para uma determinada região no interior da cultura, a mesma é identificada como um sorvedouro de calor ou vapor d'água, e, quando há divergência de fluxo de uma determinada região, esta é identificada como uma fonte de calor ou vapor d'água.

4.2.3. Delineamento Experimental

4.2.3.1. Tratamentos

Verificou-se em laboratório que as folhas da planta de milho possuem uma orientação no espaço segundo um plano. Colocando-se a semente no solo com seu hilo voltado para baixo, numa posição transversal à linha de plantio, o plano que contém as folhas terá a mesma orientação das linhas.

Com o propósito de obter-se esta orientação para os tratamentos identificados como 1 e 2, colou-se em pedaços de cartolina de 4 x 4 centímetros duas sementes com seus hilos voltados para baixo, conforme figura 2.

Figura 2

Em todos os tratamentos, foram mantidas duas plantas por cova, com a finalidade de verificar-se a viabilidade de adensamento da cultura, com a introdução da orientação do Plano da Planta.

Tratamento 1 : Plantio orientado, adotando-se o espaçamento de 80 centímetros entre linhas e 20 centímetros entre covas. Com esse espaçamento, tem-se uma densidade de 125.000 plantas/ha distribuídas em 125 linhas de 100 metros.

Tratamento 2 : Plantio orientado, sendo utilizado um espaçamento de 100 centímetros entre linhas e 20 centímetros entre covas, possibilitando densidade de 100.000 plantas/ha distribuídas em 100 linhas de 100 metros.

Tratamento 3 : Plantio sem orientação (tradicional), com a distância entre linhas de 100 centímetros e entre covas de 20 centímetros, tendo-se densidade e distribuição de plantas/ha idênticas ao tratamento 2, ou seja, de 100.000 plantas/ha.

Em todos os tratamentos foi plantado milho var. "Cargil 111" em canteiros de 15 x 20 metros, estando a maior dimensão orientada na direção N-S. As linhas de cultura obedecem também esta direção.

4.2.4. Técnica de plantio

A técnica de plantio consistiu em colocar-se os retângulos de cartolina na posição vertical, em javres feitos no solo com o auxílio de pequenos pedaços de ripa de madeira com 4 centímetros de largura, perpendicularmente à direção da linha.

Para o tratamento 3 (plantio tradicional), procedeu-se apenas a abertura das fendas a intervalos de 20 centímetros ao longo da linha, e depositou-se nas mesmas duas sementes a lanço.

Para se obter um espaçamento preciso entre as covas (javres), utilizou-se réguas de madeira, graduadas a intervalos de 20 centímetros, as quais eram dispostas ao longo

da linha e os javres feitos ao lado da graduação das mesmas.

4.2.5. Determinação da orientação do plano das folhas

Nos dois tratamentos em que se procedeu ao plantio orientado, foram feitas determinações de orientação dos planos das folhas ao longo das linhas de cultivo, considerando se como orientadas na direção Norte-Sul, todas as plantas que tivessem as folhas contidas num plano que formasse um ângulo inferior a 15° com a linha da cultura.

4.2.6. Determinação da porcentagem de sombreamento do solo

Utilizando-se o material descrito no item 4.1.2.3, colocava-se a régua graduada em cada divisão do retângulo, e determinava-se o número de centímetros na régua que se encontrava sombreado. O total de centímetros sombreados em 9 posições da régua foi então dividido por 900, dando o porcentual de sombreamento.

4.2.7. Determinação do índice de área foliar

Visando acompanhar o desenvolvimento da área foliar nos três tratamentos, foram efetuadas amostragens semanais. Para tanto, eram coletadas ao acaso, 10 plantas (5 covas) de cada tratamento. Para a estimativa da área da folha, procedeu-se as medidas do comprimento e da maior largura. Conforme é recomendado para o milho, o produto destes dois valores, multiplicado pela constante 0,76 permite a estimativa da área foliar (SANTOS, 1978). O quociente da área total estimada das duas plantas por cova pela área de solo explorada pelas mesmas, fornece o índice de área foliar (IAF) em cm^2 folhas/ cm^2 solo.

4.2.8. Estimativa da produção

Para a estimativa da produção, foram amostradas as plantas contidas nos retângulos centrais dos tratamentos, medindo cada retângulo 4 x 10m. Com base no peso em kg/40m² amostrado, estimou-se a produtividade em kg/ha para cada tratamento.

4.2.9. Época e condições das observações

As observações foram realizadas nos dias 26/01/78, 30/01/78, 01/02/78 e 08/02/78, período que coincidiu com a emissão das panículas e formação de espigas, estando a cultura com 69, 73, 75 e 82 dias após o plantio respectivamente.

O regime pluviométrico nos dias que antecederam as datas de observação foi o seguinte:

Data	Precipitação
26/01/78	Sem chuvas nos 3 dias anteriores
30/01/78	Sem chuvas nos 3 dias anteriores
01/02/78	17mm de chuva nos 3 dias anteriores
08/02/78	41mm de chuva nos 3 dias anteriores

4.2.10. Medidas das temperaturas

As temperaturas dos termômetros de bulbos secos e bulbos úmidos, foram medidas em milivolts a intervalos de 15 minutos. Na estimativa dos fluxos de calor sensível e latente, ou em outras palavras, dos gradientes de temperaturas seca e úmida utilizaram-se valores médios de três intervalos consecutivos, ou seja, nas tabelas de 12 a 23, os valores das 10:45 horas, por exemplo, subentendem a média das medidas efetuadas às 10:30, 10:45 e 11:00 horas, respectivamente. Com

auxílio de tabelas de conversão, transformou-se os resultados lidos em milivolts em temperatura ($^{\circ}\text{C}$), com o cuidado de interpolar até $0,01^{\circ}\text{C}$.

As tensões de vapor d'água foram determinadas com a equação psicrométrica clássica, ou seja:

$$e = e'_w - \gamma (T_s - T_u) \quad (6)$$

onde:

e = tensão atual de vapor em mmHg

e'_w = tensão de saturação à temperatura do bulbo úmido, em mmHg

γ = constante psicrométrica, $0,57 \text{ mmHg}^{\circ}\text{C}$

T_s = temperatura do bulbo seco, $^{\circ}\text{C}$

T_u = temperatura do bulbo úmido, $^{\circ}\text{C}$

4.2.11. Medidas da velocidade do vento

Os dados de velocidade do vento foram obtidos a intervalos de 30 minutos. Os valores registrados em contagem por minuto, foram transformados em centímetros por segundo, através das curvas de calibração que acompanham os instrumentos.

Tanto os dados de temperatura quanto os de velocidade de vento, foram obtidos no período das 6 às 18 horas.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados a seguir na forma de tabelas, em número de 23, e de figuras, num total de 10.

5.1. Comportamento da cultura

A evolução do índice de área foliar (IAF) nos 3 tratamentos, durante o ciclo vegetativo da cultura, é retratada pelos dados da tabela 1 e curvas da figura 3.

As áreas de solo, disponíveis a cada conjunto de duas plantas por cova para os diferentes tratamentos, são apresentados na tabela 2.

Na tabela 3, encontram-se os dados relativos às produções obtidas nos 3 tratamentos em kg/40m², bem como as estimativas de produtividade em kg/ha, e as respectivas diferenças no percentual de produção.

Os dados contidos na tabela 4 mostram as diferentes percentagens de sombreamento do solo e as alturas médias das plantas nos 3 tratamentos.

Tabela 1. Evolução semanal do Índice de Área Foliar (IAF) aos 39, 46, 53, 60 e 67 dias após a germinação, respectivamente.

Dias após a germinação	Trata- ^{a/} mentos	Área foliar (cm ²)	IAF
39 (04/01/78)	1	10.240,2	6,4
	2	10.010,0	5,0
	3	12.200,0	6,1
46 (11/01/78)	1	11.521,2	7,2
	2	13.805,7	6,9
	3	15.002,3	7,5
53 (18/01/78)	1	15.841,9	9,9
	2	17.803,8	8,9
	3	16.997,8	8,5
60 (25/01/78)	1	15.196,5	9,5
	2	16.605,1	8,3
	3	14.399,1	7,2
67 (01/02/78)	1	12.641,0	7,9
	2	14.604,9	7,3
	3	10.589,7	5,3

^{a/} 1 = Tratamento 20 x 80 com semeadura orientada.

2 = Tratamento 20 x 100 com semeadura orientada.

3 = Tratamento 20 x 100 com semeadura ao acaso.

Fig. 3. Evolução semanal do Índice de Área Foliar

Tabela 2. Área de solo disponível para cada conjunto de 2 plantas, por cova.

Tratamentos ^{a/}	1	2	3
Área disponível (cm ²)	1.600	2.000	2.000

Tabela 3. Produção amostrada (kg/40m²) e estimada (kg/ha).

Tratamentos ^{a/}	Peso de espiga (kg/40m ²)	Peso de grãos (kg/40m ²)	Produtividade (kg/ha)	%
1	29,9	23,2	5.800	133,3
2	30,8	24,6	6.150	141,4
3	22,0	17,4	4.350	100,0

Tabela 4. Porcentagem de sombreamento do solo e altura média das plantas.

Tratamentos ^{a/}	Sombreamento do solo (%)	Altura média das plantas (cm)
1	77,2	279
2	61,9	270
3	85,5	276

- ^{a/} 1 = Tratamento 20 x 80 com semeadura orientada.
 2 = Tratamento 20 x 100 com semeadura orientada.
 3 = Tratamento 20 x 100 com semeadura ao acaso.

5.2. Perfis de vento no interior e acima da cultura

Nas tabelas 5, 6, 7 e 8 são apresentados os valores de velocidades de vento, observados nas diferentes alturas, para os dias 26/01, 30/01, 01/02 e 08/02/78, nos quais a cultura apresentava altura média de 270 centímetros. A tabela 9 e figura 4, retratam os perfis médio e normalizado referentes aos quatro dias de leituras.

Na tabela 10, são apresentados os valores de Z_1 , Z_2 e Z_3 , e os valores propostos para d , para estabelecer a forma da função $f(d)$. Na figura 5 é mostrado o procedimento para a determinação gráfica do "deslocamento do plano zero", bem como, o valor numérico obtido nas condições estudadas e que foi posteriormente utilizado nos cálculos.

Com os dados apresentados na tabela 11 e figura 6, foram determinados os valores do parâmetro rugoso ($Z_o = 22\text{cm}$) e da velocidade de atrito ($U_* = 30,05 \text{ cm}\cdot\text{seg}^{-1}$).

Tabela 5. Valores medidos de velocidade de vento (U_z) em centímetros/segundo, em uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), variedade "Cargil 111".

Horas	Altura (z) em centímetros					
	170	190	230	310	390	470
09:45	14,84	21,74	29,38	71,42	108,40	124,98
10:15	14,59	20,99	27,58	73,97	104,07	116,05
10:45	14,34	22,49	30,13	76,27	110,95	124,98
11:15	15,89	22,24	27,33	75,27	105,85	110,95
11:45	15,09	24,29	30,13	78,82	119,62	136,45
12:15	15,89	23,79	30,13	73,97	102,28	114,78
12:45	14,34	25,54	32,18	87,02	129,31	131,35
13:15	15,59	23,54	30,93	81,90	116,05	123,70
13:45	16,64	21,74	29,08	71,95	97,45	122,43
14:15	15,89	22,01	30,38	76,29	108,40	124,98
14:45	15,89	20,44	25,83	77,31	111,49	121,15
15:15	14,09	18,69	25,58	62,53	89,30	96,94
15:45	13,59	16,64	22,99	58,45	84,45	94,39
16:15	15,59	17,89	27,33	75,78	124,47	150,47
16:45	13,09	13,34	18,19	61,76	98,21	133,90
17:15	11,54	11,54	12,84	42,90	79,35	82,92
17:45	18,44	40,83	54,13	146,90	226,49	287,03
Veloci- dade média	15,02	21,63	28,42	76,03	112,71	129,25

Data: 26/01/78

Altura média da cultura: 270cm

Tabela 6. Valores medidos de velocidade de vento (U_z) em centímetros/segundo, em uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), variedade "Cargil 111".

Horas	Altura (z) em centímetros					
	170	190	230	310	390	470
06:15	12,82	17,66	20,72	58,45	90,56	111,46
06:45	12,05	14,09	17,15	49,53	75,27	88,97
07:15	13,58	20,47	23,53	69,15	113,50	134,67
07:45	16,13	30,91	29,64	32,44	180,97	220,79
08:15	14,09	31,17	31,17	118,09	179,49	184,49
08:45	14,86	29,38	32,70	124,47	190,77	216,29
09:15	16,64	31,93	31,93	124,21	191,98	233,29
09:45	19,70	34,23	35,50	155,57	239,01	299,54
10:15	18,17	33,46	33,21	152,76	226,49	282,79
10:45	16,64	31,68	31,17	129,82	195,77	243,29
11:15	18,17	30,91	30,40	134,41	204,50	246,50
11:45	19,44	40,35	44,68	189,49	286,01	350,79
12:15	17,41	33,46	32,95	134,67	200,98	245,54
12:45	16,90	34,99	46,47	141,54	203,99	246,01
13:15	15,62	30,40	34,48	117,84	173,00	207,00
13:45	15,88	30,40	31,42	119,88	177,01	214,50
14:15	14,35	25,57	31,67	101,53	151,74	150,98
14:45	19,70	26,08	30,91	96,94	143,83	143,33
15:15	14,09	26,83	35,50	37,03	175,26	208,79
15:45	13,58	19,70	25,57	72,72	107,36	125,23
16:15	13,32	23,02	31,67	96,68	141,54	171,98
16:45	12,31	18,17	23,02	65,58	91,84	105,34
17:15	12,31	17,41	26,57	78,33	113,50	133,90
17:45	13,58	23,27	39,07	120,18	178,98	214,50
Velocidade média	14,47	27,31	31,30	105,05	168,01	199,17

Data: 30/01/78

Altura média da cultura: 270cm

Tabela 7. Valores medidos de velocidade de vento (U_z) em centímetros/segundo, em uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), variedade "Cargil 111".

Horas	Altura (z) em centímetros					
	170	190	230	310	390	470
10:45	28,10	38,56	49,24	167,49	224,51	251,50
11:15	25,31	36,80	47,23	165,00	210,00	311,31
11:45	21,99	30,14	43,63	119,87	174,60	209,50
12:15	17,15	26,80	35,75	95,12	137,98	161,40
12:45	19,70	27,36	37,03	95,60	138,99	165,25
13:15	21,20	30,65	43,91	112,96	184,49	213,28
13:45	14,87	27,59	39,04	58,45	161,40	164,24
14:15	18,41	27,85	37,54	48,76	148,94	149,44
14:45	16,10	21,74	26,83	28,61	32,18	92,09
15:15	17,66	26,07	34,48	93,11	143,84	174,74
15:45	14,09	27,85	38,56	109,93	138,99	185,76
16:15	14,34	21,20	28,81	72,18	123,45	127,27
16:45	11,54	22,76	31,93	97,96	144,60	168,25
17:15	14,85	18,94	24,54	73,99	111,97	136,20
17:45	11,54	11,54	11,54	53,35	95,12	106,36
Velocidade média	17,79	26,39	35,34	92,83	144,74	179,30

Data: 01/02/78

Altura média da cultura: 270cm

Tabela 8. Valores medidos de velocidade de vento (U_z) em centímetros/segundo, em uma cultura de milho (*Zea mays*, L.), variedade "Cargil 111".

Horas	Altura (z) em centímetros					
	170	190	230	310	390	470
06:45	11,54	19,19	22,25	65,58	99,22	116,56
07:15	15,36	23,01	26,59	77,05	129,56	155,31
07:45	18,94	32,44	38,20	110,95	187,24	225,27
08:15	20,46	34,48	48,50	128,03	220,02	270,54
08:45	18,94	32,95	49,78	123,16	193,27	235,25
09:15	20,46	38,56	50,03	123,95	209,50	225,53
09:45	23,01	43,15	56,89	144,85	239,02	287,03
10:15	23,75	27,85	57,68	144,09	228,02	275,03
10:45	20,46	36,26	51,05	130,58	204,30	256,29
11:15	20,46	37,03	49,78	127,25	202,25	243,02
11:45	20,21	36,26	47,99	122,68	190,00	226,29
12:15	16,39	33,94	49,53	101,32	171,27	203,27
12:45	17,40	36,26	52,08	65,07	202,00	203,78
13:15	18,94	35,24	51,31	123,45	197,51	239,02
13:45	17,15	29,63	42,38	41,88	166,27	148,17
14:15	16,64	24,29	36,26	79,60	139,75	157,35
14:45	18,42	28,61	42,38	113,25	173,25	270,00
15:15	17,91	27,34	41,36	120,61	173,25	217,51
15:45	19,70	31,68	47,99	135,17	201,27	249,02
16:15	22,76	43,91	74,50	207,00	293,05	357,74
16:45	23,75	50,80	79,09	200,76	296,54	370,76
17:15	27,34	63,55	99,48	266,82	373,89	461,75
17:45	25,31	60,49	89,29	248,54	355,29	453,40
Velocidade média	19,79	35,95	52,37	130,50	210,68	255,56

Data: 08/02/78

Altura média da cultura: 270cm

Tabela 9. Valores do perfil de vento normalizado referentes à média dos 4 dias de leitura obtidos através da razão U_z/U_h .

Altura (cm)	170	190	230	270	310	390	470
U_z (cm·seg ⁻¹)	16,77	27,82	36,86	58,00	101,10	159,04	190,82
U_z/U_h ^{a/}	0,29	0,48	0,64	1,00	1,74	2,74	3,30

^{a/} U_h = Velocidade do vento no topo da cultura (h = 270cm).

Tabela 10. Valores utilizados para estabelecer a forma da função $f(d)$ e determinação gráfica de d .

P a r â m e t r o s ^{a/}					
Z/h	d (cm)	$Z_1 - d$ (cm)	$Z_2 - d$ (cm)	$Z_3 - d$ (cm)	$\frac{U_1 - U_2}{U_1 - U_3} = y$
0,6	1,62	1,48	2,28	3,08	0,589
0,7	1,89	1,21	2,01	2,81	0,602
0,8	2,16	0,94	1,74	2,54	0,619
0,9	2,43	0,67	1,47	2,27	0,645
1,0	2,70	0,40	1,20	2,00	0,683

^{a/} $d = Z/h$ h = altura média da cultura (270cm)
 $Z_1 = 310\text{cm}$ $U_1 = 101,10 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$
 $Z_2 = 390\text{cm}$ $U_2 = 159,04 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$
 $Z_3 = 470\text{cm}$ $U_3 = 190,82 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$

Tabela 11. Valores utilizados para a determinação gráfica de Z_0 e U_* .

Alturas (z) (cm)	P a r â m e t r o s		
	$Z - d$ ^{a/} (cm)	$\ln(Z - d)$	$\bar{U}_z$ (cm·seg ⁻¹)
310	66	4,19	101,10
390	146	4,98	159,04
470	226	5,48	190,82

^{a/} $d = 244\text{cm}$

Fig. 4. Perfis de vento médio e normalizado referentes aos 4 dias de leitura.

Fig. 5. Determinação gráfica do "deslocamento do plano zero".

Fig. 6. Determinação da velocidade de atrito (U_*) e altura da rugosidade (Z_0)

5.3. Perfis de temperaturas e tensões de vapor d'água no interior da cultura

Nas tabelas de números 12 a 23, são apresentados os valores medidos de temperaturas dos termômetros de bulbos secos (T_s) e bulbos úmidos (T_u), bem como os valores determinados de tensões de vapor referentes aos 3 tratamentos para os dias 26/01, 30/01, 01/02 e 08/02/78.

As curvas das figuras 7, 8 e 9 retratam o comportamento dos perfis de temperatura do ar (T_s) e tensão de vapor d'água (e), no interior da cultura, ao longo do dia.

Na figura 10, são apresentados os perfis de temperatura do ar e tensão de vapor, referentes ao horário de 10:45 horas para o dia 01/02/78, visando mostrar as variações que ocorrem no comportamento destes perfis, nos diferentes tratamentos.

As figuras 11 e 12 mostram as regiões de fontes e sorvedouros de calor e vapor d'água no interior da cultura, nos diferentes tratamentos.

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

Tratamento 1

Tabela 12

Alturas (z)	Elementos	H o r a s										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	---	---	23,33	24,20	25,38	27,13	28,80	29,88	30,90	32,18	33,75
	T_u °C	---	---	22,00	22,60	23,55	24,50	25,73	26,00	26,90	28,53	27,28
	e mmHg	---	---	19,07	19,66	20,74	21,56	23,05	23,00	22,21	22,78	23,72
110cm	T_s °C	---	---	23,58	24,18	25,88	26,78	27,90	30,45	32,18	33,48	33,65
	T_u °C	---	---	21,13	22,20	23,48	24,60	25,75	26,10	25,60	26,15	27,03
	e mmHg	---	---	17,40	18,94	20,31	21,96	23,61	22,88	21,27	21,26	23,01
130cm	T_s °C	---	---	23,88	24,65	25,40	27,95	30,33	31,18	32,10	32,88	34,08
	T_u °C	---	---	21,55	22,20	23,38	24,28	25,38	26,28	27,28	26,30	26,53
	e mmHg	---	---	17,96	18,67	24,40	20,67	21,48	22,84	22,31	21,91	22,28
170cm	T_s °C	---	---	24,00	24,68	26,23	28,15	30,03	31,18	32,15	33,05	34,13
	T_u °C	---	---	21,78	22,36	23,36	24,30	25,30	26,40	26,48	26,65	26,66
	e mmHg	---	---	18,29	18,93	19,93	20,60	21,48	23,09	22,68	21,71	21,94
210cm	T_s °C	---	---	24,35	25,50	27,18	29,43	30,88	31,93	33,15	34,68	35,10
	T_u °C	---	---	22,08	22,45	23,33	24,80	25,78	26,23	26,30	26,15	26,68
	e mmHg	---	---	18,63	18,64	19,29	20,84	21,97	22,30	21,76	20,58	21,42

12:15 12:45 13:15 13:45 14:15 14:45 15:15 15:45 16:15 16:45 17:15 17:45

65cm	T_s °C	34,90	35,23	35,80	35,68	35,60	35,03	34,75	33,70	31,83	32,23	28,85
	T_u °C	27,20	27,20	27,53	26,93	27,08	26,98	27,63	26,85	26,45	25,83	24,98
	e mmHg	22,67	22,48	22,87	21,63	22,00	22,11	23,68	22,61	22,80	21,30	21,52
110cm	T_s °C	35,40	35,46	36,03	35,83	35,33	35,35	34,75	33,80	31,70	30,35	28,85
	T_u °C	26,48	26,50	26,53	26,25	25,93	26,28	26,40	25,58	25,48	24,90	24,20
	e mmHg	20,84	20,85	20,59	20,12	19,74	20,46	21,05	19,90	20,69	20,51	20,00
140cm	T_s °C	35,43	35,80	37,53	36,60	36,53	35,05	35,45	34,60	31,90	30,55	29,00
	T_u °C	26,75	26,90	26,78	26,90	27,20	26,28	25,93	26,70	26,23	25,33	24,65
	e mmHg	21,40	21,51	20,26	21,05	21,74	20,06	19,67	21,77	22,32	21,24	20,80
170cm	T_s °C	35,70	35,85	36,33	36,53	36,25	35,43	35,00	34,08	31,55	31,15	29,85
	T_u °C	27,35	26,95	26,88	27,78	27,33	25,98	25,58	26,00	25,35	24,38	24,03
	e mmHg	22,53	21,59	21,16	22,59	22,17	19,79	19,22	20,60	20,74	19,03	19,66
210cm	T_s °C	36,08	36,88	37,73	38,13	37,90	37,30	36,83	35,08	32,90	31,30	29,68
	T_u °C	26,88	26,60	26,88	27,95	26,95	26,03	25,23	25,08	25,03	23,98	23,15
	e mmHg	21,31	20,26	20,37	22,47	20,42	18,83	17,47	18,17	19,31	18,18	19,05

Data: 26/01/78

Data: 30/01/78

Tabela 13

Alturas (z)	Elementos	H o r a s										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	20,20	20,90	21,53	23,23	24,50	26,55	28,63	30,85	32,63	33,95	36,28
	T_u °C	19,60	20,15	20,60	22,03	22,70	23,78	25,83	26,25	26,75	27,25	28,45
	e mmHg	16,77	17,27	17,67	19,27	19,66	20,51	23,35	22,96	23,00	23,32	24,64
110cm	T_s °C	20,13	21,15	21,58	23,45	24,80	27,08	29,45	31,58	32,25	34,35	36,40
	T_u °C	19,48	20,08	20,35	21,78	22,15	23,35	24,78	25,60	25,98	26,40	27,73
	e mmHg	16,61	17,01	17,21	18,61	18,50	19,39	20,79	21,00	21,04	21,28	22,96
140cm	T_s °C	20,23	21,08	21,63	23,55	25,33	27,70	29,68	31,93	33,48	34,88	36,88
	T_u °C	19,45	20,05	20,25	21,50	22,10	23,30	24,53	25,28	25,80	26,30	27,48
	e mmHg	16,51	16,51	17,02	18,06	18,11	19,94	20,16	20,36	20,53	20,77	22,14
170cm	T_s °C	19,88	20,38	21,50	23,70	25,30	27,48	30,13	32,33	34,00	35,13	37,05
	T_u °C	19,63	20,20	20,55	22,03	22,85	24,15	25,68	26,80	27,53	28,08	28,83
	e mmHg	17,00	17,65	17,61	18,91	19,48	20,69	22,19	23,28	23,69	21,30	25,06
210cm	T_s °C	20,13	20,90	22,00	23,98	25,73	27,90	30,33	32,33	34,43	35,68	37,88
	T_u °C	19,35	19,93	20,48	21,68	22,45	23,68	25,13	25,90	26,75	27,13	27,50
	e mmHg	16,40	16,92	17,19	18,13	18,51	19,54	20,98	21,39	21,97	22,07	21,62

12:15 12:45 13:15 13:45 14:15 14:45 15:15 15:45 16:15 16:45 17:15 17:45

60cm	T_s °C	38,85	37,05	35,85	34,65	35,23	36,28	36,38	34,73	34,18	31,73	31,13
	T_u °C	29,35	27,78	26,93	26,75	26,63	26,70	27,30	26,10	26,00	25,75	26,33
	e mmHg	25,25	22,70	21,54	21,85	21,20	20,31	22,03	20,85	20,55	21,43	21,43
110cm	T_s °C	39,10	37,00	35,68	34,53	35,78	37,08	36,03	36,68	35,23	31,75	32,38
	T_u °C	28,03	26,73	26,18	26,20	26,20	25,93	26,20	25,60	25,75	23,38	25,90
	e mmHg	22,08	20,46	20,06	20,76	20,05	18,74	19,91	18,30	19,44	16,78	21,37
140cm	T_s °C	38,90	37,20	36,45	34,70	35,75	37,45	37,85	36,60	34,75	32,20	32,75
	T_u °C	28,25	26,88	26,80	26,73	26,35	25,80	26,53	26,38	26,30	25,80	24,83
	e mmHg	22,70	20,67	20,93	21,77	20,38	18,27	19,55	19,95	20,84	21,26	21,16
170cm	T_s °C	38,98	37,35	36,25	35,10	36,13	37,95	38,05	37,40	35,78	33,03	32,50
	T_u °C	28,33	27,70	27,60	26,98	27,48	26,65	27,33	26,70	26,73	26,63	26,10
	e mmHg	23,12	22,36	22,77	22,07	22,57	19,76	21,14	20,17	21,15	22,51	21,71
210cm	T_s °C	39,50	37,95	36,65	35,00	36,43	38,00	38,53	38,35	36,15	33,35	33,13
	T_u °C	28,33	26,65	26,73	26,15	25,80	25,48	26,80	26,80	26,90	25,48	25,08
	e mmHg	22,53	19,76	20,66	20,40	18,85	17,30	20,28	19,85	19,22	19,95	19,28

Data: 26/01/78

Data: 30/01/78

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

(Tratamento

Tabela 14

Tabela 15

Altura res (z)	Elemento	H o r a s												H o r a s											
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15	11:45	12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45
60cm	T_s °C	20.30	20.95	21.68	22.95	24.80	26.83	28.68	30.38	31.70	32.74	33.83	33.85	---	29.48	28.38	26.88	27.60	27.00	24.85	23.75	23.50	23.53	22.35	21.35
	T_u °C	20.00	20.44	20.93	21.98	23.10	23.83	24.75	25.40	25.47	25.63	25.73	---	---	23.98	22.25	21.33	22.13	21.35	19.60	18.93	18.25	18.28	17.80	17.08
	e mmHg	17.37	17.73	18.14	19.25	20.23	19.84	19.38	20.21	20.74	20.29	19.99	20.17	---	---	19.22	16.64	15.87	16.86	15.84	14.12	13.65	12.76	12.69	12.17
110cm	T_s °C	20.15	20.89	21.73	23.18	25.33	27.49	29.40	31.33	31.98	32.90	33.90	34.10	---	---	30.38	29.13	26.98	27.83	26.90	24.70	23.75	23.38	23.85	22.53
	T_u °C	19.63	20.22	20.60	21.75	22.63	22.97	23.08	24.20	24.58	24.94	24.95	24.73	---	---	23.95	21.95	20.77	21.88	21.15	19.03	18.35	17.65	17.08	16.05
	e mmHg	16.84	17.40	17.89	18.71	19.06	18.45	17.57	18.99	18.95	18.55	18.60	18.04	---	---	18.65	15.88	14.87	16.29	15.55	13.28	12.74	11.87	11.91	10.69
140cm	T_s °C	20.03	20.83	21.73	23.38	25.58	27.78	29.68	31.25	32.13	32.79	33.73	34.53	---	---	30.25	30.23	23.98	28.40	27.10	24.88	24.10	23.50	24.08	22.58
	T_u °C	19.60	20.19	20.80	21.13	22.70	23.38	23.80	25.43	25.16	25.43	25.20	25.20	---	---	24.38	22.05	20.95	21.98	21.23	18.98	18.50	17.83	18.13	17.13
	e mmHg	16.86	17.39	17.89	17.52	19.05	19.07	16.76	20.59	20.55	19.75	19.54	18.72	---	---	19.54	15.23	16.87	16.14	15.56	13.10	12.78	12.08	12.22	11.92
170cm	T_s °C	19.80	20.76	21.85	23.53	25.98	28.03	29.73	31.70	33.33	33.54	33.63	34.35	---	---	30.88	28.13	29.03	29.78	26.88	24.83	24.33	23.35	24.15	22.88
	T_u °C	19.60	20.24	20.95	21.78	22.85	23.43	23.68	24.68	25.18	25.16	25.58	25.13	---	---	24.45	22.03	21.50	22.85	21.13	19.33	18.48	17.68	18.35	17.38
	e mmHg	17.00	17.52	18.09	18.56	19.10	19.00	16.50	19.31	19.36	19.22	20.00	18.68	---	---	19.33	16.38	14.91	16.93	15.92	13.69	12.62	11.94	12.51	11.75
210cm	T_s °C	19.75	20.93	22.30	23.95	26.75	29.27	31.18	33.73	33.50	33.91	35.03	35.43	---	---	31.25	28.48	29.18	29.73	26.85	25.03	24.68	23.55	24.35	23.03
	T_u °C	19.60	20.32	21.08	21.63	22.90	23.63	23.85	24.30	24.38	24.49	24.70	25.70	---	---	22.05	19.95	20.53	21.83	20.05	18.55	17.80	16.68	17.50	16.85
	e mmHg	17.02	17.54	18.04	18.06	18.75	19.08	19.31	17.41	17.69	16.68	17.45	19.21	---	---	14.65	14.91	13.19	15.12	13.71	12.33	11.36	10.32	11.10	10.88

Data: 09/02/78

Altura res (z)	Elemento	H o r a s												H o r a s											
		12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45	12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45
60cm	T_s °C	34.10	34.60	34.65	33.55	34.45	32.99	32.53	33.70	32.78	31.37	30.18	28.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	T_u °C	26.13	26.74	26.78	25.68	25.83	25.81	25.93	26.08	26.18	25.50	24.83	23.72	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	e mmHg	20.65	21.85	21.90	20.24	20.04	20.84	21.34	20.98	21.71	21.13	20.47	19.57	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
110cm	T_s °C	34.15	34.60	34.63	33.57	34.85	33.22	32.90	34.70	33.26	31.86	30.73	27.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	T_u °C	25.20	26.17	26.63	24.80	25.38	25.39	25.50	25.48	24.50	23.75	23.18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	e mmHg	18.94	20.67	21.60	18.48	18.90	19.84	19.91	19.23	20.01	18.88	18.07	18.55	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
140cm	T_s °C	34.55	34.91	34.78	33.08	34.48	33.47	33.58	34.40	33.15	31.77	30.68	28.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	T_u °C	25.80	26.59	27.08	25.78	26.28	26.01	25.88	25.60	24.58	23.80	23.05	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	e mmHg	19.92	21.38	22.47	20.72	20.95	20.98	20.64	20.17	20.32	19.08	18.19	18.30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
170cm	T_s °C	35.03	35.56	36.03	34.18	35.10	33.66	33.50	35.23	34.28	32.37	30.65	28.30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	T_u °C	25.78	26.48	26.90	26.03	27.13	26.46	25.68	26.03	24.74	23.75	22.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	e mmHg	19.61	20.75	21.38	20.60	22.40	21.80	21.23	19.70	20.55	19.09	18.12	18.01	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
210cm	T_s °C	35.40	35.94	36.13	34.73	35.23	34.48	35.03	37.33	35.83	32.79	31.25	29.95	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	T_u °C	25.78	26.28	26.75	26.35	26.45	26.02	26.03	25.68	25.25	23.98	23.15	22.35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	e mmHg	19.40	20.12	21.00	20.96	20.87	20.42	20.12	18.09	18.09	17.35	16.64	15.92	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Data: 01/02/78

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

Tratamento 2

Tabela 16

Alturas (Z)	Elementos	H o r a s											
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:05	11:45
60cm	T_s °C	---	---	22,60	23,55	24,93	26,45	28,20	29,58	30,35	31,48	32,58	33,08
	T_u °C	---	---	21,23	21,70	22,65	23,50	24,40	25,33	26,00	25,03	25,73	25,43
	e mmHg	---	---	18,13	18,42	19,33	20,03	20,75	21,60	22,73	20,12	20,90	20,01
110cm	T_s °C	---	---	22,70	23,78	25,30	27,13	28,78	30,03	30,38	31,85	32,90	33,33
	T_u °C	---	---	21,35	22,13	23,00	23,80	25,33	26,45	26,78	27,03	27,13	27,10
	e mmHg	---	---	18,29	19,04	19,76	20,40	22,25	23,83	24,10	24,03	23,85	23,35
130cm	T_s °C	---	---	22,85	24,10	25,53	27,45	29,00	30,35	30,38	32,45	33,60	33,75
	T_u °C	---	---	21,43	22,40	23,33	24,40	25,63	26,48	27,15	27,55	27,95	27,93
	e mmHg	---	---	18,33	19,35	20,23	21,18	22,74	23,71	25,14	24,83	25,05	24,47
170cm	T_s °C	---	---	23,25	24,53	25,83	28,03	28,85	31,03	31,95	32,85	33,73	33,75
	T_u °C	---	---	21,05	21,88	22,43	23,53	24,93	25,63	25,68	25,73	25,88	25,68
	e mmHg	---	---	17,46	18,17	18,41	19,19	20,86	21,58	21,16	20,74	20,56	20,13
210cm	T_s °C	---	---	23,33	24,80	26,78	29,25	30,25	31,03	31,63	32,93	33,48	33,78
	T_u °C	---	---	21,38	22,13	23,05	24,48	25,68	26,18	25,65	26,20	26,35	25,33
	e mmHg	---	---	17,98	18,46	19,01	20,31	22,13	22,72	21,29	21,67	21,68	19,40

Data: 26/01/78

Tabela 17

Alturas (Z)	Elementos	H o r a s											
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15	11:45
60cm	T_s °C	19,93	20,53	21,88	23,63	24,03	25,93	28,05	29,38	30,65	32,05	34,33	36,70
	T_u °C	19,18	19,63	19,88	21,25	21,95	23,13	24,30	24,73	25,00	25,95	27,10	28,28
	e mmHg	16,24	16,66	16,27	17,58	18,58	19,63	20,65	20,73	20,54	21,66	22,78	24,01
110cm	T_s °C	19,85	20,45	21,00	22,78	24,18	26,00	28,18	29,75	31,03	32,15	34,23	36,35
	T_u °C	19,18	19,65	19,95	21,38	22,05	23,18	24,25	25,20	25,85	26,45	27,53	28,60
	e mmHg	16,29	16,70	16,90	18,29	18,68	19,68	20,49	21,45	22,04	22,62	23,76	24,93
140cm	T_s °C	19,83	20,45	21,13	22,98	24,48	26,48	28,75	30,30	31,65	32,80	34,88	36,90
	T_u °C	19,18	19,68	19,93	21,25	22,05	23,15	24,25	25,18	25,80	26,35	27,35	28,65
	e mmHg	16,30	16,75	16,79	17,95	18,50	19,35	20,17	21,09	21,58	22,06	23,00	24,74
170cm	T_s °C	19,60	20,43	21,30	23,20	24,78	26,78	28,05	30,83	31,95	32,78	34,70	36,85
	T_u °C	19,10	19,70	20,03	21,33	22,63	24,23	25,73	28,23	28,53	28,53	28,70	28,88
	e mmHg	16,30	16,79	16,85	17,96	18,65	19,51	20,47	21,89	22,29	22,44	23,76	24,88
210cm	T_s °C	19,50	20,43	21,43	23,40	25,00	27,25	29,35	30,95	31,75	32,98	34,73	36,38
	T_u °C	18,19	19,48	19,75	21,20	21,95	23,40	25,03	25,33	25,28	25,45	26,23	27,35
	e mmHg	16,03	16,44	16,31	17,63	18,03	19,39	21,34	21,02	20,46	20,12	20,71	22,14

Data: 30/01/78

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

(Tratamento 2)

Tabela 19

Tabela 18

Alturas (z)	Elementos	H o r a s												H o r a s											
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15	11:45	12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45
60cm	Ts °C	19.95	20.35	21.18	22.56	24.58	26.49	28.00	29.35	30.38	31.73	32.98	32.20	31.33	33.88	32.23	30.23	29.15	29.05	27.60	27.45	27.90	27.58	26.40	25.48
	Tu °C	19.73	19.80	20.45	21.30	22.43	22.76	22.23	24.05	24.78	24.57	24.73	24.83	24.33	24.88	24.45	24.08	23.78	24.23	23.25	22.65	21.65	22.05	21.75	21.00
	e mmHg	17.11	17.32	17.61	18.28	19.12	19.26	18.63	19.43	19.86	18.95	18.68	19.32	18.83	18.46	18.57	18.97	19.02	19.94	19.23	17.89	15.85	16.74	16.88	16.10
110cm	Ts °C	19.75	20.28	21.23	22.73	25.05	27.11	28.58	29.90	30.83	30.62	30.57	32.43	30.10	32.55	33.38	31.30	28.95	28.65	27.33	27.35	26.23	26.75	26.50	25.65
	Tu °C	19.55	19.90	20.45	21.33	22.50	23.23	23.50	24.40	24.90	24.69	24.88	25.68	24.33	24.78	25.75	25.15	24.23	24.13	22.80	22.55	21.75	22.05	21.58	20.75
	e mmHg	19.95	17.40	17.59	18.23	18.99	19.15	18.81	19.79	20.24	19.94	20.35	20.88	19.33	19.02	20.49	20.47	20.00	19.96	18.24	17.76	16.98	17.21	16.52	15.58
140cm	Ts °C	19.73	20.28	21.40	22.88	25.33	27.48	29.13	30.33	31.05	31.61	32.38	33.43	30.50	32.90	33.68	31.73	29.80	29.80	28.33	28.50	27.95	28.30	29.83	30.45
	Tu °C	19.53	19.19	20.50	21.33	22.60	23.22	23.45	24.23	24.68	24.62	24.98	25.95	24.33	24.78	25.75	25.15	24.23	24.13	22.80	22.55	21.75	22.05	21.58	20.75
	e mmHg	16.92	17.17	17.58	18.15	19.01	18.92	18.41	19.21	19.68	19.25	19.51	20.88	19.33	19.02	20.49	20.47	20.00	19.96	18.24	17.76	16.98	17.21	16.82	15.58
170cm	Ts °C	19.60	20.33	21.75	23.35	25.88	28.15	30.03	31.45	31.73	32.17	32.68	33.53	30.50	32.90	33.68	31.73	29.80	29.80	28.33	28.50	27.95	28.30	29.83	30.45
	Tu °C	19.23	19.60	20.50	21.15	22.48	22.78	22.80	24.05	23.90	23.95	23.63	25.13	24.33	24.78	25.75	25.15	24.23	24.13	22.80	22.55	21.75	22.05	21.58	20.75
	e mmHg	16.51	17.07	17.38	17.58	18.47	17.73	16.70	18.23	17.78	16.87	16.72	19.15	19.33	19.02	20.49	20.47	20.00	19.96	18.24	17.76	16.98	17.21	16.82	15.58
210cm	Ts °C	19.25	20.53	21.70	23.45	26.28	28.39	29.80	31.05	31.15	31.79	32.68	33.20	30.50	32.90	33.68	31.73	29.80	29.80	28.33	28.50	27.95	28.30	29.83	30.45
	Tu °C	19.15	19.76	20.56	21.23	22.50	23.38	23.90	24.95	24.15	24.08	24.28	25.43	24.33	24.78	25.75	25.15	24.23	24.13	22.80	22.55	21.75	22.05	21.58	20.75
	e mmHg	16.58	17.10	17.50	17.64	18.29	18.73	18.88	20.22	18.60	18.09	17.97	19.94	19.33	19.02	20.49	20.47	20.00	19.96	18.24	17.76	16.98	17.21	16.82	15.58
12:15 12:45 13:15 13:45 14:15 14:45 15:15 15:45 16:15 16:45 17:15 17:45																									
60cm	Ts °C	33.40	35.75	34.13	31.93	31.95	31.02	31.15	31.78	30.53	29.76	28.78	27.73	25.00	24.73	24.31	24.15	25.00	24.60	24.13	23.85	23.08	22.00	21.00	20.00
	Tu °C	24.90	26.68	25.85	25.20	24.73	24.31	24.15	25.00	24.60	24.13	23.85	23.08	22.00	21.00	20.00	19.37	18.52	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50
	e mmHg	18.78	22.05	20.27	20.20	19.26	18.98	18.60	19.90	21.77	20.00	19.37	18.52	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50	10.50	9.50	8.50	7.50	6.50
110cm	Ts °C	32.55	34.53	34.35	32.25	31.75	31.06	31.20	32.20	30.83	29.68	28.63	26.95	25.00	24.73	24.31	24.15	25.00	24.60	24.13	23.85	23.08	22.00	21.00	20.00
	Tu °C	25.40	26.45	26.55	26.73	25.85	25.14	25.48	25.35	24.63	23.96	23.28	22.95	22.00	21.00	20.00	19.37	18.52	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50
	e mmHg	20.25	19.97	21.59	23.16	21.63	20.59	20.95	20.37	20.02	19.07	19.07	18.73	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50	10.50	9.50	8.50	7.50	6.50
140cm	Ts °C	35.45	35.90	35.03	33.68	33.13	31.81	32.00	32.83	30.98	30.00	28.93	27.18	25.00	25.82	25.65	25.80	25.20	24.60	24.13	23.69	23.15	22.20	21.60	20.60
	Tu °C	25.80	26.28	25.46	25.25	24.73	24.31	24.15	25.00	24.60	24.13	23.85	23.08	22.00	21.00	20.00	19.37	18.52	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50
	e mmHg	19.41	23.46	19.70	19.93	20.73	19.97	20.16	20.57	19.33	18.39	19.97	17.23	17.50	16.50	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50	10.50	9.50	8.50	7.50	6.50
170cm	Ts °C	34.15	35.35	35.60	34.18	33.95	32.24	31.83	32.60	31.23	30.12	29.10	27.43	25.00	25.82	25.65	25.80	25.20	24.60	24.13	23.69	23.15	22.20	21.60	20.60
	Tu °C	24.68	24.93	24.80	24.95	25.08	24.94	24.18	24.53	23.50	22.72	22.15	21.60	20.60	19.60	18.60	17.60	16.60	15.60	14.60	13.60	12.60	11.60	10.60	9.60
	e mmHg	17.91	22.04	17.52	18.44	18.81	19.84	18.84	18.70	17.30	16.50	16.05	16.03	15.00	14.00	13.00	12.00	11.00	10.00	9.00	8.00	7.00	6.00	5.00	4.00
210cm	Ts °C	33.50	34.33	35.18	34.73	33.85	32.82	32.20	33.13	32.63	31.34	29.85	27.85	25.00	25.75	25.60	25.15	24.95	24.83	23.78	23.26	22.63	22.05	21.40	20.63
	Tu °C	25.73	25.75	26.03	26.65	25.98	25.15	24.95	24.95	24.83	23.78	23.26	22.63	22.05	21.40	20.63	19.63	18.63	17.63	16.63	15.63	14.63	13.63	12.63	11.63
	e mmHg	20.37	20.25	20.03	21.59	20.69	19.62	19.57	18.79	17.04	16.81	16.48	16.58	15.50	14.50	13.50	12.50	11.50	10.50	9.50	8.50	7.50	6.50	5.50	4.50

Data: 08/02/78

Data: 01/02/78

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

(Tratamento 3)

Tabela 20

Altu- ras (Z)	Elemen- tos	H o r a s										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	---	---	22.70	23.70	25.08	26.60	28.48	29.75	30.53	32.35	33.15
	T_u °C	---	---	21.45	22.28	23.10	23.88	25.23	26.25	26.18	27.28	27.55
	e mmHg	---	---	18.46	19.36	20.07	20.66	22.23	23.60	23.00	24.21	24.33
110cm	T_s °C	---	---	22.90	24.03	25.60	27.20	28.78	30.05	30.83	32.45	33.50
	T_u °C	---	---	21.50	22.28	23.18	24.25	25.55	26.25	26.18	27.05	27.20
	e mmHg	---	---	18.43	19.17	19.91	21.05	22.72	23.42	22.83	23.74	24.59
130cm	T_s °C	---	---	22.78	24.03	25.70	27.50	29.00	30.18	31.00	32.38	33.70
	T_u °C	---	---	21.50	22.48	23.65	24.78	25.88	26.58	26.90	27.23	28.48
	e mmHg	---	---	18.50	19.53	20.75	21.90	23.25	24.03	24.24	25.16	25.97
170cm	T_s °C	---	---	23.15	24.40	26.08	28.03	29.58	30.50	31.40	32.53	33.95
	T_u °C	---	---	21.75	22.83	23.83	25.23	26.48	27.33	27.48	27.78	28.68
	e mmHg	---	---	18.73	19.96	20.86	22.48	24.14	25.44	25.27	25.19	26.76
210cm	T_s °C	---	---	23.40	24.78	26.73	28.98	30.13	31.10	31.90	32.58	33.98
	T_u °C	---	---	21.45	22.33	23.60	25.10	25.78	26.13	25.78	25.98	27.23
	e mmHg	---	---	18.06	18.82	20.07	21.69	22.40	22.57	21.39	21.42	23.25

Data: 26/01/78

Tabela 21

Altu- ras (Z)	Elemen- tos	H o r a s										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	16.70	18.50	19.28	20.78	22.10	24.08	26.33	28.08	29.55	31.18	32.88
	T_u °C	16.22	17.90	18.38	19.48	20.18	21.55	23.18	23.95	24.33	25.13	26.23
	e mmHg	13.57	15.04	15.34	16.24	16.64	18.02	19.49	19.97	19.84	20.49	21.76
110cm	T_s °C	16.53	18.55	19.33	20.88	22.43	24.63	26.05	28.55	29.83	30.95	33.10
	T_u °C	16.05	17.75	18.28	19.43	20.23	21.70	23.03	23.73	24.15	24.18	25.35
	e mmHg	13.41	14.78	15.15	16.09	16.53	17.80	18.92	19.26	19.35	18.76	19.85
140cm	T_s °C	16.63	18.40	19.28	20.95	22.43	24.50	26.70	28.25	29.58	30.75	32.65
	T_u °C	15.75	18.30	18.33	19.58	20.55	22.05	23.48	24.48	25.20	25.73	26.80
	e mmHg	12.93	15.71	14.92	16.31	17.08	18.49	19.64	20.88	21.54	21.94	23.10
170cm	T_s °C	16.50	18.30	19.33	21.03	22.58	24.78	26.95	28.63	20.80	30.93	32.80
	T_u °C	16.18	17.80	18.60	19.23	20.63	22.20	23.68	24.58	25.58	26.15	27.20
	e mmHg	13.61	15.00	15.65	16.94	17.45	18.60	20.09	20.86	22.18	22.70	23.87
210cm	T_s °C	16.35	18.25	19.43	21.25	23.05	25.55	26.90	28.90	30.25	31.28	32.68
	T_u °C	15.88	17.45	18.05	19.32	20.40	22.65	24.20	24.15	24.68	25.10	26.78
	e mmHg	13.26	14.49	14.74	15.72	16.46	18.98	21.11	19.88	20.14	20.38	20.95

Data: 30/01/78

Altu- ras (Z)	Elemen- tos	H o r a s										
		12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15
60cm	T_s °C	34.58	33.95	34.60	32.03	32.03	33.43	32.98	31.73	30.90	29.55	28.95
	T_u °C	26.38	25.40	25.60	24.75	24.73	25.05	24.38	23.68	23.48	23.40	23.73
	e mmHg	21.11	19.46	19.49	19.27	19.22	19.06	17.99	17.36	17.45	18.07	19.03
110cm	T_s °C	34.50	33.93	33.98	32.18	32.15	33.25	32.98	31.95	31.00	29.65	28.00
	T_u °C	26.33	25.18	25.43	24.83	24.18	24.55	24.48	24.10	23.88	23.23	23.80
	e mmHg	21.04	18.98	19.50	19.33	18.08	18.18	23.32	18.04	18.15	17.69	19.15
140cm	T_s °C	34.53	33.88	34.33	32.75	32.23	33.28	32.73	31.80	30.85	29.55	28.83
	T_u °C	27.68	26.25	26.58	25.08	25.30	25.65	25.53	25.05	24.75	24.20	24.43
	e mmHg	23.92	21.23	21.66	21.32	20.23	20.35	20.41	19.99	19.94	19.60	20.45
170cm	T_s °C	34.63	34.15	34.65	33.33	32.63	33.63	33.10	31.93	31.28	30.13	29.20
	T_u °C	27.43	28.83	27.05	26.53	25.98	26.03	25.75	25.53	24.55	24.20	24.43
	e mmHg	23.31	26.72	22.49	22.12	21.28	20.92	20.65	20.86	19.30	19.27	20.24
210cm	T_s °C	34.35	33.83	35.35	34.23	34.15	34.35	33.60	32.65	31.80	30.70	29.45
	T_u °C	25.78	24.50	25.23	24.83	24.95	24.78	24.85	24.23	23.48	23.75	23.68
	e mmHg	20.20	17.74	18.31	18.16	18.46	18.00	18.57	17.89	16.94	18.09	18.66

Data: 30/01/78

Valores médios para intervalos de 30 minutos das temperaturas dos termômetros de bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), e de tensões de vapor d'água (e) a diferentes alturas Z.

(Tratamento 3)

Tabela 22

Alturas (Z)	Elementos	H O R A S										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	19,85	20,47	21,18	22,28	24,23	26,11	27,65	28,98	30,20	30,78	31,50
	T_u °C	19,60	19,96	20,30	21,23	22,55	23,25	23,58	24,18	24,85	24,62	24,75
	e mmHg	16,97	17,22	17,36	19,45	19,54	19,77	19,49	19,88	20,51	19,72	19,57
110cm	T_s °C	19,68	20,30	21,08	22,53	24,65	26,74	28,40	29,48	30,38	31,02	31,73
	T_u °C	19,53	19,95	20,33	20,98	22,23	22,69	22,75	23,60	23,88	23,83	24,13
	e mmHg	16,94	17,27	17,46	17,75	18,72	18,36	17,54	18,50	18,51	18,12	18,21
140cm	T_s °C	19,68	20,37	21,13	22,50	26,05	27,18	28,33	29,45	30,33	30,80	31,30
	T_u °C	19,45	19,94	20,50	21,35	22,75	23,45	23,85	25,06	25,53	25,36	25,55
	e mmHg	16,82	17,24	17,73	18,40	18,88	19,54	19,63	21,34	21,77	21,17	21,28
170cm	T_s °C	19,90	20,32	21,13	22,63	25,10	27,11	28,65	29,85	30,68	31,03	31,45
	T_u °C	19,35	19,93	20,63	21,28	22,55	23,08	23,50	24,70	25,82	26,02	26,45
	e mmHg	16,70	17,24	17,95	18,20	19,05	18,87	18,77	20,20	20,88	19,99	19,80
210cm	T_s °C	19,30	20,14	21,15	22,70	25,48	27,61	29,25	30,60	31,00	31,03	31,20
	T_u °C	19,13	19,74	20,35	21,13	22,65	23,47	24,63	25,60	24,88	24,10	23,78
	e mmHg	16,51	17,02	17,46	17,91	19,02	19,34	20,61	21,83	20,10	18,58	17,85

		12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45
60cm	T_s °C	32.58	33.11	33.60	32.50	31.75	31.00	30.80	31.18	30.23	29.10	28.10	26.75
	T_u °C	26.03	26.44	26.85	26.60	26.33	25.71	25.63	26.08	25.50	24.72	24.36	23.53
	e mmHg	21.52	22.07	22.66	22.76	22.62	21.71	21.71	22.41	21.77	20.87	20.73	19.91
110cm	T_s °C	32.78	33.34	33.63	33.50	33.98	31.89	30.90	31.78	30.73	29.38	28.33	26.78
	T_u °C	24.95	25.44	25.83	25.58	25.23	24.19	23.38	24.60	24.28	23.15	22.80	22.18
	e mmHg	19.24	19.90	20.50	20.48	19.09	18.27	17.26	19.11	19.08	17.74	17.67	17.42
140cm	T_s °C	32.13	32.95	33.68	33.48	31.93	31.06	30.60	31.45	30.45	29.15	28.05	25.60
	T_u °C	28.20	27.39	26.90	27.70	26.68	25.80	25.13	26.33	26.08	24.70	24.00	23.18
	e mmHg	26.44	24.26	22.89	24.57	23.25	21.94	20.82	22.78	22.83	20.84	20.07	19.34
170cm	T_s °C	32.83	33.00	32.88	33.10	32.13	31.65	31.83	32.60	30.45	29.27	28.30	27.08
	T_u °C	25.93	26.21	26.23	26.53	25.75	24.94	24.48	24.63	24.95	23.81	23.00	22.08
	e mmHg	21.17	21.66	21.76	22.26	21.20	19.85	18.84	18.70	20.57	19.06	18.10	19.12
210cm	T_s °C	32.88	32.87	32.58	33.60	33.20	32.30	32.20	33.13	31.18	29.87	28.93	27.50
	T_u °C	25.30	25.44	25.43	26.03	26.13	25.37	24.95	24.63	25.13	24.50	23.83	22.80
	e mmHg	19.86	20.13	20.29	20.94	21.36	20.35	19.57	18.79	20.49	20.01	19.23	18.14

Data: 01/02/78

Tabela 23

Alturas (Z)	Elementos	H O R A S										
		6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15	9:45	10:15	10:45	11:15
60cm	T_s °C	16,90	17,85	19,15	20,43	21,68	23,03	24,20	22,55	26,60	28,30	29,18
	T_u °C	16,50	17,40	18,28	19,05	19,85	20,83	21,48	22,30	23,10	24,23	25,50
	e mmHg	13,34	14,64	15,25	15,74	16,34	17,20	17,65	20,05	19,21	20,37	22,37
110cm	T_s °C	15,90	17,85	19,28	20,65	21,85	23,20	24,53	25,75	26,60	28,30	29,45
	T_u °C	16,48	17,15	18,05	18,68	19,53	20,40	21,05	21,85	22,60	23,38	24,40
	e mmHg	13,82	14,27	14,83	15,03	15,71	16,37	16,73	17,43	18,29	18,75	20,04
140cm	T_s °C	16,90	17,78	18,15	20,63	22,13	23,45	24,50	25,90	27,05	28,38	29,80
	T_u °C	16,65	17,20	18,15	19,05	20,03	21,03	22,53	23,25	24,25	25,38	25,73
	e mmHg	14,08	14,39	15,63	15,63	16,37	17,30	18,01	18,55	19,22	20,38	21,78
170cm	T_s °C	16,85	17,73	19,23	20,80	22,25	23,75	24,91	26,25	27,05	29,03	30,68
	T_u °C	16,40	17,08	18,15	18,90	20,00	21,00	21,45	22,20	22,80	23,78	25,05
	e mmHg	13,73	14,23	15,01	15,29	16,26	17,08	17,16	17,76	18,40	19,09	20,73
210cm	T_s °C	16,50	17,58	19,25	20,83	22,83	25,83	26,03	27,10	27,10	28,55	30,65
	T_u °C	16,25	16,85	17,98	18,75	20,55	21,88	22,65	23,65	23,65	25,13	25,53
	e mmHg	13,72	13,98	14,74	15,03	16,85	17,43	18,70	19,95	19,95	21,82	22,03

	12:15	12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	15:45	16:15	16:45	17:15	17:45
60cm	T_s °C	29,95	30,35	31,10	30,23	29,76	29,68	27,65	27,45	27,60	27,55	25,53
	T_u °C	24,88	25,45	25,88	25,15	24,80	24,58	23,35	23,00	22,63	22,60	22,08
	e mmHg	20,70	21,62	22,05	21,08	20,65	20,26	19,07	18,53	17,77	18,11	17,38
110cm	T_s °C	29,95	30,55	31,58	29,95	28,85	29,15	27,58	27,35	27,58	27,68	26,63
	T_u °C	24,20	24,73	25,18	24,23	23,73	23,70	22,58	22,20	21,83	22,10	21,33
	e mmHg	19,37	20,06	20,36	19,43	19,09	18,57	17,68	17,13	16,34	16,77	16,01
140cm	T_s °C	29,63	31,50	30,93	29,58	28,85	29,05	27,15	26,90	27,48	27,58	26,53
	T_u °C	25,20	25,83	25,88	25,05	24,65	24,48	22,98	22,68	22,50	22,83	21,83
	e mmHg	21,49	22,29	22,15	21,26	20,89	20,43	18,66	18,25	17,60	16,14	16,94
170cm	T_s °C	30,10	31,03	31,70	30,05	29,03	29,35	27,08	26,90	25,05	27,68	26,58
	T_u °C	24,58	25,30	25,78	24,75	24,20	23,68	22,08	22,08	21,70	22,10	21,33
	e mmHg	20,02	20,91	21,51	20,40	19,90	18,72	17,07	17,17	17,56	16,77	16,04
210cm	T_s °C	29,60	30,83	32,08	20,45	29,25	30,35	26,70	26,50	27,65	27,83	26,53
	T_u °C	24,10	25,33	25,70	25,30	24,58	24,26	22,50	22,18	22,00	22,46	21,63
	e mmHg	19,38	21,09	21,12	21,24	20,51	19,25	18,05	17,58	16,61	17,31	16,59

Data: 08/02/78

Fig. 7. Perfis de temperatura do ar (T_s) e tensão de vapor d'água (e) no interior da cultura, para diferentes horas do dia 01/02/78. (Tratamento 1).

Fig. 8. Perfis de temperatura do ar (T_s) e tensão de vapor d'água (e) no interior da cultura, para diferentes horas do dia 01/02/78. (Tratamento 2).

Fig. 9. Perfis de temperatura do ar (T_s) e tensão de vapor d'água (e) no interior da cultura, para diferentes horas do dia 01/02/78. (Tratamento 3).

Fig. 10. Perfis de temperatura do ar (T_s) e tensão de vapor d'água (e) referentes ao horário de 10:45 para o dia 01/02/78, nos diferentes tratamentos.

Fig. 11. Comportamento dos fluxos, fontes (F) e sorvedouros (S) de calor sensível, nos diferentes tratamentos no horário de 10:45. Dia 01/02/78.

Fig. 12. Comportamento dos fluxos, fontes (F) e sorvedouros (S) de calor latente, nos diferentes tratamentos no horário de 10:45.
Dia 01/02/78.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Comportamento da cultura

Uma análise dos dados contidos na tabela 1 e curvas da figura 3, mostra que o índice de área foliar nos três tratamentos cresceu com o tempo até atingir um máximo no 53º dia. A partir daí, houve um decréscimo progressivo no IAF dos três tratamentos, com uma inclinação mais acentuada para os tratamentos 1 e 3. Esse fato pode ser explicado, provavelmente, tendo em vista a maior densidade de plantio no tratamento 1, e uma maior interceptação de luz no tratamento 3, devido a não orientação no plano das folhas ao longo das linhas da cultura. A influência provocada pela maior densidade de plantio no tratamento 1, pode ser comprovada pelos dados de área foliar, uma vez que, a partir do 46º dia ela foi sempre menor que a do tratamento 2. O efeito da interceptação luminosa no tratamento 3, ficou evidenciado, pela redução em sua área foliar a partir do 60º dia. Observou-se neste tratamen-

to, um amarelecimento prematuro nas folhas inferiores.

Notou-se fenômeno idêntico, embora com menor intensidade, no tratamento 1. Isto talvez seja devido à orientação das folhas o que possibilitou uma maior penetração de luz através do dossel da cultura, em relação ao tratamento 3, nesta fase de desenvolvimento. No tratamento 2 o fenômeno não foi observado devido, possivelmente, a uma maior penetração de luz.

A porcentagem de orientação do plano das folhas na direção Norte-Sul, nos dois tratamentos onde procedeu-se semeadura orientada, foi de 58%. Na tabela 4, encontram-se as informações sobre a porcentagem de sombreamento do solo nos três tratamentos, o que vem evidenciar a influência da orientação do plano das folhas na interceptação luminosa, uma vez que, no tratamento 1, apesar da maior densidade de plantio, ocorreu um menor sombreamento do solo em relação ao tratamento 3. O tratamento 2, com espaçamento 20 x 100cm com orientação, foi o que mais se deixou atravessar pela luz solar, não havendo amarelecimento precoce em suas folhas inferiores, o que possibilitou uma maior área foliar fotossinteticamente ativa.

Os dados de produção contidos na tabela 4, mostram que os tratamentos com plantio orientado (1 e 2), apresentaram em relação ao tratamento 3, um aumento na produtividade de 33,3 e 41,4% respectivamente, levando a crer que para as condições com que o estudo foi conduzido, a mudança no microclima do milho "Cargil 111" pela técnica de orientação de plantio, é uma prática benéfica.

Contudo, SANTOS (1978), utilizando o mesmo procedimento com o milho variedade "Piranão", não obteve sucesso no tocante ao aumento de produtividade.

No que diz respeito a altura da cultura, analisando-se os dados da tabela 1, observa-se que ocorreu um considerável aumento na altura média das plantas, uma vez que, se-

gundo as características do milho "Cargil 111", essa altura é de 200 centímetros, enquanto para este estudo, observou-se uma altura média nos 3 tratamentos de 270 a 279cm, numa amostragem de 100 plantas por tratamento. Devido a este porte elevado, observou-se problemas de acamamento em todos os tratamentos. Acredita-se que, este aumento na altura da cultura, se deva a alta densidade de plantio, pois utilizou-se duas plantas por cova. Talvez, em estudos futuros, seja conveniente a utilização de apenas uma planta por cova a fim de se tentar corrigir este inconveniente, pois plantas muito altas, ficam sujeitas a acamamento o que dificulta a colheita.

6.2. Perfis de vento

Analisando os dados das tabelas 5, 6, 7 e 8, observa-se que as velocidades do vento acima da cultura ao longo dos quatro dias de leitura, encontram-se numa faixa que varia entre 100 e 400 $\text{cm}\cdot\text{seg}^{-1}$, velocidades essas que a bibliografia caracteriza a atmosfera como em estado de neutralidade (LEMON, 1965).

A análise dos perfis médio e normalizado acima da cultura (fig. 4), traçados de acordo com os dados experimentais apresentados na tabela 9, indica que os mesmos são tipicamente logarítmicos para as velocidades do vento nesta faixa no interior da camada limite superficial. O regime de vento no interior da cultura, obtido neste estudo conforme fig. 4, pode ser classificado como típico, quando comparado com os regimes encontrados para o milho por outros pesquisadores, conforme é mostrado por LEMON (1969) e UCHIYAMA (1976).

6.3. "Deslocamento do plano zero" d, e altura da rugosidade Z_0

Uma análise dos dados apresentados nas tabe-

las 10 e 11 e figuras 5 e 6, onde foram obtidos valores de 22 e 244 centímetros para o parâmetro rugoso (Z_0) e o "deslocamento do plano ~~zero~~" (d) respectivamente, mostra que a relação de Z_0/h encontrada (0,08) situa-se dentro da faixa apresentada pela literatura, enquanto que a obtida para d/h (0,9), foi um pouco superior aos valores encontrados por outros pesquisadores em milho. No entanto, é comprovado pela literatura, que os valores desta relação estão na dependência da geometria, da elasticidade e da disposição dos elementos dentro da comunidade vegetal, assim como da velocidade do vento. As modificações introduzidas nas técnicas de plantio (orientação e adensamento), devem ter contribuído para um deslocamento para cima do plano d.

6.4. Perfis de temperatura e tensão de vapor d'água no interior da cultura

Numa análise dos dados experimentais contidos nas tabelas de 12 a 23 e figuras 7, 8 e 9, pode-se obter as seguintes informações quanto ao comportamento da tensão de vapor d'água e temperatura no interior da cultura, nos três tratamentos.

Nos tratamentos 1 com orientação, mas alta densidade de plantio, e 3, com maior espaçamento porém sem orientação do plano das folhas, o comportamento dos perfis, tanto de temperatura como de umidade são semelhantes, embora no tratamento 3 seja evidenciada uma maior intensidade nos valores extremos. Nestes tratamentos, a temperatura aumenta com a altura até um nível correspondente a 0,4h, decrescendo a partir daí, até o nível médio do dossel vegetativo (0,5h), sofrendo novamente um acréscimo até o topo da cultura. A tensão de vapor apresenta um comportamento exatamente oposto ao da temperatura, decrescendo a partir do nível do solo até 0,4h, aumentando em seguida, até atingir um valor máximo na camada média da folhagem e sofrendo então, uma redução gradativa com a altu

ra no interior da massa foliar. No tratamento 2, com maior espaçamento e orientação no plano das folhas, os perfis apresentam-se com valores de máximos e mínimos em posições opostas às aquelas apresentadas nos tratamentos 1 e 3, ou seja, a temperatura decresce até o nível de 0,4h enquanto a tensão sofre acréscimo até esse nível; se processa então uma inversão nos perfis, com valores de máximo e de mínimo numa altura mais elevada (0,6h), onde tem início um decréscimo da temperatura e aumento na tensão de vapor em direção ao limite superior do dossel vegetativo.

6.5. Localização das fontes e sorvedouros de calor e vapor d'água

Utilizando-se dos dados referentes ao horário de 10:45 para o dia 01/02, traçou-se os perfis característicos de temperatura e tensão de vapor d'água no interior da cultura nos diferentes tratamentos (fig. 9), e com base nas equações 4 e 5, procedeu-se a determinação do sentido dos fluxos (figuras 11 e 12).

Analisando-se a figura 11, observa-se que a temperatura nos tratamentos 1 e 3 cresceu com a altura, de forma que o gradiente de temperatura ($\Delta T/\Delta Z$) é positivo até o nível de 0,4h. Em razão disso, nessa zona tem-se um fluxo negativo, ou seja, em direção à superfície do solo. Entre 0,4 e 0,5h ocorre uma inversão, onde o gradiente de temperatura assume valores negativos, dando origem a fluxo positivo direcionado de baixo para cima. A divergência dos fluxos de calor sensível na altura de 0,4h, caracteriza esta região como uma fonte de calor sensível.

Na metade superior do dossel, observa-se que nos tratamentos 1 e 3, os gradientes de temperatura são positivos, indicando que o sentido dos fluxos de calor sensível é de cima para baixo, até o nível de 0,5h. Como entre 0,4 e 0,5h o sen

tido do fluxo é de baixo para cima, fica assim evidenciada uma região onde há concorrência de fluxo ao nível de 0,5h, caracterizando uma zona com um sorvedouro de calor sensível.

No tratamento 2, o comportamento da temperatura é oposto ao dos tratamentos 1 e 3. Na região entre a superfície do solo e 0,4h, o fluxo de calor é positivo e entre 0,4 e 0,6h o fluxo é negativo. Assim, ao nível de 0,4h tem-se uma região de sorvedouro de calor sensível, contrastando com a região de fonte de calor sensível neste mesmo nível, nos tratamentos 1 e 3. Na zona entre 0,6h e o topo da cultura, ocorre novamente um gradiente negativo de temperatura, condicionando um fluxo positivo de calor. Com isto identifica-se uma região de fonte de calor sensível no nível 0,6h.

Na análise da figura 12, observa-se que os fluxos de umidade, apresentam sentidos inversos àqueles apresentados pelos fluxos de calor sensível, em todos os tratamentos, inclusive com os contrastes nas zonas de fontes e sorvedouros entre o tratamento 2 e os tratamentos 1 e 3. No tratamento 2, é observado uma região de fonte de umidade ao nível de 0,4h e uma de sorvedouro em 0,6h. Nos tratamentos 1 e 3, ao nível de 0,4h, é caracterizado um sorvedouro de umidade enquanto que a fonte localiza-se ao nível de 0,5h.

Essas variações, constatadas no comportamento dos fluxos de calor sensível e umidade, evidenciaram a influência provocada no microclima dos diferentes tratamentos, pela introdução da orientação e maior densidade de plantio. No tratamento 3, por exemplo, onde a semeadura foi realizada ao acaso, os perfis de tensão de vapor d'água apresentaram amplitudes de variação bem mais pronunciadas no longo do dia que nos tratamentos 1 e 2, conforme figuras 7, 8 e 9. Essas variações se processaram não só em termos quantitativos, como também no posicionamento das regiões de valores máximos e mínimos, uma vez que esta última característica pode ser observada, quando comparam-se os perfis de temperatura e tensão de vapor d'água

dos tratamentos 1 e 3 com os do tratamento 2. Estas variações também foram observadas, no posicionamento das zonas de fontes e sorvedouros de calor sensível e umidade apresentadas nas figuras 11 e 12. Pode-se assim, verificar que ocorreram variações significativas desses elementos do microclima da cultura nos diferentes tratamentos estudados.

7. CONCLUSÕES

Da análise dos resultados obtidos concluiu-se que:

- 1) O índice de área foliar (IAF), cresceu progressivamente até o 53º dia, nos três tratamentos.
- 2) As plantas dos tratamentos 1 e 3, sofreram **redução** na área foliar em relação às do tratamento 2, a partir do 46º e 60º dias respectivamente.
- 3) As folhas inferiores do tratamento 3, apresentaram secamento prematuro em relação aos tratamentos 1 e 2 (semeadura orientada). Com a técnica de plantio utilizada, obteve-se uma orientação de 58% das plantas.
- 4) O alto porte das plantas nos três tratamentos, evidencia que a densidade de plantas foi elevada nos

três tratamentos.

- 5) Os tratamentos 1 e 2, com sementeira orientada, apresentaram um aumento de produtividade de 33,3 e 41,4% respectivamente, em relação ao tratamento 3, com sementeira ao acaso.
- 6) Os perfis de vento obtidos acima e no interior da cultura, coincidem com os perfis considerados típicos para o milho por outros pesquisadores.
- 7) Os valores de d , Z_0 e U_* , encontrados neste estudo, foram respectivamente 244 centímetros, 22 centímetros e $30,05 \text{ cm} \cdot \text{seg}^{-1}$.
- 8) O alto porte da cultura e a orientação do plano das folhas deve ter influenciado nos valores relativamente elevados de d .
- 9) Observou-se que houve uma inversão na localização de fontes e sorvedouros de calor sensível e calor latente; numa zona de ocorrência de fonte de calor sensível, correspondeu um sorvedouro de calor latente, e vice-versa, nos três tratamentos.
- 10) Os tratamentos 1 e 3, tiveram o mesmo comportamento com relação aos fluxos, diferindo apenas nas intensidades. As fontes de calor sensível, e os sorvedouros de umidade, localizaram-se a 0,4h, enquanto que as regiões de sorvedouros de calor sensível e fontes de umidade, ocorreram ao nível de 0,5h.
- 11) As direções dos fluxos no tratamento 2, tiveram sentidos opostos aos dos tratamentos 1 e 3. Neste tratamento, a 0,4h, foi constatada uma fonte de umidade e um sorvedouro de calor sensível, e a 0,6h, verificou-se um sorvedouro de umidade e uma fonte de calor sensível.

8. SUMMARY

The main objective of this paper is to provide basic information on the microclimate and its variation within maize (*Zea mays*, L.) crops, var. Cargil 111, through the study of sensible and latent heat fluxes within plant canopies.

An analysis of the experimental data made it possible to determine regions of sources and sinks of sensible latent heat, as well as the intensity of the variations occurred in different treatments, as a result of the modifications in the sowing technique (orientation and plant density).

Variations in the leaf area development, plant height and productivity for 3 treatments studied were observed also. The application of these techniques, showed an increase of 33.3 and 41.4% in productivity, for treatments 1 and 2 (oriented sowing) when compared to treatment 3 (traditional sowing), providing evidence that the variation in the microclimate, caused reactions in the plant behavior regarding productivity increase.

9. LITERATURA CITADA

ALLEN, L.H. Jr., 1968. Turbulence and speed spectra within a japanese larch plantation. Journal of Applied Meteorology. 7:73-78.

BAINES, G.B.K., 1972. Turbulence in a wheat crop. Agricultural Meteorology. 10:93-105.

BILL, R.G. Jr., L.H. ALLEN Jr., T. AUDUNSON, B. GEBHART e E. LEMON, 1976. Turbulent transport within and above a maize canopy. Boundary-Layer Meteorology. 10:199-220.

BROWN, K.W. e W. COVEY, 1966. The energy-budget evaluation processes within a corn field. Agricultural Meteorology. 3:73-96.

CIONCO, R.M., 1972. A wind-profile index for canopy flow. Boundary-Layer Meteorology. 3:255-263.

- GILLESPIE, E.R. e K.M. KING, 1971. Night-time sink strengths and apparent diffusivities within a corn canopy. Agricultural Meteorology. 8:59-67.
- GRODZKI, L., 1978. Caracterização aerodinâmica da cultura de soja. Piracicaba, ESALQ-USP. 51p. (Tese de Mestrado).
- HICKS, B.B. e C.M. SHEIH, 1977. Some observations of eddy momentum fluxes within a maize canopy. Boundary-Layer Meteorology. 11:515-519.
- IDE, B.Y., 1978. Comportamento dos fluxos de momentum, calor sensível e vapor d'água, em uma cultura de milho. Piracicaba, ESALQ-USP. 56p. (Tese de Mestrado).
- JOHNSON, C.E., P.V. BISCOE, J.A. CLARK e E. LITTLETON, 1976. Turbulent transfer in a barley canopy. Agricultural Meteorology. 16:17-35.
- LEMON, E.R., 1965. Micrometeorology and physiology of plants in their natural environment. Chapter 2 (pp. 203-227). In: Plant Physiology IV.A. New York, Academic Pres Inc.
- LEMON, E.R., 1969. Gaseous exchange in crop stands. Chapter 6 (pp. 117-137). In: R.C. DINAUER (Ed.), Physiological Aspects of Crop Yield, Am. Soc. of Agron., Crop. Sci. Soc. of America, Madison-Wisconsin. 396p.
- Mc BEAN, G.A., 1968. An investigation of turbulence within the forest. Journal of Applied Meteorology. 7:410-416.
- PERRIER, A. e SEGUIN, B., 1970. Méthodes et techniques de détermination des coefficients de transfert et flux dans l'air. Chapitre X (pp. 425-445). In: Techniques D'étude Des Facteurs Physiques de la Biosphère. Paris, I.N.R.A.

- RANZANI, G., O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Cartas de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ-USP. 85p.
- REICHARDT, K., F. GROHMANN, P.L. LIBARDI e S.V. QUEIROZ, 1976. Spatial variability of physical properties of a tropical soil. I. Geometric Properties. CENA (BT-004).
- SANTOS, J.M., 1978. Estudos de balanço de radiação solar em áreas cultivadas com milho, var. Piranão. Piracicaba, ESALQ-USP. 114p. (Tese de Livre-Docência).
- SHAW, R.H., G. DENHARTOG, K.M. KING e G.W. THURTELL, 1974. Measurements of mean wind flow and three-dimensional turbulence intensity within a mature corn canopy. Agricultural Meteorology. 13:419-425.
- SHAW, R.H., 1976. Wind flow within forest and crop stands. Third Symposium of Atmospheric Turbulence, Diffusion and Air Quality. Raleigh, N.C. October 19-22.
- SILVERSIDES, R.H., 1974. On scaling parameters for turbulence spectra within plant canopies. Agricultural Meteorology. 13:203-211.
- SUTTON, O.G., 1953. Micrometeorology. New York, Mc Graw Hill Book Company. 333 p.
- UCHIJYMA, Z. e J.L. WRIGHT, 1964. An experimental study of air flow in a corn plant air layer. Bulletin of the Nat. Inst. of Agric. Sci. Série A, 11. Japan.
- UCHIJYMA, Z., 1976. Maize and Rice. Chapter 2 (pp. 33-64). In: J.L. MONTEITH (Ed.), Vegetation and the Atmosphere, vol. 2, Academic Press, London. 439 p.

VILLA NOVA, N.A., 1973. Estudos sobre o balanço de energia em culturas de arroz. Piracicaba, ESALQ-USP. 78 p. (Tese de Livre-Docência).

WAGGONER, P.E. e W.E. REIFSNYDER, 1968. Simulation of the temperature, humidity and evaporation profiles in a leaf canopy. Journal of Applied Meteorology. 7:400-409.