

RESISTÊNCIAS DE UMA CULTURA DE SOJA AO FLUXO DE VAPOR D'ÁGUA PARA A ATMOSFERA.

José de Paulo Rocha da Costa*

Pedro Vieira de Azevedo**

José Moacir Pinheiro Lima Filho***

Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão**

*Aluno do Curso de Mestrado em Meteorologia da UFPb-C. Grande-Pb

**Departamento de Ciências Atmosféricas da UFPb - C. Grande - Pb

***CPATSA/EMBRAPA - Petrolina - PE.

RESUMO

Este estudo foi desenvolvido na Estação Experimental do CPATSA/EMBRAPA de Mandacarú, Juazeiro-Ba. Utilizou-se uma cultura de soja (GLYCINE MAX MERRILL) irrigada, plantada em fileiras espaçadas de 50,0cm, com 25 plantas/m, objetivando estudar o comportamento diário e estacional das resistências aerodinâmicas (r_a) e estomática (r_c) da vegetação. Foram feitas medições semanais da altura da cultura (h) e do índice de área foliar (IAF). $r_c = r_s/IAF$, onde a resistência estomática das folhas (r_s) foi medida 3 vezes ao dia (09:00; 12:00; 15:00) em folhas ensolaradas e sombreadas, utilizando-se um porômetro de difusão (LI - 1600). As temperaturas da folha (T_f) e do ar (T_a , T_u) foram medidas diretamente no porômetro e com termômetro infravermelho e termopares: A velocidade do vento foi medido num nível Z acima da vegetação.

h e IAF atingiram 89,0cm e 8,5, respectivamente. r_c apresentou valores médios crescentes das 09:00 para às 15:00, com um média diária em torno de 5,0 s/cm, apesar de haver uma redução na fase de máxima atividade fotossintética da cultura. r_a foi obtido pelo método aerodinâmico corrigido para o efeito da estabilidade do ar, obtendo-se valores diários bastante variáveis mas sempre inferiores a r_c . Valores de r_c obtidos pelo método do gradiente de vapor d'água entre a folhagem e o ar, foram sistematicamente inferiores àqueles medidos no porômetro, sugerindo a utilização do modelo do balanço de energia.

ABSTRACT

This study was conducted in the Experimental Station of the CPATSA/EMBRAPA of Mandacarú, Juazeiro-Ba. It was used an irrigated soybean crop (GLYCINE MAX MERRILL), planted in 50.0cm spaced rows, with 25 plants/m. The objective was to study daily and seasonal behaviour of the aerodynamic (r_a) and stomatal (r_c) canopy resistances. Measurements of crop height (h) and leaf area index (LAI) were taken in a weekly basis. $r_c = r_s/LAI$ where r_s is the leaf stomatal resistance measured three times a day (09:00; 12:00; 15:00) in unshaded and shaded leaves, with a diffusive porometer (LI - 1600). The leaf (T_l) and air (T_a) temperatures were measured directly from the porometer and from infrared thermometer and thermocouples. The wind velocity was measured at a level Z above the canopy.

h and LAI reached 89.0cm and 8.5, respectively. r_c showed increasingly mean values from 09:00 to 15:00, with a daily mean around 5.0 s/cm and a decrease in the phase of maximum crop photosynthetic activity. r_a was estimated by the aerodynamic method corrected for the air stability effect. It was obtained daily values much variable but always less than r_c . Values of



5º Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, SBMET, 1988.

r_c obtained by the leaf-air water vapor gradient were systematically less than porometer measurements, suggesting the use of an energy balance model.

INTRODUÇÃO.

Os fluxos de CO_2 do ar para o interior das plantas e de vapor d'água das plantas para a atmosfera são controlados pelas resistências estomáticas (r_s) e aerodinâmica (r_a). A resistência aerodinâmica é uma função da dissipação turbulenta de calor e massa na interface entre a vegetação e o ar e pode ser estimada com base nas propriedades aerodinâmicas da cultura e no vento próximo à superfície. Já a resistência estomática é controlada pela ação de abertura e fechamento dos estômatos das folhas. Essas duas resistências atuam em série, influenciando direta e indiretamente nos processos de fotossíntese e evapotranspiração.

Um dos modelos mais realístico na determinação da taxa de evaporação de superfícies vegetadas é o método combinado de Penman, modificado por MONTEITH (1965), porque leva em conta tanto os efeitos atmosféricos quanto aqueles resultantes dos processos fisiológicos da vegetação. Entretanto, a aplicação da equação Penman-Monteith requer informações sobre a energia disponível (R_n), temperatura (T_a) e deficit de saturação ($e_s - e$) do ar, e as resistências aerodinâmica e estomática da cultura (r_c). Isto é, se r_a e r_c são especificadas, a taxa de evaporação pode facilmente ser estimada com base nos parâmetros atmosféricos medidos em um único nível acima da vegetação, onde $r_c = r_a/IAF$ (índice de área foliar).

A resistência estomática é usualmente medida com porômetros de difusão que, além dos custos bastante elevados, são de difícil operação, necessitando de calibrações constantes. Erros associados com as leituras da resistência estomática com porômetros podem atingir a 20% (PAW & DAUGHTRY, 1984). Por essas razões, o emprego dos porômetros está restrito às pesquisas experimentais, necessitando-se, na prática, obter informações sobre r_c através dos modelos do balanço de energia ou na teoria dos gradientes que considera a analogia da Lei de Ohm.

Os objetivos deste estudo foram: (1) caracterizar o comportamento diário e estacional da resistência estomática de uma vegetação de soja, através de medidas sistematicas da resistência estomática de folhas ensolaradas e sombreadas; (2) estimar as resistências aerodinâmicas e da vegetação; e (3) comparar os valores medidos e estimados.

MATERIAIS E MÉTODOS.

O experimento de campo foi instalado na Estação Experimental do CPATSA/EM BRAPA, localizada no perímetro irrigado de Mandacaru, Juazeiro-Ba. Utilizou-se uma cultura de soja (GLYCINE MAS MERRILL, variedade tropical) irrigada, plantada em fileiras espaçadas de 50cm com cerca de 25 plantas por metro linear. Foram feitas duas medições por semana da altura da cultura (h), através de amostras aleatórias de 10 plantas. O índice de área foliar (IAF) foi monitorado por medições semanais, empregando-se um integrador de área. Cada amostra consistiu da coleta das folhas contidas em $1m^2$ escolhido aleatoriamente. A resistência estomática foi medida, três vezes ao dia (09:00; 12:00; e 15:00) em folhas ensolaradas e sombreadas, utilizando-se um porômetro de difusão marca LI - 1600 da LI-COR.

Os instrumentos utilizados para medir os parâmetros ambientais foram: ter

mômetro infravermelho (temperatura da folhagem); termômetro de máxima e mínima (temperatura seca e úmida do ar); tanque "Classe A" (evaporação convertida em evapotranspiração). As irrigações foram efetuadas de acordo com as necessidades da cultura, isto é, quando a taxa de evaporação diária — medida através de um sistema de dois evapotranspirômetros de lençol freático constante — acumulava uma lâmina correspondente à irrigação anterior.

Para o período inicial do estágio vegetativo da cultura, quando ainda não se identificava folhas sombreadas, a resistência estomática da vegetação foi obtida por:

$$R_c = r_s / IAF. \quad (1)$$

Para o período subsequente foi usada a expressão (NORMAN, 1982):

$$r_c = \frac{r_{ss} IAF_{ss} + r_{sb} IAF_{sb}}{IAF_{ss} + IAF_{sb}}, \quad (2)$$

ou seja, uma média ponderada das resistências de folhas ensolaradas (r_{ss}) e sombreadas (r_{sb}). O índice de área foliar das folhas ensolarada (IAF_{ss}) é obtido por:

$$IAF_{ss} = (1 - e^{-2 \cos \theta}) 2 \cos \theta \quad (3)$$

onde θ é o ângulo de inclinação das folhas em relação a direção dos raios solares. $IAF_{sb} = IAF - IAF_{ss}$.

A resistência aerodinâmica foi estimada com base nas propriedades aerodinâmicas da vegetação, através da expressão:

$$r_a = \frac{[\ln(Z-d)/Z_0]^2}{0,16 \bar{U}(Z)} \left[1 - \frac{5g(Z-d)(T_f - T_a)}{\bar{T} \bar{U}(Z)^2} \right] \quad (4)$$

onde d e Z_0 são o deslocamento do plano zero e o coeficiente de rugosidade da superfície da vegetação, obtidos em função da altura da vegetação por: $d = 0,64h$ e $Z_0 = 0,13h$ (THOM, 1971); $\bar{U}(Z)$ é a velocidade média do vento medido no nível Z acima da cultura; g é a aceleração devido a gravidade; e \bar{T} é a média das temperaturas absolutas da folhagem (T_f) e do ar (T_a).

A resistência estomática da vegetação foi estimada pelo método do gradiente vertical de vapor d'água, que leva em conta a analogia da Lei de Ohm:

$$r_c = \frac{\rho C_p}{\gamma} \frac{[e_s(\theta_f) - e_z]}{LE} - r_a \quad (5)$$

em que $\rho = 1,2 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ é a densidade do ar; $C_p = 0,24 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ é o calor específico do ar; $\gamma = C_p P / 0,622L$ é a constante psicrométrica; $e_s(\theta_f)$ é a pressão de saturação do ar a temperatura potencial (θ) da folhagem, em mb; e_z é a pressão de vapor do ar no nível Z , em mb; L é o calor latente de vaporização em cal/g; e E é a taxa de evapotranspiração, em $\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$.

RESULTADOS E CONCLUSÕES.

A figura 1 mostra a variação estacional da altura da cultura (h) e do índice de área foliar (IAF). A altura da cultura atingiu um valor máximo

(89,0cm) em 30 de novembro. O índice de área foliar apresentou uma variação mais lenta na primeira fase do período vegetativo e mais acentuada na fase de desenvolvimento vegetativo mais intenso, isto é, entre 16/10 a 12/11, quando voltou a variar mais lentamente (fase de floração e vargeamento). IAF atingiu um máximo (8.5) em 28/11.

A figura 2 mostra a variação diária e estacional da resistência estomática da vegetação. No período compreendido entre 30/09 a 03/11, são plotados os dados da resistência estomática com base na equação (1), ao passo que para o período subsequente, plotou-se os dados obtidos pela equação (2). Isto explica a ordem de magnitude de r_c diferenciada de um período para o outro. Sendo $IAF_{sb} > IAF_{ss}$ e $r_{sb} > r_{ss}$, a resistência estomática obtida pela equação (2) tende a ser maior do que aquela obtida pela equação (1), principalmente para as medições das 15:00. Nesta figura são plotados os valores de r_c para os horários das 09:00; 12:00 e 15:00 e a média diária.

A figura 3 compara os valores de r_c medidos e estimados, observando-se uma subestimação pelo método do fluxo de vapor d'água entre a folhagem e o ar. Sugere-se então, a utilização do método combinado do balanço de energia proposto por MONTEITH (1965). Como pode ser observado nas figuras 1 e 2, as irrigações afetaram substancialmente as resistências aerodinâmica e estomática da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- BAILEY, W.G. & J.A. DAVIES. The effect of uncertainty in aerodynamic resistance on evaporation estimates from the combination model. *Boundary-Layer Meteorology*, 20:187-199, 1981.
- BAILEY, W.G. & J.A. DAVIES. Bulk stomatal resistance control on evaporation. *Boundary-Layer Meteorology*, 20:401-415, 1981.
- MILNE, R. Water loss and canopy resistance of a young sitka spruce plantation. *Boundary-Layer Meteorology*, 16:67-81, 1979.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. In: G.F. Fogg (ed.), *The State and Movement of Water in Living Organisms*. Academic Press, New York, pp 205-234, 1965.
- MONTEITH, J.L. *Principles of environmental physics*. Edward Arnold, London, 1973, 241 pp.
- NORMAN, J.M. Modeling a complete crop canopy. In: B.J. Barfield & J. F. Gerber (eds.) *Modification of the Aerial Environment of Plants*. ASAE, 2: 249-277, 1979.
- PAW U, K.T. & C.S.T. DAUGHTRY. A new method for the estimation of diffusive resistance of leaves. *Agric. and Forest Meteorology*, 33: 141-155, 1984.
- SUMAYAO, C.R. & E.T. KANEMASU. Temperature and stomatal resistance of soybean leaves. *Can. J. Plant Science*, 59:153-162, 1979.
- SUMAYAO, C.R., E.T. KANEMASU & T.W. BRAKKE. Using leaf temperature to assess evapotranspiration and advection. *Agric. Meteor.*, 22:153-166, 1979.
- SZEICZ, G. & I.F. LONG, 1969. Surface resistance of crop canopies. *Water Resources Research*, 5:622-633, 1969.
- THOM, A.S. Momentum, mass and heat exchange of vegetation. *Quart. J.R. Met. Soc.*, 98:124-134, 1972.

VALLE, R.R., W.S. DA SILVA & R.A.C. DE MIRANDA. Stomatal resistance and transpiration rates of shaded and unshaded cacao trees. Congresso Brasileiro de Meteorologia, IV. Anais 1. SBMET, Brasília, 20 a 24 de outubro, 1986.

0127

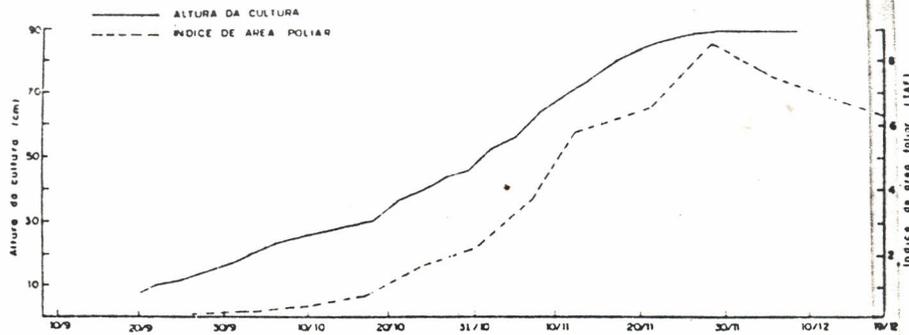


FIGURA 1 - Variação estacional da cultura (h) e do índice de área foliar (IAF).

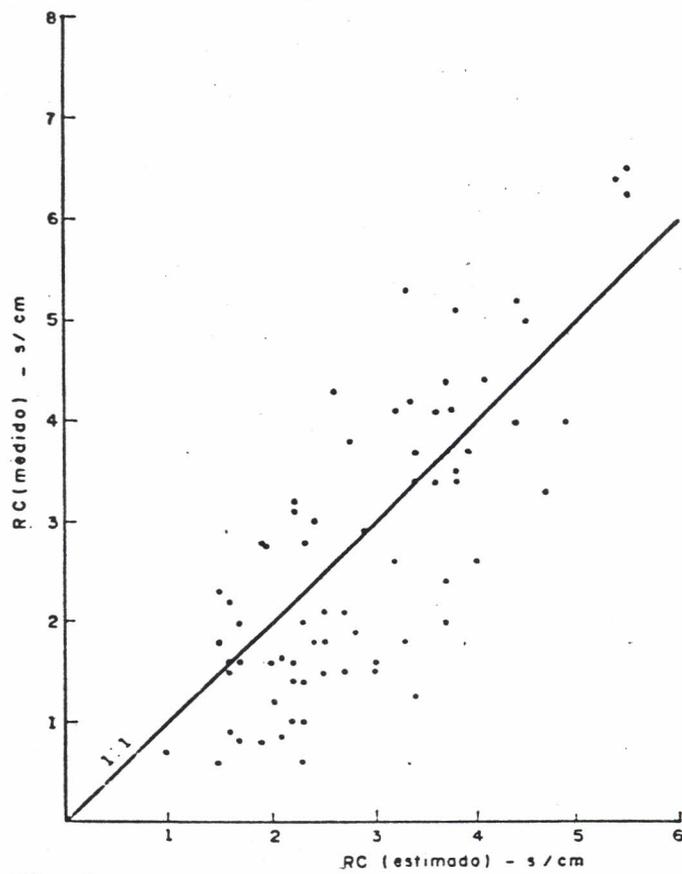


FIGURA 3 - Relação entre as resistências estomáticas da vegetação medida e estimada.

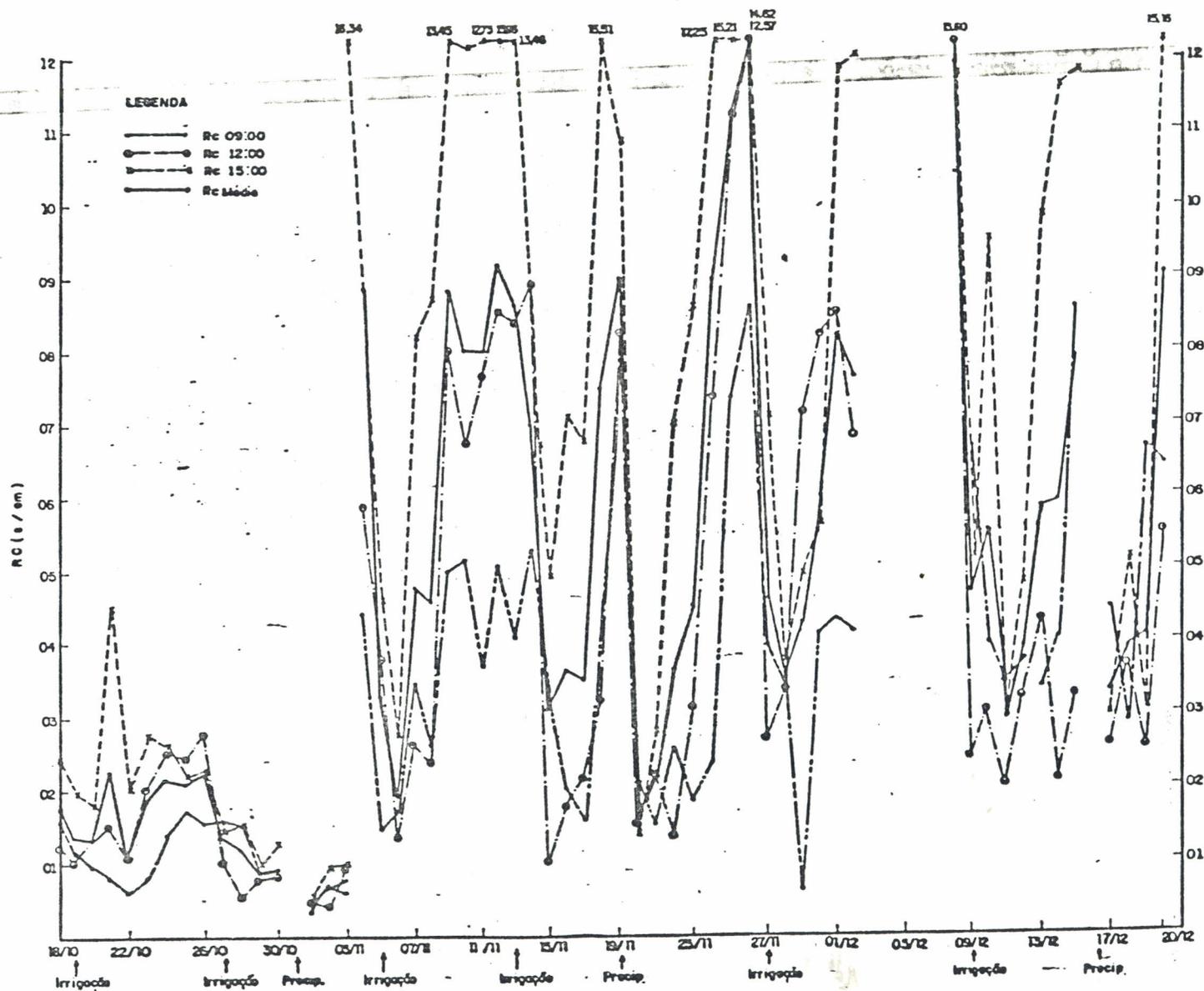


FIGURA 2 - Variação diária e estacional da resistência estomática da cultura.