

PARÂMETROS AERODINÂMICOS DE UMA CULTURA DE MILHO¹

ORIVALDO BRUNINI², MAURO JANUÁRIO³, GILBERTO F. FISCH³ e
OSWALDO M. CABRAL⁴

RESUMO - Com a finalidade de se determinar os parâmetros aerodinâmicos, experimento foi conduzido com cultura de milho, variedade Maya Normal, no Centro Experimental de Campinas (IAC), durante o ano agrícola 81/82. A velocidade do vento acima da cultura, foi medida com anemômetros tipo caneca (Fuess), obtendo-se um valor médio a cada altura, resultante da medida feita durante 10 minutos. Os resultados mostraram que sob condições de estabilidade neutra, ou próximas da neutralidade, o deslocamento do plano zero (d), pode ser expresso como: $d = 0,68H$, e o parâmetro de rugosidade (Z_o), como $Z_o = 0,22H$, sendo H a altura da cultura.

WIND PROFILE PARAMETERS OF A MAIZE PLANTATION

ABSTRACT - The aerodynamic parameters of a maize plantation (var. Maya Normal), were determined during one growing season (1981/82). The wind speed above the canopy was measured, with cup anemometers (Fuess). The results indicated that under neutral or quasi-neutral conditions of atmospheric stability, the zero plane displacement (d) and the roughness parameter (Z_o) could be related to the height of the crop (H) as: $d=0,68H$ and $Z_o = 0,22H$.

-
1. Contribuição do Instituto Agronômico de Campinas - Cx. Postal 28 - 13.100 - Campinas - SP - Convênio FINEP - Colaboração Fundação Cargill.
 2. Eng^o Agr^o, Ph.D. (Agrometeorologia), Pesquisador - Seção de Climatologia Agrícola - Instituto Agronômico - Bolsista CNPq
 3. Meteorologistas - INPA/CNPq
 4. Meteorologista - CNPSD/EMBRAPA

INTRODUÇÃO

Os processos de transferência que existem entre uma superfície vegetada e a atmosfera são basicamente os de transporte de: momentum, calor sensível, vapor d'água e dióxido de carbono. Sendo que essas trocas são feitas principalmente através dos processos de turbulência (WEBB, 1965; ROSE, 1969).

Em estudos realizados primeiramente por PRANDTL (1932) e DEACON (1949), pode-se determinar os coeficientes de transferência turbulenta, para os processos acima descritos, através de solução do perfil aerodinâmico do vento na camada limite superficial (surface boundary layer).

Para as análises das transferências das propriedades acima descritas, alguns parâmetros intrínsecos da cultura devem ser avaliados. Dentre estes parâmetros, o deslocamento do plano zero (d) e o parâmetro de rugosidade (Z_0) são os mais importantes. Para a cultura de milho MAKI (1975) observou que a amplitude de de variação da relação d/H foi de 0,61 a 0,83 e a da relação Z_0/H foi de 0,03 a 0,1, sendo H a altura da cultura.

Analisando perfis de vento em uma cultura de trigo, no estadio de maturação, MUNRO & OKE (1973) verificaram que d e Z_0 eram dependentes da velocidade média do vento acima da vegetação.

Vários modelos tem sido desenvolvidos, para a estimativa da evapotranspiração, que se baseiam no balanço de energia e a resistência do ar ao transporte de momentum. De acordo com VAN BAVEL *et al.* (1965), o fluxo de vapor da comunidade vegetal ao ar adjacente, pode ser descrito como o resultado da interação entre a diferença de concentração em vapor entre esses dois sistemas e a resistência que a atmosfera impõe a esse sistema.

O presente estudo foi desenvolvido visando a determinação dos parâmetros aerodinâmicos (d , Z_0) de uma cultura de milho e a relação destes com a altura da cultura e estabilidade da atmosfera.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro Experimental de Campinas (IAC) com a variedade de milho Maya Normal, durante o ano agrícola 1981/1982. As análises foram realizadas em uma parcela de 600 m² (20x30 m), sendo que a área total do experimento era 2 ha.

O perfil de vento acima da cultura foi medido com anemômetros tipo caneca, marca Fuess, às alturas de 0,20; 0,40; 0,80; 1,60; 3,20 e 4,40 metros acima da cultura. Eram obtidos valores médios da velocidade horizontal do vento a cada altura, resultantes da medida feita durante 10 minutos.

As condições de estabilidade atmosférica foram determinadas com termopares de cobre-constantan instalados aos mesmos níveis dos anemômetros, obtendo-se um valor médio da temperatura a cada nível, resultante das medições feitas durante 10 minutos. A milivoltagem gerada pelos termopares era amplificada em um microvoltímetro modelo Keithley - 148 e registradas em um registrador modelo Kipp & Zonen. BD7.

Metodologia

O perfil de vento acima de uma superfície, sob qualquer condição de estabilidade é dado por:

$$U(Z) = \frac{U^*}{k} \ln \left(\frac{Z - d}{Z_0} \right) \phi_m (Z/L) \dots \dots \dots (1)$$

sendo: $U(Z)$, velocidade do vento a um nível Z qualquer; ($m s^{-1}$); U^* , velocidade de fricção ($m s^{-1}$), k , constante de VON KARMAN (0,40); Z , nível considerado (m); d , deslocamento do plano zero (m); Z_0 , parâmetro de rugosidade da superfície (m); $\phi (Z/L)$, parâmetro de estabilidade da superfície (adimensional).

As condições de estabilidade atmosférica, podem ser definidas pelo número de Richardson (Ri); ou seja:

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{d\theta/dz}{(dU/dz)^2} \dots\dots\dots (2)$$

sendo: g - aceleração da gravidade ($m^2 s^{-1}$); θ - temperatura potencial ($^{\circ}C$); U - velocidade do vento ($m s^{-1}$); $d\theta/dz$ - gradiente de temperatura ($^{\circ}C m^{-1}$); dU/dz - gradiente de velocidade ($m s^{-1}/m$). Observa-se que para a solução da expressão 2 é necessário a obtenção dos gradientes (dU/dz e $d\theta/dz$), e desta maneira, a solução destes gradientes, com relação ao ponto geométrico Z , é dado por:

$$\frac{dU}{dz} = \frac{U_2 - U_1}{Z} \frac{1}{\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{Z} \frac{1}{\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d}} \dots\dots\dots (4)$$

sendo $Z = z_2 - z_1$, e desde que d seja diferente de zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figs. 1 e 2 apresentam os perfis de velocidade média do vento acima da cultura em duas épocas distintas. Na primeira (Fig. 1) a altura da cultura era 2,00 m, enquanto que na outra (Fig. 2) a altura da cultura era 2,80 m.

A Fig. 3 mostra a variação de temperatura do ar acima e no interior da cultura, correspondente ao perfil de vento descrito na Figura 2.

Como descrita anteriormente para se caracterizar a estabilidade da atmosfera, é necessário conhecer-se os gradientes de temperatura e velocidade do vento (expressões 3 e 4). Desta maneira, com os dados das Figs. 2 e 3, a evolução do número de Richardson para o dia 09/02/82 entre os níveis $z_1 = 4 m$ e $z_2 = 6 m$ a partir do solo foi a seguinte:

a) para as 8:00 h - $Ri = 0$ (neutro)

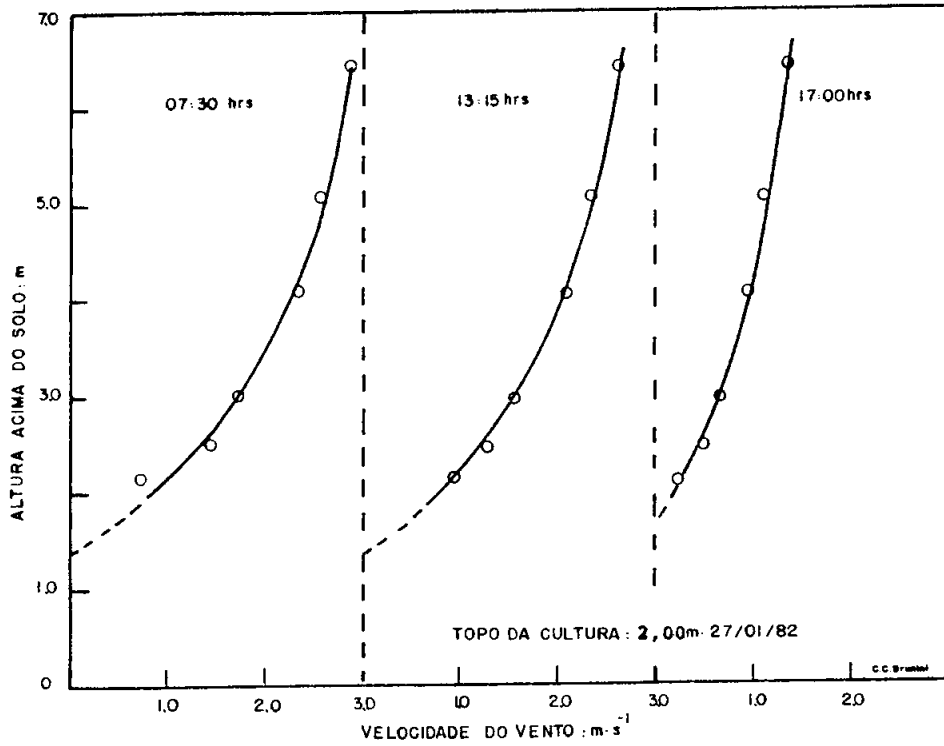


FIGURA 1. Perfis de velocidade média do vento acima da cultura de milho.

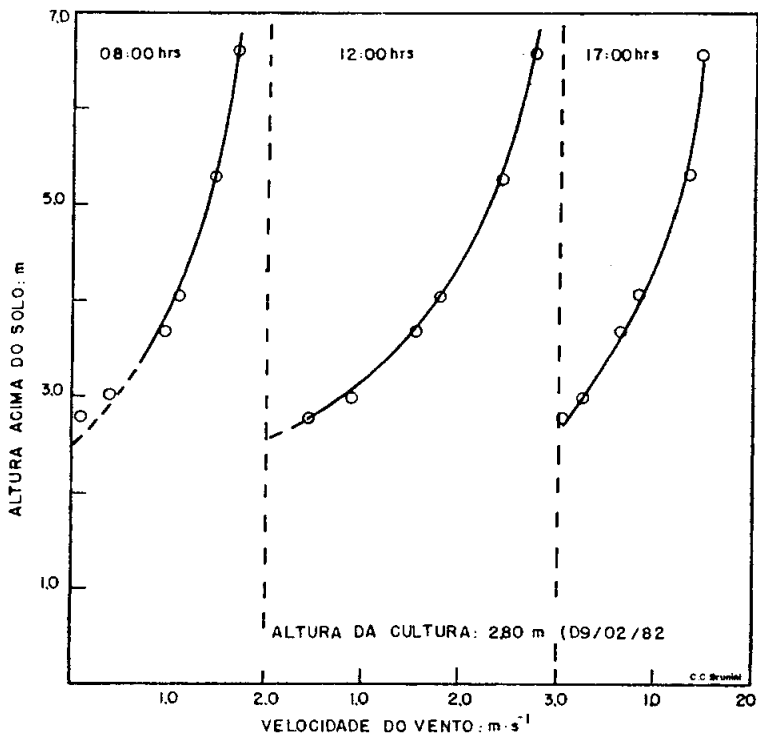


FIGURA 2. Perfis de velocidade média do vento acima da cultura de milho.

- b) para as 12:00 h - $R_i = -0,028$ (instável)
 c) para as 17:00 h - $R_i = -0,148$ (instável)

Os perfis semi-logarítmicos do vento para 3 condições diurnas para os dois dias de análise (Fig. 1 e 2) são apresentados nas Figs. 4 e 5. Com estas análises foi possível estimar o deslocamento do plano zero (d) e o parâmetro de rugosidade (Z_0) da superfície (Fig. 4 e 5). Observa-se que estes parâmetros (d e Z_0) são dependentes da altura da cultura (H) e da velocidade média do vento acima desta, embora d seja em menor grau.

Uma análise de regressão entre (Z_0) e a velocidade média do vento ao nível de 5 metros (\bar{u}_5) acima do solo, mostrou que: a) para o primeiro dia de análise (Fig. 4), a correlação foi: $Z_0 = 1,11 - 0,34 \bar{u}_5$ ($r^2 = 0,99$) e b) para o segundo dia (Fig. 5) a correlação foi a seguinte:

$Z_0 = 0,91 - 0,134 \bar{u}_5$ ($r^2 = 0,79$) (Fig. 6). Contudo, a correlação entre o deslocamento do plano zero (d) e a velocidade média do vento acima da cultura (\bar{u}) não foi muito boa, mostrando que d é mais inerente a altura da cultura.

Quando se comparou os valores de Z_0 e d com a altura da cultura (H), as análises mostraram que, para o primeiro conjunto de análise (Fig. 4) a relação d/H variou de 0,6 a 0,75, enquanto que a relação Z_0/H foi de 0,115 nos dois primeiros casos, porém ao final do dia (17 h) quando a velocidade do vento acima da cultura reduziu, houve um acréscimo nessa relação, ou seja, Z_0 aumentou. Tal fato possivelmente indica uma redução nos processos de troca turbulenta que ocorrem entre a cultura e a atmosfera. O mesmo tipo de relação foi obtido com os resultados do segundo conjunto de análise (Fig. 5). Neste caso a relação d/H foi constante e igual a 0,71; enquanto que a relação Z_0/H variou de 0,2 a 0,28. Para esse dia em particular, o valor de Z_0 foi superior no início e no final do dia.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostraram que a análise do perfil de vento acima da cultura permite a estimativa dos parâ-

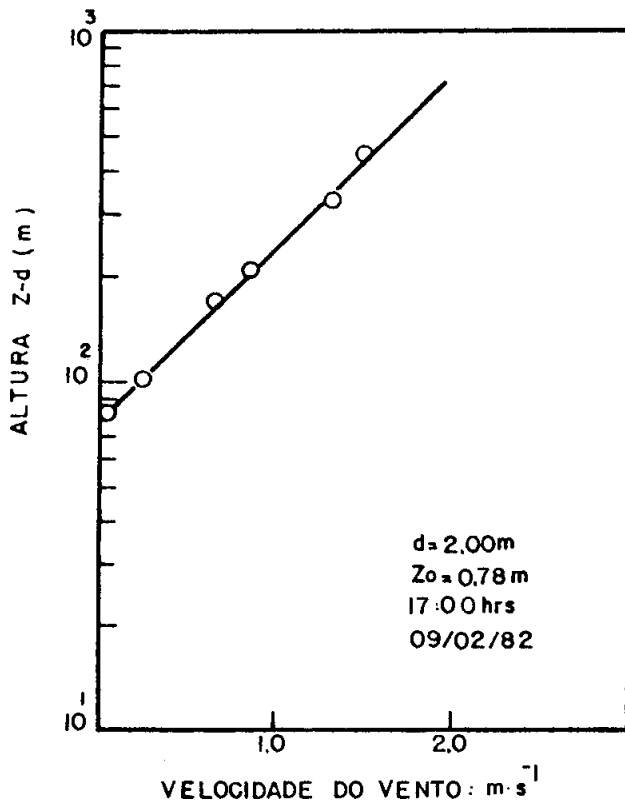
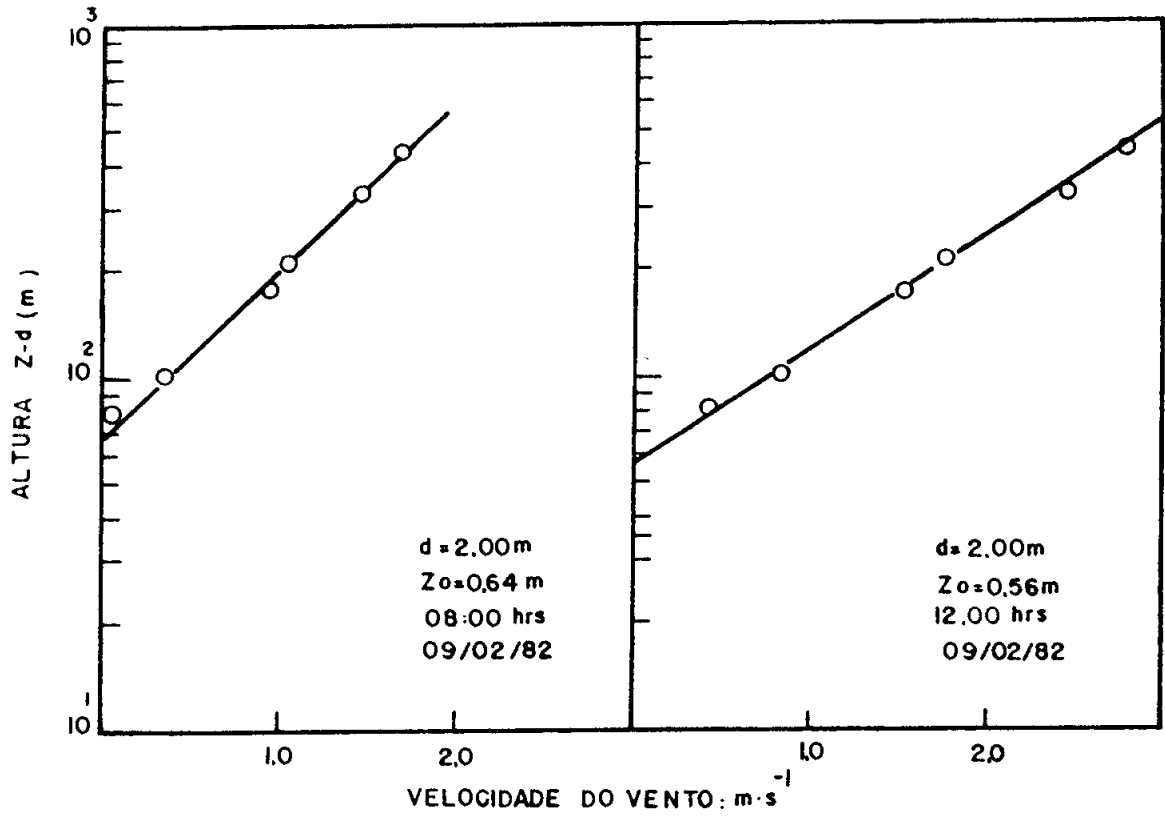


FIGURA 4. Perfil semi-logaritmico do vento acima da cultura de milho.

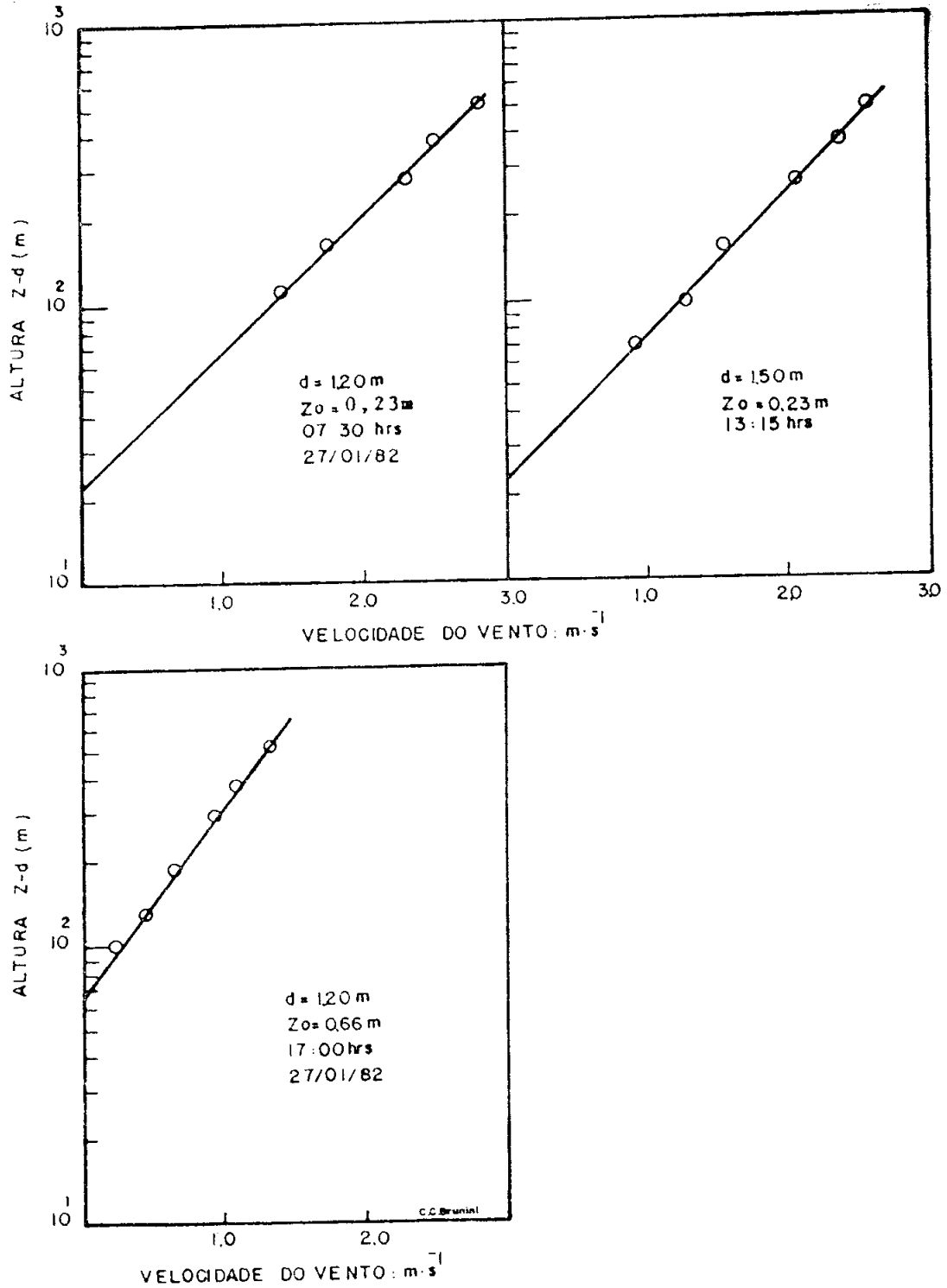


FIGURA 5. Perfil semi-logaritmico do vento acima da cultura de milho

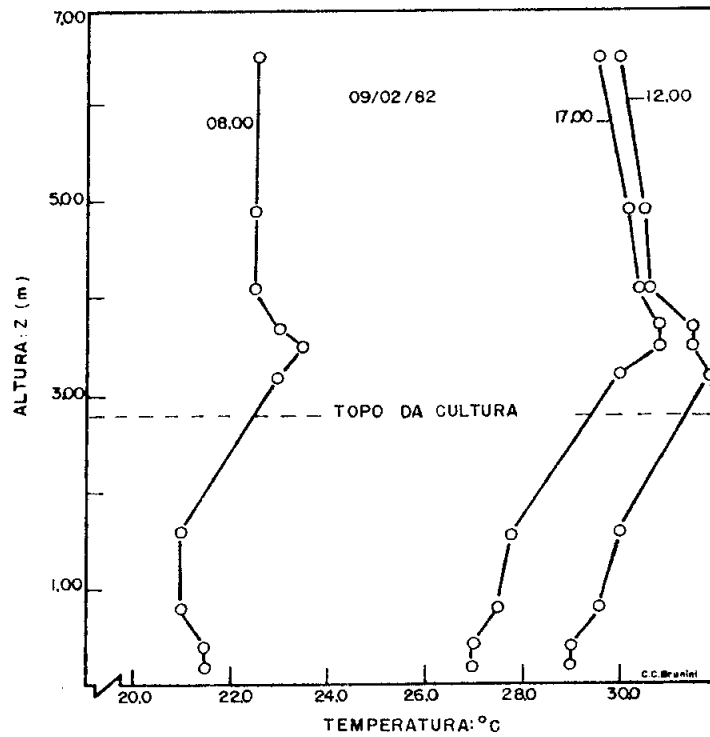


FIGURA 3. Variação da temperatura média do ar no interior e acima da cultura de milho.

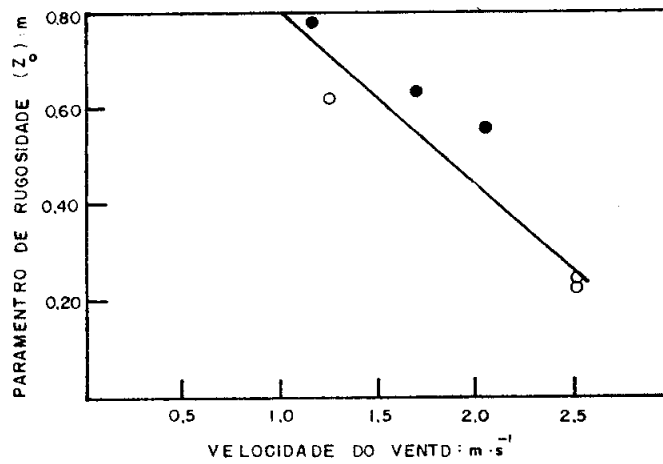


FIGURA 6. Relação entre o parâmetro de rugosidade da cultura (z_0) e a velocidade média do vento a 5 metros (\bar{u}_5) acima do solo. (A altura da cultura era 2,00 e 2,80m).

metros aerodinâmicos desta cultura, ou seja, o deslocamento do plano zero (d) e o comprimento de rugosidade (Z_0), que são importantes para os processos de troca turbulenta entre a vegetação e a atmosfera.

Pode-se concluir também que a relação d/H variou de 0,6 a 0,75 sendo pouco influenciada pela estabilidade da atmosfera. Por outro lado, a relação entre o parâmetro de rugosidade e a altura da planta, (Z/H) variou de 0,115 a 0,33; sendo esta relação influenciada pelas condições de estabilidade da atmosfera e a velocidade média do vento acima da cultura.

REFERÊNCIAS

- DEACON, E.L. Vertical diffusion in the lower part of the atmosphere. Quart. J. R. Met. Soc. London, 75:89-103, 1949.
- MARKI, T. Wind profile parameters of various canopies as influenced by wind velocity and stability. J. Agric. Meteorol. Japan, 31(2):61-70, 1975.
- MUNRO, D.S. & OKE, T.R. Estimating wind profiles parameter for tall dense crops. Agric. Meteorol., Amsterdam, 11: 223-228, 1973.
- ROSE, C.W. The physical environment of agriculture. Part II. In: "Agricultural Physics". The Camelot Press Limited. London, p.30-68, 1969.
- VAN BAVEL, C.H.M.; NAKAYAMA, F.S. & EHRLER, W.L. Measuring transpiration resistance of leaves. Plant Physiol., Kutstown, 40:535-540, 1965.
- WEBB, E.K. Aerial microclimate. Chapter II. In: "Meteorological Monographs - Amer. Meteor. Soc., Boston 6 (28):27-58, 1965.