

## AVALIAÇÃO DA FRAÇÃO EVAPORATIVA PARA CONVERSÃO DE MEDIDAS INSTANTÂNEAS EM VALORES DIÁRIOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

**Magna Soelma Beserra de Moura, Bernardo Barbosa da Silva & Pedro Vieira de Azevedo**  
**Universidade Federal da Paraíba, CCT, DCA**  
**Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-000, Bodocongó, Campina Grande, PB - Fone: (83) 310-1202**  
**E-mail.: magna@dca.ufpb.br; bernardo@dca.ufpb.br e pvieira@dca.ufpb.br**

### ABSTRACT

Evapotranspiration on a regional scale is useful information for agricultural and hydrological practice and can be determined by combining remote sensing data with ground-based measurements. However, estimates of evapotranspiration using remote sensing data are usually instantaneous values and to obtain daily evapotranspiration at a regional scale, it is necessary to convert these values into daily totals. By using data obtained during an experiment on a guava orchard in Sub-medium San Francisco Valley, the method of converting instantaneous evapotranspiration into daily totals were evaluated. This method assumes that the evaporation fraction, defined as the ration of the latent heat flux and the available energy flux, is constant during the daytime period. The midday value of the evaporative fraction was close to middle value for the positive net radiation. Seasonal variations were observed due clouds. Hence daily evapotranspiration can be determined from the evaporative fraction and daily total available energy, for cloud-free days. Then, the evaporative fraction can be used to estimating regional evapotranspiration using remote sensing data, but needs an evaluation for this purpose.

### INTRODUÇÃO

As áreas irrigadas no Nordeste brasileiro vêm aumentando muito nos últimos anos, principalmente devido a alta disponibilidade de energia solar durante todo o ano, que resulta em baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas. A grande maioria dos perímetros irrigados localiza-se junto a grandes reservatórios de água, como a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte e o Lago de Sobradinho, na Bahia. Essa proximidade às fontes de água e a falta de uma política de gerenciamento dos recursos hídricos, bem como a deficiência nas informações sobre as necessidades hídricas das principais espécies cultivadas resulta no uso excessivo deste valioso bem: a água. Este problema tem sido constatado em pesquisas com fruteiras cultivadas no Sub-médio São Francisco, como verificado por Moura (2001) para a goiabeira.

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de se determinar as necessidades hídricas (evapotranspiração e coeficiente de cultivo) para várias espécies cultivadas nos perímetros irrigados do Sub-médio São Francisco (Moura, 2001; Silva, 2000; Lopes, 1999). A maioria destas pesquisas é realizada através de métodos bastante conhecidos, como o método do balanço de energia baseado na razão de Bowen, que utiliza-se de medições pontuais de saldo de radiação e gradientes de temperatura do ar em bulbo úmido e seco, sobre uma determinada cultura, em meio à grande área plantada, com muita diversidade de espécies vegetais (caatinga, manga, banana, goiaba, coco, uva, etc...), de solo e de microclimas.

A determinação da evapotranspiração de grandes perímetros irrigados é difícil. Atualmente, a utilização da combinação de dados obtidos à superfície e através do sensoriamento remoto já é muito utilizada para estimativa da evapotranspiração em escala regional destes perímetros, graças as pesquisas que desenvolveram algoritmos com diferentes graus de complexidade, como o SEBAL (Bastiaanssen, 1995), SEBI (Menenti & Choudhury, 1993) e UNTRANS (Choudhury & De Bruin, 1995). Entretanto, as estimativas da evapotranspiração através do sensoriamento remoto geram valores instantâneos e para obtenção da evapotranspiração diária em escala regional, é necessário converter esses valores em totais diários.

A fração evaporativa, definida como o fluxo de calor latente dividido pela soma entre o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível, é aproximadamente constante durante o período diurno (Shuttleworth *et al.*, 1989). Em geral, o uso deste método baseia-se em uma ou mais determinações instantâneas da fração evaporativa e medidas contínuas do fluxo de energia disponível à superfície.

Zhang & Lemeur (1995) utilizaram dois métodos para conversão de valores instantâneos de evapotranspiração em totais diários. O primeiro método considera que o curso diário da evapotranspiração é similar ao da irradiância solar e pode ser aproximada por uma função seno. O segundo método assume que a fração evaporativa é constante durante o período diurno. Daí a evapotranspiração diária poder ser determinada a partir da fração evaporativa e o total diário de energia disponível. Os autores concluíram que ambos os métodos podem ser

usados para converter valores instantâneos de evapotranspiração obtida por sensoriamento remoto em totais diários para dias de céu claro.

Roerink *et al.* (2000) desenvolveram um algoritmo simples para estimativa, em escala regional, da evapotranspiração da superfície a partir de imagens de satélite. Trata-se de uma metodologia muito semelhante ao algoritmo SEBAL, sugerido por Bastiaanssen (1995), e em ambos os métodos, utiliza-se o conceito de fração evaporativa para obtenção de totais diários de evapotranspiração em escala regional.

Tendo em vista o crescente uso das técnicas de sensoriamento remoto para obtenção das necessidades hídricas de perímetros irrigados, esta pesquisa objetivou determinar a fração evaporativa sobre um pomar de goiabeira irrigada no Sub-médio São Francisco, a fim de subsidiar a conversão de determinações instantâneas de evapotranspiração em totais diários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente estudo foram obtidos durante um período de observações experimentais entre 10 de maio (dia juliano, DJ = 130) e 30 de novembro (DJ = 334) de 2000, sobre um pomar de goiabeira irrigada. Durante as observações, foi mantida dentro do pomar, uma torre micrometeorológica equipada com um saldo radiômetro para leitura da radiação líquida ( $R_n$ ) sobre o dossel e dois psicrômetros com termopares de cobre-constantan, em dois níveis (0,50 m e 1,50 m) acima do topo da copa da cultura, para medidas temperaturas do ar em bulbos seco ( $T_s$ ) e úmido ( $T_u$ ). Para medir o fluxo de calor no solo ( $G$ ), foram instalados dois fluxímetros a 0,02 m de profundidade sob a copa. Estes sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Micrologger 21X da Campbell Scientific, Inc). Os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração da cultura foram determinados através do método do balanço de energia baseado na razão de Bowen.

Shuttleworth *et al.* (1989) publicaram os primeiros estudos indicativos de que a fração evaporativa da vegetação de pradarias é um indicador razoavelmente constante da partição de energia durante o dia. Estas evidências foram reforçadas a partir dos resultados apresentados por Brutsaert & Sugita (1992). Como mostrado pela Equação 1, esses indicadores podem ser expressos como a razão entre os fluxos de calor latente e a soma deste com o fluxo de calor sensível:

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

onde  $\Lambda$  é a fração evaporativa,  $LE$  é o fluxo de calor latente,  $R_n$  o saldo de radiação,  $H$  é o fluxo de calor sensível e  $G$  é o fluxo de calor no solo.

A fração evaporativa aperfeiçoa os estudos que envolvem imagens instantâneas de satélite com estudos relativos a interações entre a superfície da terra e a atmosfera. Shuttleworth *et al.* (1989) compararam valores da fração evaporativa ( $\Lambda$ ) ao meio-dia com valores médios de todo dia e concluíram que a diferença era de apenas 1,5%. Há de se notar que nesse estudo a escala foi limitada a uma vegetação relativamente homogênea de pradaria. Em outra ocasião, Sene (1994) concluiu que a utilização do valor da  $\Lambda$  do meio-dia é um bom indicador da fração evaporativa sobre vinhedos. Há diversos estudos sobre a coerência na utilização da fração evaporativa para diferentes superfícies e condições de tempo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 (*a, b, c e d*) pode-se observar o comportamento diurno da fração evaporativa e do saldo de radiação para quatro diferentes dias de céu limpo (sem nebulosidade) do experimento. Apesar da grande variação no saldo de radiação ( $R_n$ ) durante o dia, pode-se observar que a fração evaporativa permanece próxima ao valor médio do período de saldo de radiação positivo, como por exemplo, para a Figura 1a, em que  $\Lambda$  permanece próxima a 0,97 desde 07h15 até 17h00 horas (Figura 1a), sendo igual a 0,998 ao meio-dia. Observações semelhantes foram verificadas para os outros dias (Figura 1b, c, e d). Neste sentido, Crago & Brutsaert (1996) verificaram valores médios da fração evaporativa, para o período de saldo positivo, em torno de 0,75.

Segundo Mahrt *et al.* (2001) o fato da fração evaporativa não variar muito ao longo do dia para uma dada superfície parece ser devido a vários efeitos compensatórios. A evapotranspiração é influenciada pelo saldo de radiação através da influência da energia solar no controle de fechamento e abertura dos estômatos. Contudo, o

comportamento da fração evaporativa varia substancialmente entre diferentes tipos de superfícies. Para vegetação estressada, a fração evaporativa pode reduzir significativamente durante o dia, devido ao maior controle estomático (Mahrt *et al.*, 2001). Crago & Brutsaert (1996) afirmam que se a fração evaporativa não varia muito para o período diurno de saldo positivo, a razão de Bowen também deverá apresentar pequenas variações, com uma relação esperada de um para um (1:1).

O comportamento da fração evaporativa média do período de saldo de radiação positivo durante toda fase experimental de coleta de dados sobre a goiabeira irrigada pode ser observado na Figura 2. Nela verifica-se que a maioria dos valores da  $\Lambda$  estão em torno de 1,0, o que significa que praticamente toda energia disponível foi utilizada para transferência de vapor d'água da superfície para a atmosfera. Observa-se que em alguns dias ocorreu maior variabilidade nos valores de  $\Lambda$ , devido, certamente a presença de grande nebulosidade. A utilização de um único valor da fração evaporativa para dias com nebulosidade pode levar a erros na determinação da evapotranspiração, uma vez que nesses dias a  $\Lambda$  varia muito ao longo do período diurno. Segundo Crago (1996), a hipótese de valores constantes da  $\Lambda$  é surpreendentemente robusta, uma vez que este parâmetro varia com as condições de nebulosidade e de descontinuidade da superfície.

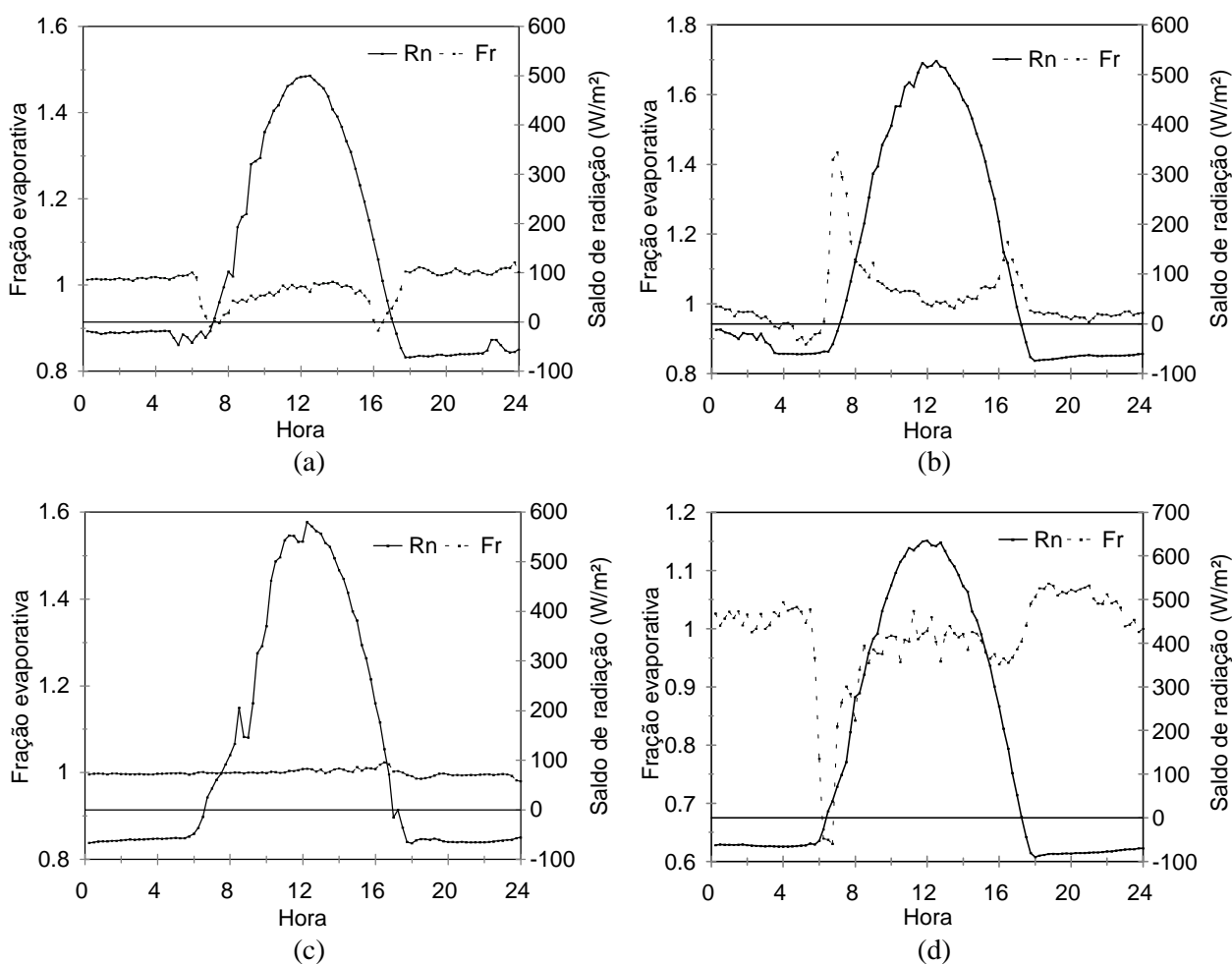


Figura 1. Progressão diária do saldo de radiação ( $W/m^2$ ) e da fração evaporativa para quatro dias de céu limpo (sem nebulosidade), durante a campanha experimental. (a) dia 02/07/2000; (b) 30/07/2000; (c) 03/09/2000 e (d) 19/10/2000

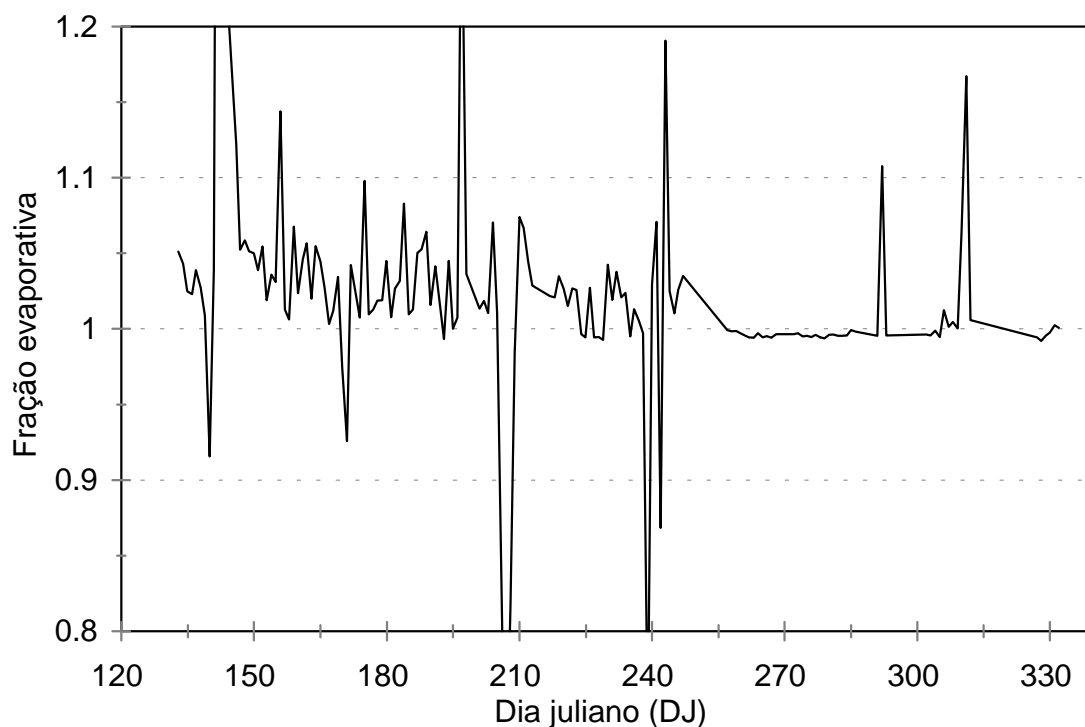


Figura 2. Comportamento estacional da fração evaporativa média do período de saldo de radiação positivo durante toda fase experimental de coleta de dados

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo indicam que:

- para dias de céu claro, a fração evaporativa apresenta pequena variação durante o período de saldo de radiação positivo. As razões para isto incluem a dependência natural da fração evaporativa da energia disponível, bem como das condições de temperatura, umidade e resistência da superfície ao longo do dia para reduzir qualquer variação sistemática restante da fração evaporativa;
- a presença de nuvens provoca heterogeneidade espacial e temporal na energia disponível e conseqüentemente flutuações no aquecimento da superfície, logo, variações na fração evaporativa;
- assumir um valor da fração evaporativa para utilizar nas conversões de medidas instantâneas em totais diários de evapotranspiração é possível, com menor, para dias de céu claro.

Sugere-se que seja realizada uma avaliação desses resultados com estimativas diárias da evapotranspiração obtida através de dados de sensoriamento remoto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 273p., 1995.
- BRUTSAERT, W. & SUGITA, M. Applications of self preservation in the diurnal evolution of the surface energy budget to determine daily evaporation. **Journal of Geophys. Res.**, v. 97 (D17), p. 377 - 382, 1992.
- CHOUDHURY, B. J. & DE BRUIN, H. A. R. Unstressed crop evaporation estimations from remote sensing data, EGS, Hamburg, April - 1995.

- CRAGO, R. & BRUTSAERT, W. Daytime evaporation and the self-preservation of the evaporative fraction and the Bowen ratio. **Journal of Hydrology**, v. 178, p. 241 - 255, 1996.
- CRAGO, R. D. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. **Journal of Hydrology**, v. 180, p. 173 - 194, 1996.
- LOPES, P. M. O. **Evapotranspiração da mangueira na região do Submédio São Francisco**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 1999. 108p. (Dissertação de Mestrado).
- MAHRT, L., VICKERS, D. & SUN, J. Spatial variations of surface moisture flux from aircraft data. **Advances in Water Resources**, v. 24, p. 1133 - 1141, 2001.
- MENENTI, M. & CHOUDHRURY, B. **Parameterization of land surface evaporation by means of location dependent potential evaporation and surface temperature range**. Proceedings of IAHS conference on Land Surfaces Processes, IAHS Publ. 212, p. 561 - 568, 1993.
- MOURA, M. S. B. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2001. 124p. (Dissertação de Mestrado).
- ROERINK, G. J.; SU, Z. & MENENTI, M. S-SEBI: a simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. **Phys. Chem. Earth**, v. 25, n. 2, p. 147 - 157, 2000.
- SENE, K. J. Parameterisations for energy transfers from a sparse vine crop. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 71, p.1 - 18, 1994.
- SHUTTLEWORTH, W. J.; GURNEY, R. J.; HSU, A. Y. & ORMSBY, J. P. **FIFE: the variation in energy partition at surface flux sites**. IAHS Publ. No. 186, 1989.
- SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2000. 129p. (Tese de Doutorado).
- ZHANG, L. & LEMEURE, R. Evaluation of daily evapotranspiration estimates from instantaneous measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 74, p. 139 - 154, 1995.