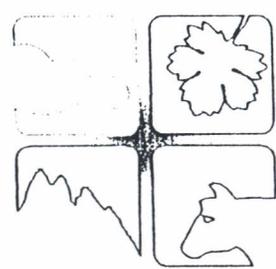


ident:  
9011

(10)  
5  
9415

# ACTAS



## La Agrometeorología hacia el Siglo XXI

VIII REUNION ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGÍA

6 al 9 de Setiembre de 2000

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Cuyo

Mendoza · Argentina

Organiza:  
Asociación Argentina de Agrometeorología

Artigo anais Congresso



# EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA MANGUEIRA NA REGIÃO DO SUBMÉDIO-SÃO FRANCISCO

Bernardo Barbosa da SILVA<sup>1</sup>, Fabrício Marcos Oliveira LOPES<sup>2</sup>, Antônio Heriberto de Castro TEIXEIRA<sup>3</sup>, Pedro Vieira de AZEVEDO<sup>4</sup>, Vicente de Paulo RODRIGUES DA SILVA<sup>5</sup>, José Monteiro SOARES<sup>6</sup>, José Espínola SOBRINHO

## RESUMO

Neste trabalho são apresentados resultados de um experimento agrometeorológico realizado no período de agosto a dezembro de 1998, num pomar de mangueira (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins, irrigada por gotejamento, no Projeto Bebedouro em Petrolina, PE (09° S; 40° 22' O; 365,5 m). Instalou-se uma torre micrometeorológica destinada ao monitoramento da radiação solar global, radiação refletida pela cultura, saldo de radiação, temperatura da cultura com termômetro ao infravermelho e diferença psicrométrica em dois níveis, com termopares de cobre-constantan. Foram instaladas quatro placas para medida do fluxo de calor no solo e quatro baterias de tensiômetros destinados ao monitoramento da umidade do solo até uma profundidade de 1,8 m. Os sinais analógicos foram conectados a um sistema de aquisição de dados, programado para tomada de dados a cada segundo e extração de médias a cada 10 minutos. De acordo com o balanço de energia realizado, pode-se concluir que o fluxo de calor latente foi da ordem de 80% do saldo de radiação, enquanto que o fluxo de calor sensível mostrou-se mais variável e com ocasionais inversões de sinal.

## INTRODUÇÃO

O método da razão de Bowen tem sido muito utilizado na estimativa da evapotranspiração de diferentes culturas, desde que introduzido por Bowen (1926), tendo sido inicialmente destinado à estimativas da evaporação de oceanos. Mas, um grande problema consistia na estimativa da radiação solar

disponível, e uma solução analítica fora apresentada justo por Ira Bowen (Lewis, 1995) quando atuava no Caltech (The California Institute of Technology). Desde então, inúmeros estudos têm feito uso da razão de Bowen.

No Brasil, podem ser citados alguns estudos, dentre tantos outros a

<sup>1</sup>Professor Doutor Adjunto, DCA - UFPb. E-mail: bernardo@dca.ufpb.br

<sup>2</sup>Pesquisador do CNPq / UFPb. E-mail: fabricao@dca.ufpb.br

<sup>3</sup>Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA, PE. E-mail: heriberto@cpatsa.embrapa.br

<sup>4</sup>Professor Doutor Adjunto, DCA - UFPb. E-mail: pedro@dca.ufpb.br

<sup>5</sup>Professor MSc - DCA - UFPb. E-mail: vicente@dca.ufpb.br

<sup>6</sup>Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA, PE. E-mail: heriberto@cpatsa.embrapa.br

fazerem uso do método da razão de Bowen (MRB), tais como os de André e Viswanadham (1986), Silva et al. (1997), Teixeira et al. (1997) e Lopes (1999). No exterior existem inúmeras pesquisas que têm feito uso de tal técnica, a exemplo das contribuições de Angus and Watts (1984).

Pretende-se com este estudo a efetivação de um balanço de energia baseado em medições no topo da copa de plantas de mangueira, bem como avaliar o erro no cálculo do fluxo de calor latente e o monitoramento das variáveis atmosféricas com vistas à geração de produtos que possibilitem o manejo racional de água naquela cultura.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental de Bebedouro, em área da Embrapa Semi-árido, em Petrolina, PE (09° S; 40° 22' O; 365,5 m), no período de agosto a dezembro de 1998. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-amarelo, com lençol freático localizado a cerca de dois metros de profundidade. A cultura estudada foi a mangueira (*Mangica indica L.*), cultivar Tommy Atkins, com seis anos de idade e cultivada em espaçamento de 8 m x 5 m, sendo irrigada por gotejamento com

vazão de 3,9 l/h. Instalou-se uma torre micrometeorológica com 7 m de altura, na qual foram dispostos três radiômetros (radiação solar global, radiação refletida sobre e entre fileiras) dois saldo-radiômetros (sobre e entre fileiras, a 1 m do topo da cultura), um termômetro ao infravermelho, dois psicrômetros (um tangenciando o topo e outro a 1 m do mesmo) e dois anemômetros (um tangenciando o topo e outro a 1 m do mesmo). Próximo ao caule da planta foram instalados ainda duas placas para medição do fluxo de calor no solo, além de mais duas colocadas entre fileiras. Todos os sinais analógicos foram coletados através de um sistema de aquisição de dados (21X da Campbell Scientific), programado para varreduras a cada segundo e extração de médias a cada 10 minutos.

O balanço de energia realizado teve por base as medições do saldo de radiação  $R_n$  ( $W/m^2$ ), do fluxo de calor no solo  $G$  ( $W/m^2$ ) e dos gradientes de temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ) e pressão de vapor d'água (kPa), que combinados adequadamente possibilitam estimar o fluxo de calor latente  $LE$  ( $W/m^2$ ); para tanto, utilizou-se o método da Razão de Bowen e as seguintes expressões:

$$LE = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (1)$$

sendo

$$\beta = \frac{H - \rho_e K_h \frac{\partial T}{\partial z} - c_p K_w \frac{\partial T}{\partial z} - K_h \frac{\partial T}{\partial z} - K_h \Delta T}{\rho K_w \frac{\partial T}{\partial z}} \quad (2)$$

onde  $\beta$  é a razão de Bowen,  $H$  ( $W/m^2$ ) é fluxo de calor sensível,  $p_e$  é a pressão atmosférica local (kPa),  $c_p$  é o calor específico do ar à pressão constante ( $J/kg \cdot ^\circ C$ ),  $L$  é o calor latente de vaporização da água ( $J/kg$ ),  $e$  é razão entre as massas moleculares da água e do ar seco,  $K_h$  e  $K_w$  são os coeficientes de difusão turbulenta do calor sensível e do vapor d'água respectivamente,  $\Delta T$  e

$\Delta e$  são as diferenças de temperatura do ar ( $^\circ C$ ) e pressão de vapor d'água (Pa), medidas em dois níveis, e  $\gamma$  é a constante psicrométrica ( $kPa/^\circ C$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram incluídos para discussão dos resultados os balanços de energia realizados na floração plena (6/08/98), na 2ª queda fisiológica (18/09/98), maturação (18/10/98) e colheita dos frutos (17/11/98). Nas estimativas dos componentes do balanço de energia, utilizou-se o método da razão de Bowen para o intervalo de tempo correspondente aos instantes em que  $R_n$  se apresentou positivo. Nesse sentido, foram obtidos os resultados que estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Balanço de energia na mangueira irrigada em Petrolina, PE.

Datas	$R_n$ ( $W/m^2$ )	$G$ ( $W/m^2$ )	$H$ ( $W/m^2$ )	$LE$ ( $W/m^2$ )	Etr (mm)
06/08/98	419,46	-20,80	-078,22	-320,44	4,71
18/09/98	445,62	-24,47	-054,79	-366,36	5,79
18/10/98	472,87	-31,59	-117,91	-323,37	5,11
17/11/98	318,35	-07,32	-073,63	-237,40	3,75

Os dias analisados estiveram submetidos à regime de irrigação (Tabela 1). A cultura sempre se encontrou ligeiramente mais aquecida

que o ar. Observou-se, quando das análises da temperatura da copa, que durante diversas ocasiões houve alternância nos sinais do fluxo de calor

sensível H e o fluxo de calor latente LE, em valor absoluto, manteve-se superior a H em todos os estádios. O fluxo de calor no solo, em geral, representou uma pequena fração do saldo de radiação, como pode-se notar na Tabela 1, e sendo em geral da ordem ou inferior aos 7%. No final do ciclo produtivo, houve uma sensível redução da evapotranspiração mas, em geral, representou a maior parte de Rn.

Nas Figuras 1 e 2 foram incluídos alguns ciclos diurnos dos componentes do balanço de energia. Pode-se observar que em 06/08/98 plena floração (Figura 1a), houve muita variabilidade no campo da nebulosidade, mas que os padrões de Rn, G, H e LE são absolutamente concordantes com o observado em culturas de pequeno portê.

Na 2ª queda fisiológica (Figura 1c), correspondente ao dia 18/09/98, do saldo de radiação 82,21% foi destinado ao calor latente, 12,30 % como calor sensível e 5,49% para aquecimento do solo.

Na maturação dos frutos (18/10/98), 68,38% da radiação disponível foi usada como calor latente, 24,93% como fluxo de calor sensível e 6,68% foi destinado ao aquecimento do solo (Figura 2a).

No estádio de colheita dos frutos, em 17/11/98, 74,57 % do saldo de radiação foi destinado ao calor latente, 23,12 % para calor sensível e 2,29 % ao fluxo de calor no solo (Figura 2c). Neste dia, o céu esteve bastante nublado. O fluxo de calor latente acompanhou as mudanças em Rn, sendo bastante elevado neste dia.

### CONCLUSÃO

O fluxo de calor latente estimado através do balanço de energia baseado na razão de Bowen representou uma parcela significativa da energia disponível com valores superiores aos 80 % deste, nos estádios de 2ª queda fisiológica e maturação dos frutos. No entanto, o fluxo de calor para o interior do solo representou uma pequena fração do saldo de radiação e foi, em geral, da ordem ou inferior aos 7%.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, R.G.B.; VISWANADHAM, Y. Distribuição de energia numa cultura de soja. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, v. 1, p. 29-37, 1986.
- ANGUS, D.E.; WATTS, P.L. Evapotranspiration - How good is the Bowen ratio method? *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 8, p. 138-150, 1984.

BOWEN, I. S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from aruy water surface. *Phys. Ver. Ser.* Ithaca, v. 27, p. 779-787, 1926.

LEWIS, J.M. The story behind the Bowen Ratio. *Bulletin of the American Meteorology Society*, Oklahoma, v. 76, p. 2433-2443, 1995.

LOPES, P.M.O. Evapotranspiração da Mangueira no semi-árido nordestino. Campina Grande: UFPB/CCT/DCA, 1999. 109p. (Dissertação de mestrado)

SILVA, B.B.; SLACK, D.C.; OLIVEIRA, A.O.; NETTO, J.A. Energy balance in a vineyard field under semiarid condition in Northeast of Brazil. In: *PROCEEDING OF ASAE*, Minneapolis, Minnesota, August, 1997. Paper No. 972180.

TEIXEIRA, A.H.C.; AZEVEDO, P.A.; SILVA, B.B.; MONTEIRO, S.S. Balanço de energia na cultura da videira, e.v. Itália". *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, p. 137-141, 1997.

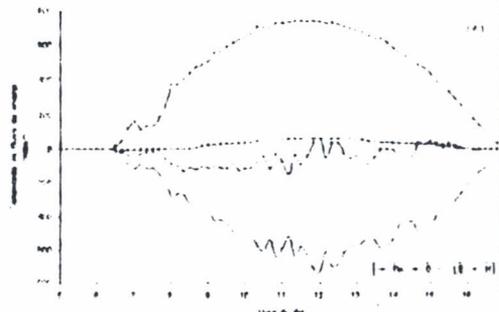
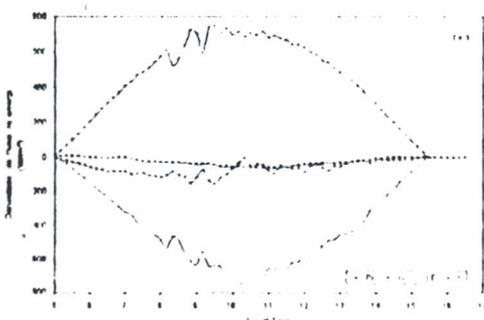
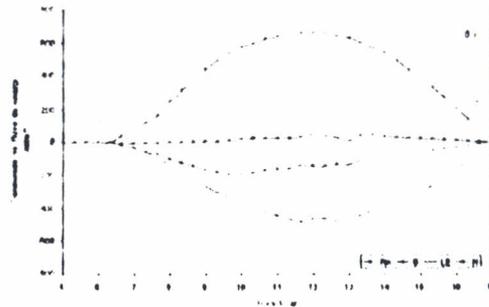
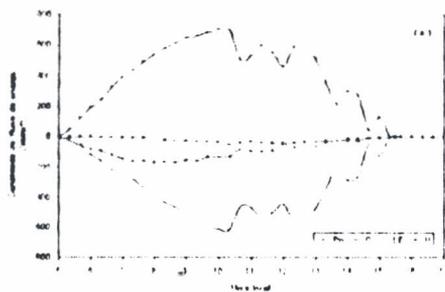


Figura 1- Balanço de energia baseado na razão de Bowen na floração plena em 06/08/98 (a) e 10/08/98 (b) e na segunda queda fisiológica dos frutos em 18/09/98 (c) e 19/09/98 (d).

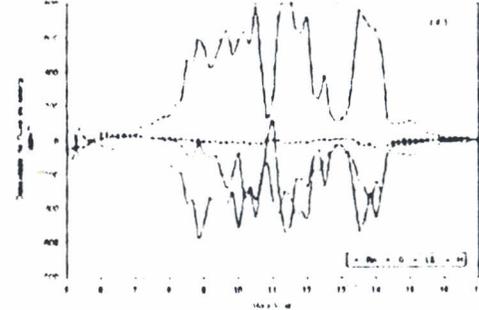
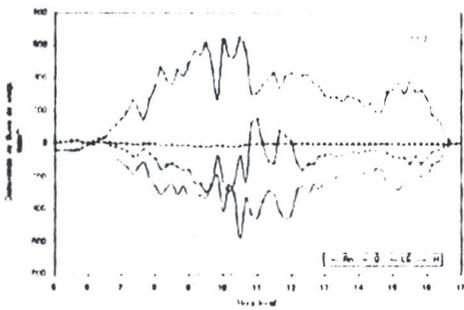
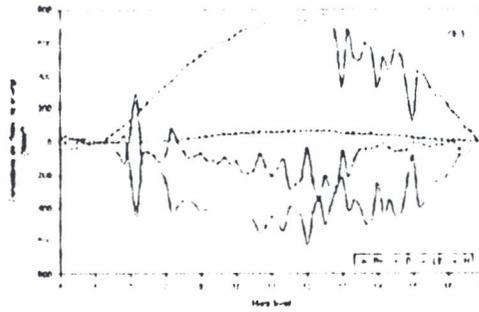
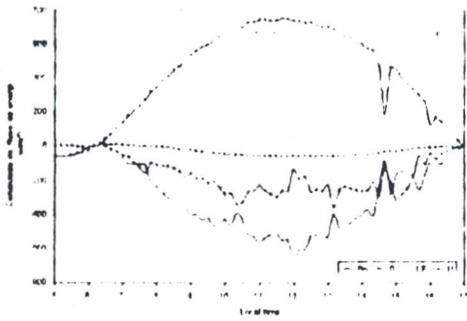


Figura 2 - Balanço de energia baseado na razão de Bowen na maturação dos frutos em 18/10/98 (a) e 19/10/98 (b) e na colheita dos frutos em 17/11/98 (c) e 22/11/98 (d).