

# BALANÇO DE ENERGIA EM GOIABEIRA IRRIGADA NO SUBMÉDIO DO SÃO FRANCISCO<sup>1</sup>

Magna Soelma B MOURA<sup>2</sup>, Pedro Vieira de AZEVEDO<sup>3</sup>, Bernardo Barbosa da SILVA<sup>3</sup>, José Monteiro SOARES<sup>4</sup>.

## Introdução

A cultura da goiabeira integra importantes projetos comerciais de fruticultura irrigada no Nordeste brasileiro, principalmente por se tratar de uma atividade frutícola, que permite várias formas de aproveitamento dos frutos e por apresentar amplas possibilidades de consumo nos mercados interno e externo (GONZAGA NETO, 1990). O cultivo irrigado da goiabeira no semi-árido do Nordeste brasileiro, além de apresentar um nível de produtividade relativamente mais alto que o registrado em outras regiões do país, pode produzir até duas safras por ano, devido, principalmente, à alta disponibilidade de energia solar durante todo o ano.

O balanço de energia sobre superfícies livre de água, vegetação natural ou culturas, irrigadas ou não, tem grande importância em estudos de trocas de energia e massa na camada limite superficial e, por conseguinte, em estudos climatológicos, de modelagem numérica e de estimativas evaporativas e/ou evapotranspirativa. É nesse sentido que o método do balanço de energia tem sido amplamente utilizado, principalmente quando associado à razão de Bowen, pois assim, consiste em um método prático e confiável para determinação da evapotranspiração (SILVA, 2000; KUSTAS et al., 1999; DUGAS et al. 1998; DEVITT et al., 1998; CHAN et al., 1998; dentre outros).

Neste estudo, o método do balanço de energia baseado na razão de Bowen foi utilizado com o objetivo de realizar um estudo do comportamento dos componentes do referido balanço sobre a cultura da goiabeira irrigada.

## Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido em um pomar de goiabeira (*Psidium guajava* L.), variedade 'Paluma', com 4,5 anos, no espaçamento 6,0 m entre plantas e 6,0 m entre fileiras, totalizando 532 plantas em 1,92 ha, localizado no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, Núcleo 09, no Lote número 1194, distante aproximadamente 8,5 km da cidade de Petrolina-PE (09°09's; 40°22'w; 365 m).

A pesquisa teve início no dia 21 de outubro de 2002 e término em 15 de abril de 2003. Os instrumentos utilizados foram: um saldo radiômetro instalado sobre a copa da goiabeira; um fluxímetro no solo; e em dois níveis, sobre a cultura, foram medidas temperaturas do ar em bulbos seco e úmido, por meio de psicrômetros com termopares de cobre e constantan. Os sinais elétricos destes sensores foram coletados em um sistema automático de aquisição de

dados, programado para realizar varreduras a cada 10 segundos e médias a intervalo de 15 minutos.

O balanço de energia no sistema solo-planta-atmosfera é constituído dos fluxos verticais de calor latente (LE), de calor sensível (H), do calor no solo (G) e do saldo de radiação (Rn), todos em  $W.m^{-2}$ , além de fluxos associados à absorção de calor no volume ocupado pela copa (S) e da energia utilizada na fotossíntese (P). Estes dois últimos têm sido negligenciadas no cômputo do balanço de energia, bem como a advecção de calor sensível e de calor latente. Desta feita, o balanço de energia se reduz à seguinte forma:

$$Rn + LE + H + G = 0 \quad (1)$$

Na obtenção do balanço de energia, os fluxos que se dirigem para o sistema são considerados positivos, enquanto os fluxos que saem do sistema são considerados negativos.

BOWEN (1926) propôs a razão entre os fluxos de calor sensível (H) e de calor latente (LE), segundo a expressão:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{-\rho c_p K_h \frac{dT}{dZ}}{-\rho \lambda K_w \frac{dq}{dZ}} = \frac{p_o c_p K_h \Delta T}{\lambda 0,622 K_w \Delta e} = \gamma \frac{K_h \Delta T}{K_w \Delta e} \quad (2)$$

em que  $\beta$  é a razão de Bowen;  $\rho$  é a densidade do ar ( $kg/m^3$ );  $C_p$  é o calor específico do ar à pressão constante ( $J/kg \cdot ^\circ C$ );  $\lambda$  é o calor latente de vaporização da água ( $J/kg$ ) à temperatura do ar ( $T$ ,  $^\circ C$ );  $q$  é a umidade específica;  $T$  é a temperatura do ar ( $^\circ C$ );  $e$  é a pressão parcial do vapor d'água (kPa);  $p_o$  é a pressão atmosférica média (kPa);  $\gamma$  é o fator psicrométrico ( $kPa/^\circ C$ );  $K_h$  e  $K_w$  são os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível e de vapor d'água, respectivamente.

Na ausência de advecção de calor sensível, regional ou local, e em condição de instabilidade atmosférica,  $K_h = K_w$ . Logo, a expressão (2) pode ser escrita como:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (3)$$

Visando corrigir efeitos advectivos, VERMA et al. (1978) observaram que  $K_h$  e  $K_w$  eram diferentes e obtiveram uma expressão que os relacionasse, a qual foi aplicada nessas pesquisas.

Re-arrumando os termos da Equação (1) com o intuito de obter o parâmetro LE, obtém-se:

<sup>1</sup> Desenvolvido através de financiamento do CNPq e apoio da EMBRAPA/Semi-árido

<sup>2</sup> Doutoranda do Curso de Doutorado em Recursos Naturais, UFCG. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Campina Grande, PB – CEP: 58109 – 970. E-mail: [magna@cpatsa.embrapa.br](mailto:magna@cpatsa.embrapa.br). Bolsista CNPq.

<sup>3</sup> Prof. Dr. do Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó. Campina Grande, PB – CEP: 58109 – 970. E-mail: [bernardo@dca.ufcg.edu.br](mailto:bernardo@dca.ufcg.edu.br), [pvieira@dca.ufcg.edu.br](mailto:pvieira@dca.ufcg.edu.br). Bolsista do CNPq.

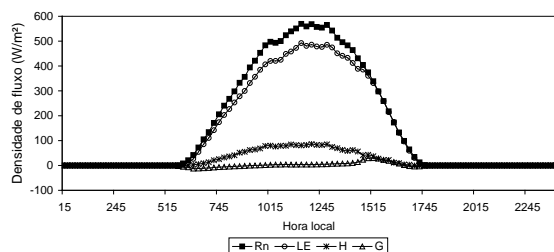
<sup>4</sup> Pesquisador, Dr. Embrapa Semi Árido, BR 428 Km 152, Zona Rural, S/n. Caixa Postal 23. Petrolina, PE - CEP: 56300 - 000. E-mail: [monteiro@cpatsa.embrapa.br](mailto:monteiro@cpatsa.embrapa.br)

$$LE = \frac{(Rn - G)}{1 + \beta} \quad (4)$$

A Equação (4) expressa, a densidade do fluxo de calor latente à superfície (energia por unidade de área e por unidade de tempo).

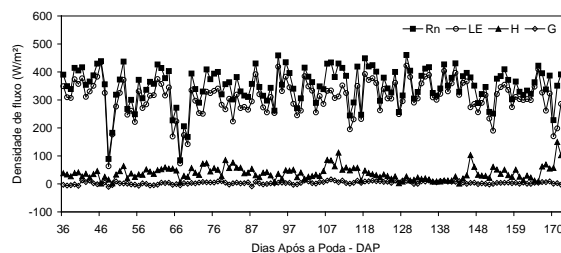
## Resultados e discussão

O comportamento diurno médio do saldo de radiação (Rn), fluxo de calor no solo (G), fluxo de calor latente (LE) e fluxo de calor sensível (H), para todo período estudado é mostrado na Figura 1. Esta figura representa a média para o período, logo, resume as mais variadas condições de tempo, como dias de céu claro, com nebulosidade e com condições de nebulosidade/céu claro se alternando ao longo do dia. Pode-se observar, que o saldo de radiação, assim como o fluxo de calor latente, alcançaram valores máximos absolutos por volta das 11h45, quando atingiram 569,56 e 492,39 W/m<sup>2</sup>, respectivamente. O valor absoluto máximo do fluxo de calor no solo foi da ordem de 29,47 W/m<sup>2</sup>, tendo ocorrido às 15h15 e que mostrou-se inferior ao valor do fluxo de calor sensível do ar, verificado às 12h15 e igual a 86,17 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Comportamento diurno médio dos componentes do balanço de energia, sobre a cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.), durante o período compreendido entre a poda de frutificação e a colheita, Petrolina – PE

Na Figura 2, são apresentados os valores médios estacionais dos componentes do balanço de energia, para o período com saldo de radiação positivo. Observa-se que o comportamento do Rn, e por conseguinte do LE, apresentou grandes flutuações ao longo do período analisado, mostrando com seus baixos valores médios, dias com intensa nebulosidade. Os pequenos valores médios do fluxo de calor no solo (4,0 W/m<sup>2</sup>) podem ser decorrentes da instalação do fluxímetro na área sombreada pela copa da goiabeira e em sol umedecido numa frequência diária de irrigação. IDSO *et al.* (1975) verificaram que em solo sem vegetação, G é muito influenciado pela umidade do solo. Este fato, também, foi verificado por LOPES (1999) e SILVA (2000), que observaram que os valores de G aumentaram no período em que o pomar de mangueiras não estava sendo irrigado, ou seja, observaram que G é fortemente influenciado pelo teor de água no solo. Sendo o fluxo de calor sensível, calculado como resíduo da equação do balanço de energia, seus valores, em média, tornaram-se relativamente elevados, exatamente, aos pequenos valores de G e elevados valores de LE e Rn.



**Figura 2.** Comportamento médio estacional dos componentes do balanço de energia para o período com saldo de radiação positivo, sobre a goiabeira, cultivar 'Paluma', Petrolina – PE.

## Conclusões

As relações médias entre o saldo de radiação e os fluxos de calor latente (LE/Rn), sensível (H/Rn) e do solo (G/Rn) foram de 87,55, 11,31 e 1,14%, respectivamente. Assim, grande parte do saldo de radiação foi utilizada no processo de evapotranspiração do pomar.

## Referências bibliográficas

- BOWEN, I. S. The ration of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Physical Review**, New York, v. 27, p. 779-787. 1926.
- CHAN, A. S. K.; PRUEGER, J. H.; PARKIN, T. B. Comparison of closed-chamber and Bowen-ratio methods for determining methane flux from peatland surfaces. **Journal of Environment Quality**, v.17, n. 1, p. 232-239, 1998.
- DEVITT, D. A.; SALA, A.; SMITH, S. D.; *et al.* Bowen ratio estimates of evapotranspiration for Tamarix ramosissima stands on the Virgin River in southern Nevada. **Water Resources Research**, Washington, v. 34, n. 9, p. 2407-2414, 1998.
- DUGAS, W. A.; HICKS, R. A.; WRIGHT, P. Effect of removal of Juniperus ashei on evapotranspiration and runoff in the Seco Creek watershed. **Water Resources Research**, Washington, v. 34, n. 6, p. 1499-1506, 1998.
- GONZAGA NETO, L. **Cultura da goiabeira**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 26p. (EMBRAPA-CPATSA, Circular Técnica, 23).
- KUSTAS, W. P.; ZHAN, X.; JACKSON, T. J. Mapping surface energy flux partitioning at large scales with optical and microwave remote sensing data from Washita'92. **Water Resources Research**, Washington, v. 35, n. 1, p. 265-277, 1999.
- SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2000. 129p. (Tese de Doutorado).
- VERMA, S. B.; ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. **Journal of Applied Meteorology**, American Meteorological Society, Boston, v. 17, p. 330-338, 1978.