

BALANÇO DE ENERGIA NA CULTURA DA BANANEIRA NO PRIMEIRO CICLO DE PRODUÇÃO

Antônio Heriberto de Castro Teixeira
Embrapa Semi-Árido
BR 428, Km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, CEP 56300-970, Petrolina-PE
e-mail: heribert@cpatsa.embrapa.br

ABSTRACT

Data of net radiation, soil heat flux, temperature and vapor pressure gradients, collected at agrometeorology experiment in the field of Embrapa Semi-árido, at Petrolina-PE, were used to evaluate the diurnal and seasonal behavior of energy balance throughout the phenological phases of banana crop in the first production cycle, irrigated by microaspiration. In average, the net radiation was 63% of the global solar radiation. The bowen ratio was used to measure the latent and sensible fluxes. The higher portion of net radiation, were utilized how latent heat flux (87%), followed by soil heat flux (11%) and by sensible heat flux (2%). Maybe this last lower value was because the nearness of the São Francisco river, that promoted humidity advection to the crop.

Key words: banana crop, latent heat flux, sensible heat flux, soil heat flux, net radiation.

INTRODUÇÃO

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LPSA, a produção da bananeira continua sendo a maior do país (em torno de 2,4 milhões de toneladas anuais). O Estado de Pernambuco é o quarto maior produtor nacional, com 0,5 milhão de toneladas (IBGE, 1997). A região do Submédio São Francisco apresenta uma área cultivada com bananeira sob irrigação em torno de 3500 ha, onde a produtividade é competitiva e pode ser aumentada.

O pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA vem se destacando na produção de banana cv. Pacovan, usando níveis de média a alta tecnologia. O aumento crescente do cultivo de bananeira nessa região se deve às condições climáticas. Estando situada em baixas latitudes, não há nenhuma restrição ao suprimento de radiação solar para a atividade fotossintética das plantas e a irrigação compensa a heterogeneidade do regime pluviométrico.

Poucos estudos existem sobre os parâmetros agrometeorológicos que atuam na evapotranspiração da cultura da bananeira, principalmente propagada por micropropagação, tipo de mudas atualmente sendo difundido na região.

Para se fazer o uso da irrigação de maneira racional da cultura da bananeira, torna-se necessário o conhecimento dos parâmetros agrometeorológicos que condicionam o consumo hídrico nas diferentes fases fenológicas.

Embora o uso de lisímetros precisos seja a melhor forma de se quantificar a evapotranspiração de uma cultura, a instalação destes instrumentos é sempre difícil e bastante onerosa. Tem-se recorrido, portanto, a métodos estimativos. Dentre esses métodos, destaca-se o do balanço de energia.

O processo de evapotranspiração é governado pela troca de energia na superfície vegetada e essa troca é limitada pela energia disponível. Sendo assim, é possível estimar o fluxo de calor latente de evaporação através do princípio de conservação da energia, em que o ganho é igual a perda. Baseado nesse princípio estima-se a evapotranspiração através da fórmula simplificada da equação do balanço de energia, composta pelo saldo de radiação (SR), pelos fluxos de calor latente (LE) e sensível na atmosfera e pelo fluxo de calor no solo (FS). A solução dessa equação é obtida através de medições de SR e FS e de estimativas de LE e H através da razão de Bowen (β) (Teixeira et al., 1999). A falta de instrumentos de medida dos componentes individuais do balanço de energia pode ser solucionada com o emprego de expressões empíricas baseadas em parâmetros meteorológicos. Essas devidamente ajustadas à região e à cultura, conduzem a resultados satisfatórios. Esse método tem sido bastante empregado por vários pesquisadores (Oliver & Sene, 1992; Cellier & Oliosio, 1993; Heilman et al., 1994; Trambouze et al. (1998).

Cunha et al. (1996), ao efetuarem o balanço de energia na cultura do milho, verificaram que o saldo de radiação foi fracionado em 80 % para o fluxo de calor latente, 14 % para o fluxo de calor sensível e 6 % para o fluxo de calor no solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira et al. (1997) com a cultura da videira, sendo 82 % do saldo de radiação particionado em fluxo de calor latente, 13 % em fluxo de calor sensível e 5% em fluxo de calor no solo.

Trambouze et al. (1998) utilizando o método do balanço de energia na cultura da videira concluíram que a vantagem desse método com relação a outros, na estimativa da evapotranspiração, consiste no fato de que aquele pode ser usado para período curtos.

Teixeira et al. (1997), estudando a cultura da videira, cv. Itália, encontrou uma partição do saldo de radiação em média 82% para o fluxo de calor latente de evaporação (LE), 13% para o fluxo de calor sensível (H) e 5% para o fluxo de calor no solo (FS). Perceberam que a irrigação interferiu nas trocas radiativas aumentando a relação LE/SR e diminuindo H/SR.

O objetivo desse trabalho foi quantificar a partição da energia solar disponível ao cultivo de bananeira, no primeiro ciclo de produção, propagada por micropropagação, em diferentes estágios de desenvolvimento e de demanda evaporativa da atmosfera. Pretendeu-se que os resultados sirvam para subsidiar o manejo de água da cultura em condições semelhantes de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido, no perímetro irrigado de Bebedouro, situado em Petrolina-PE (Latitude 09°09' S, Longitude 40°22' W e Altitude 365,5 m). O clima da região é do tipo BSw_h, segundo a classificação de Köppen, correspondendo a uma região climaticamente árida, sendo a quadra chuvosa de janeiro à abril.

A cultura estudada foi a bananeira (*Musa spp.*) cv. Pacovan, durante o primeiro ciclo de produção, cultivada em solo do tipo latossolo, propagada pela técnica da micropropagação em um espaçamento de 3 m x 3 m, irrigada por microaspersão.

Visando assegurar a condição de umidade do solo em que ocorra a evapotranspiração em nível máximo, o potencial matricial de água no solo foi monitorado com tensiômetros de coluna de mercúrio, a cada 0,2 m de profundidade e até a profundidade efetiva do sistema radicular, sendo mantido com valores superiores a - 0,04 Mpa, através da irrigação, ou da precipitação pluviométrica.

Durante o experimento foram realizadas medições da radiação solar global (RG), do saldo de radiação (SR), do fluxo de calor no solo (FS) e dos gradientes de temperatura e pressão do vapor, em dois níveis acima da folhagem, sendo os dados coletados através de um sistema de aquisição de dados (10X da Campbell Scientific), programado para varreduras a cada cinco segundos e extração de médias a cada dez minutos.

A partir das medições do saldo de radiação, do fluxo de calor no solo, dos gradientes dos termômetros de bulbo seco (ΔT) e úmido (ΔTU) entre os dois níveis onde foram instalados os psicrômetros e da equação simplificada do balanço de energia (equação 1), foram calculados os fluxos de calor latente de evaporação (LE) (equação 2) e o fluxo de calor sensível (H) (equação 3), empregando-se a razão de Bowen (β) segundo Webb (1965) (equação 4):

$$SR + LE + FS + H = 0 \quad (1)$$

$$LE = - \frac{SR + FS}{1 + b} \quad (2)$$

$$H = - (SR + LE + FS) \quad (3)$$

$$b = \left(\frac{S + g}{g} \cdot \frac{\Delta TU}{\Delta T} - 1 \right) \quad (4)$$

onde S é a tangente à curva de saturação do vapor d'água no ar ($mb^{\circ} C^{-1}$) em função da temperatura média do termômetro de bulbo úmido, entre os dois níveis onde os psicrômetros foram instalados e γ a constante psicrométrica ($0,66 mb^{\circ} C$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da variação diurna dos componentes do balanço de energia sobre a cultura da bananeira em diferentes fases fenológicas são apresentados na figura 1, enquanto as figuras 2 e 3 mostram as frações da radiação solar transformada em energia disponível ao sistema e a partição dessa energia nos fluxos de calor latente, de calor sensível e calor no solo e o comportamento estacional dos valores do saldo de radiação e do fluxo de calor latente levando-se em consideração médias bimestrais, no intervalo compreendido entre os dias após o plantio (DAP) 120 a 430. A tabela 1 apresenta a variação média bimestral dos valores dos fluxos radiativos sobre a cultura.

Os resultados da Figura 1, que apresenta valores diurnos e os da Figura 3, com médias bimestrais ao longo do ciclo da cultura, mostram uma forte influência do saldo de radiação (SR) sobre o fluxo de calor latente de evaporação (LE), porém a Tabela 1, também com médias bimestrais, apresenta uma grande variação no fracionamento da energia disponível durante o ciclo da cultura.

No dia 30/05/99 (Figura 1a), 125 dias após o plantio, o fluxo de calor sensível foi baixo durante todo o dia, representando apenas 2 % do saldo de radiação, razão coincidente com a média durante todo o ciclo. Desse saldo, 75% foi utilizado como fluxo de calor latente e 23% como fluxo de calor no solo. A razão SR/RG foi de 0,51, sendo o menor valor para todo o período de medições. O alta proporção da energia utilizada como fluxo de calor no solo foi devida a pouca cobertura do solo pela vegetação.

No início do florescimento, cerca de 315 dias após o plantio (Figura 1b), ocorreu um aumento da fração do saldo de radiação utilizada no fluxo de calor latente (82%) enquanto que a fração desse saldo transformada em fluxo de calor sensível se apresentou a mesma (2%) e a transformada em fluxo de calor no solo diminuiu para 16%. A razão SR/RG aumentou para 0,55.

No final do florescimento, cerca de 422 dias após o plantio (Figura 1c), a razão SR/RG subiu para 0,62 e o fluxo de calor latente de evaporação representou 87% da energia disponível. A fração do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor sensível foi de apenas 1% e a fração utilizada como fluxo de calor no solo baixou para 12%.

Na época de transição da colheita para o início do segundo ciclo da cultura (Figura 1c) a razão SR/RG continuou a aumentar para 0,66, como também a fração do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor latente de evaporação (94%). A porção usada para fluxo de calor sensível continuou muito baixa (1%) e a utilizada como fluxo de calor no solo alcançou o seu mais baixo valor durante o ciclo (5%), devido a maior cobertura do solo.

A Figura 2 apresenta a variação estacional das relações do SR com RG e com LE, H e FS. Pela Figura 2a percebe-se o aumento de SR/RG de cerca de 0,55 até 0,75 no final do primeiro ciclo de produção, apresentando uma média de 0,64. Com relação a fração do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor latente de evaporação, a Figura 2b mostra um aumento de 82% até 93% da energia disponível utilizada para o consumo hídrico da cultura, durante o ciclo, apresentando uma LE/SR média de 87%. A Figura 2c apresenta uma diminuição da fração do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor no solo indo de 14% até 6% com uma média de 11% enquanto que a figura 2b apresenta uma redução na utilização desse saldo como fluxo de calor sensível de 4% a 1% e uma média de 2%, apresentando porém pequeno fluxo para a cultura na época mais quente do ano.

Esses resultados evidenciaram proporções LE/SR maiores do que outros encontrados para outras fruteiras, o que pode estar relacionado a uma maior exigência hídrica da cultura.

A Figura 3 mostra a variação dos valores do saldo de radiação e do fluxo de calor latente durante o período de medições. A perfeita simetria da figura sugere que, com a obtenção de dados de saldo radiômetro instalado sobre a cultura ou de estimativas do saldo de radiação durante as diferentes fases fenológicas, o produtor possa determinar o consumo hídrico da cultura para o manejo da irrigação.

A tabela 1 apresenta os valores médios bimestrais da radiação solar global incidente (RG), do saldo de radiação (SR), do fluxo de calor latente de evaporação (LE), do fluxo de calor sensível (H) e do fluxo de calor no solo (FS) na cultura durante o primeiro ciclo de produção. Observa-se que houve variação no suprimento energético para a cultura, ficando a radiação solar compreendida entre 16,2 MJm⁻²dia a 20,2MJm⁻²dia, o saldo de radiação compreendido entre 8,7 MJm⁻² dia e 13,6 MJm⁻² dia e o fluxo de calor latente entre 7,12 MJm⁻² dia e 12,5 MJm⁻² dia, constatando-se o efeito das condições atmosféricas e da fenologia da cultura sobre o consumo hídrico.

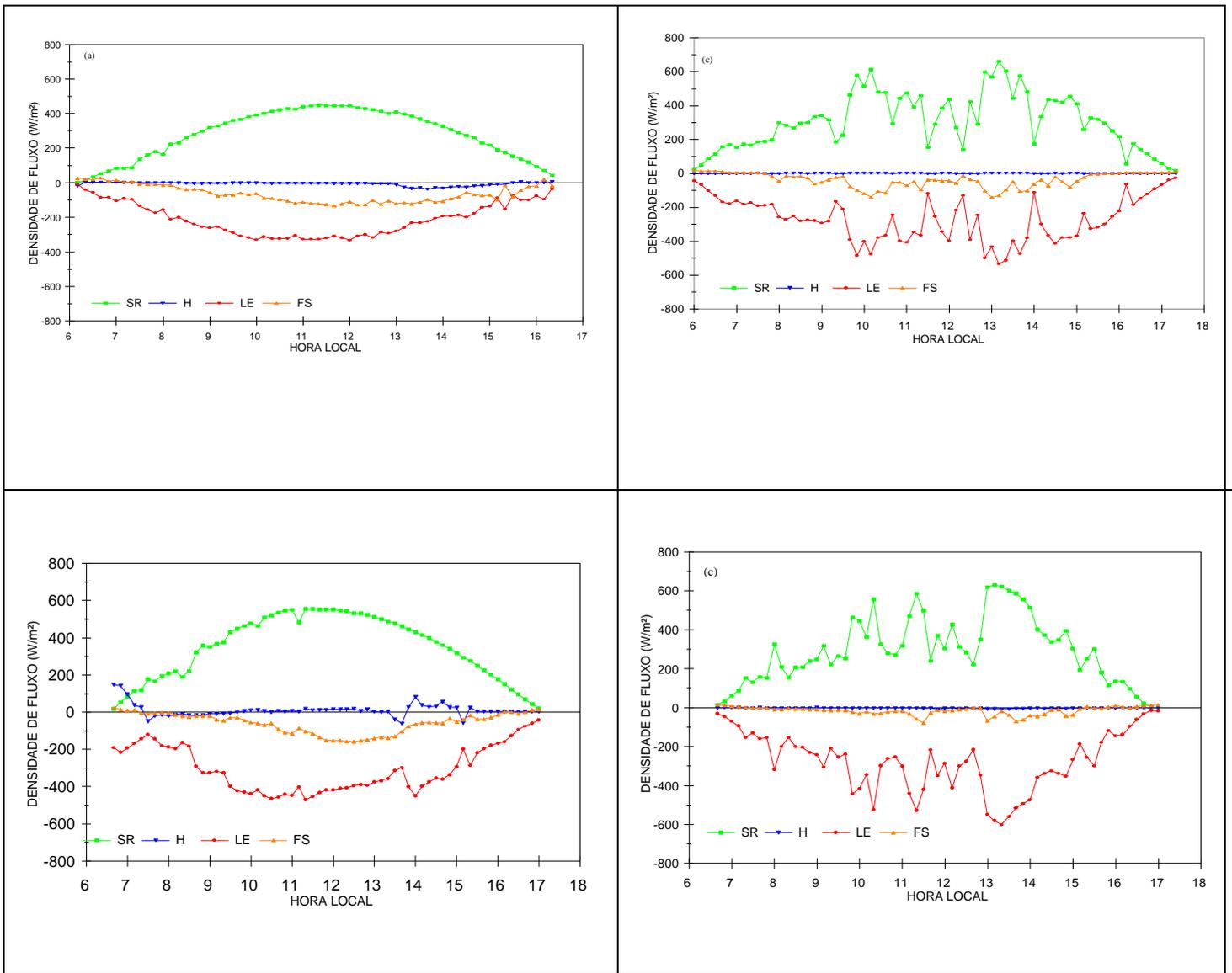
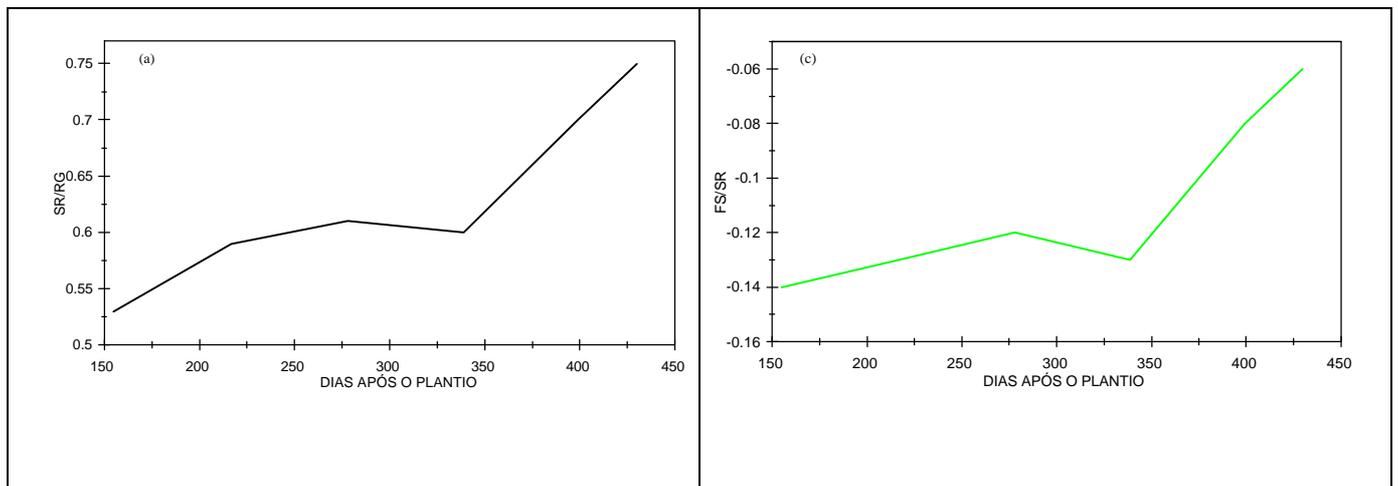


Figura 1. Variação diurna do saldo de radiação (SR), do fluxo de calor no solo (FS), do fluxo de calor latente (LE) e do fluxo de calor sensível (H), nos dias 30/05/99 (a), 28/08/99 (b), 14/12/00 (c) e 08/04/00 (d)



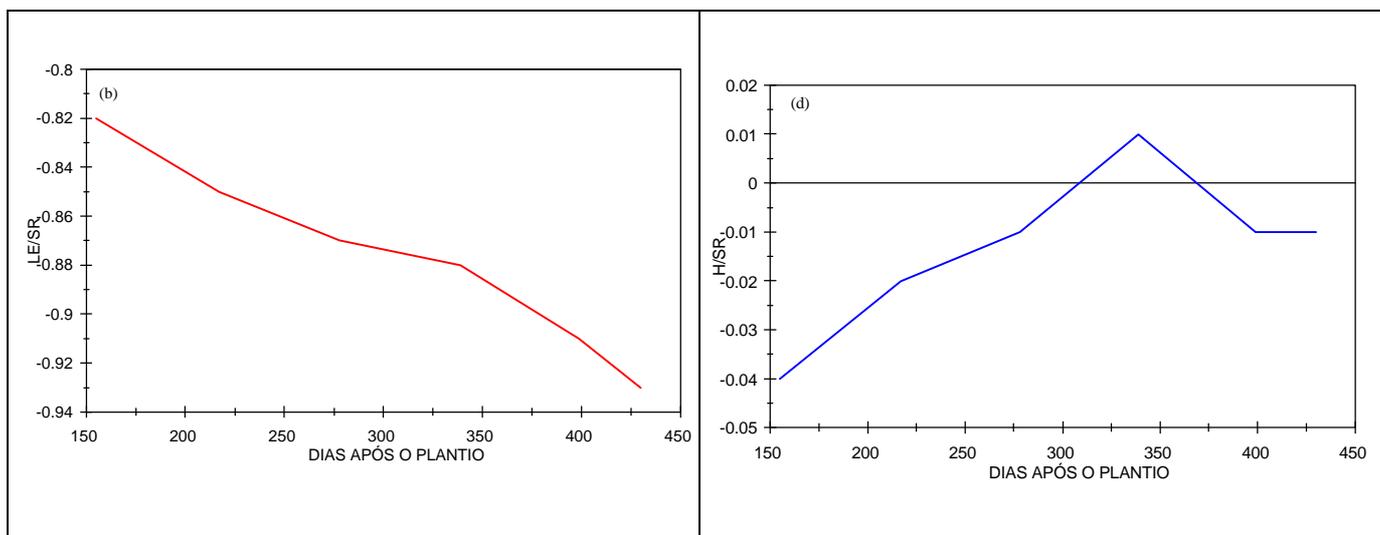


Figura 2. Variações estacionais das relações entre o saldo de radiação (SR) e a radiação solar global incidente (RG) (a) e dos fluxos de calor latente (LE), de calor no solo (FS) de calor sensível (H) para o saldo de radiação (b, c e d).

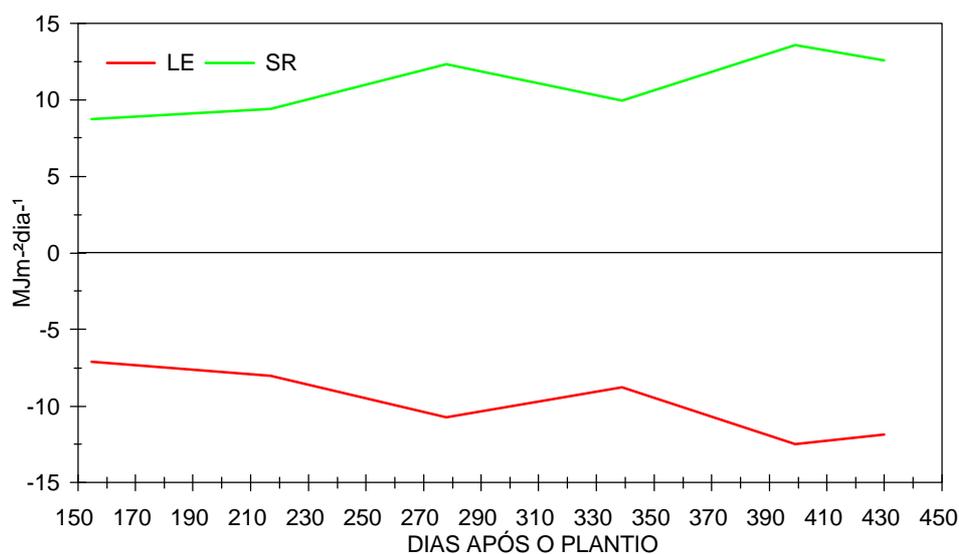


Figura 3. Comportamento estacional do saldo de radiação (SR) e do fluxo de calor latente (LE) durante o período de maio de 1999 a março de 2000

Tabela 1. Comportamento estacional de RG, SR, LE, H e FS (MJm^{-2})

| DAP* | RG ($\text{MJm}^{-2}\text{dia}$) | SR ($\text{MJm}^{-2}\text{dia}$) | LE ($\text{MJm}^{-2}\text{dia}$) | H ($\text{MJm}^{-2}\text{dia}$) | FS ($\text{MJm}^{-2}\text{dia}$) |
|------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 155 | 16.30 | 8.71 | -7.12 | -0.23 | -1.20 |
| 217 | 16.19 | 9.41 | -7.99 | -0.14 | -1.20 |
| 278 | 20.19 | 12.32 | -10.71 | 0.03 | -1.48 |
| 339 | 16.54 | 9.96 | -8.75 | 0.07 | -1.28 |
| 399 | 19.34 | 13.58 | -12.45 | -0.06 | -1.05 |
| 430 | 16.31 | 12.58 | -11.85 | -0.05 | -0.71 |

Os valores negativos indicam fluxos para fora do sistema (Comunidade de plantas)

*DAP – Dias após o plantio

CONCLUSÕES

- 1) O saldo de radiação na cultura da bananeira cv. Pacovan, durante o primeiro ciclo de produção, propagada por micropropagação, nas condições climáticas do Vale do São do São Francisco e à margem esquerda do rio, é utilizado em média como 87% no fluxo de calor latente de evaporação, 11% no fluxo de calor no solo e 2% no fluxo de calor sensível.
- 2) A pequena taxa de fluxo de calor sensível deve ser devido a advecção de umidade do Rio São Francisco provocada pelos ventos predominantes de Sudeste.
- 3) As radiação solar glogal transformada em energia disponível ao sistema e a porção do saldo de radiação convertida em fluxo de calor latente aumentam com o ciclo fenológico, enquanto que a porção daquele saldo utilizada em fluxos de calor sensível na atmosfera e no solo diminuem.
- 4) A relação do saldo de radiação com o fluxo de calor latente de evaporação sugere que com dados de um saldo radiômetro sobre a cultura ou através de estimativas da energia disponível na superfície cultivada, se possa já dispor de um critério eficiente para o manejo de irrigação na cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELLIER, P. ; OLIOSO, A . A simple system for automated long –term Bowen ratio measurement. **Agricultural and Forest meteorology**, Amsterdam, v.66, p.81-92, 1993.
- CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. A. Balanço de energia em cultura de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 1-14, 1996.
- HEILMAN, J. L.; McINNES, K. J.; SAVAGE, M. J.; GESH, R. W.; LASCANO, R. J. Soil and canopy energy balance in a west Texas vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 71, p. 99-114, 1994.
- OLIVER, H. R., SENE, K. J. Energy and water balance of developing vines. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 167-185, 1992.
- TEIXEIRA, A. H. de; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M. Balanço de energia na cultura da videira, cv. Itália. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 137-141, 1997.
- TEIXEIRA, A. H. de; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, p. 327-330, 1999.
- TRAMBOUZE, W.; BERTUZZI, P.; VOLTZ, M. Comparison of methods for estimating actual evapotranspiration in a row-cropped vineyard. **Agricultural and Forest meteorology**, Amsterdam, v.91, p. 193-208, 1998.