

BALANÇO DE ENERGIA NA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

M. S. B MOURA¹, J. M. SOARES¹, M. T. GURGEL², T. G. F. SILVA³

RESUMO: No semi-árido do Submédio São Francisco a cana-de-açúcar é produzida utilizando-se irrigação com água do Rio São Francisco. Em perímetros irrigados a demanda hídrica das culturas deve ser determinada para um eficiente uso da água. O método do balanço de energia com base na razão de Bowen é um meio eficiente de se obter a evapotranspiração das culturas. Este trabalho objetivou quantificar fluxo de calor latente e os demais componentes do balanço de energia com base na razão de Bowen (BERB). O estudo foi conduzido de fevereiro/2006 a maio/2007 em um cultivo de cana-de-açúcar variedade RB 92-576 (cana planta), em uma área pertencente Agroindústria do Vale do São Francisco, Juazeiro - BA. Foram medidos o saldo de radiação e os gradientes de temperatura e pressão de vapor do ar, no solo foram instalados dois fluxímetros. Verificou-se que o fluxo de calor latente correspondeu a 82% do saldo de radiação ao longo do ciclo fenológico da cana-de-açúcar, representando um critério eficiente para o manejo da irrigação nessa cultura.

PALAVRAS-CHAVES: *Saccharum ssp*, fluxo de calor latente, saldo de radiação.

ENERGY BALANCE ON SUGARCANE IRRIGATED IN MIDDLE SAN FRANCISCO

ABSTRACT: In semi arid lands of the Sub-medium Sao Francisco Basin, the sugar cane is produced using irrigation system and water from the Sao Francisco River. In irrigated schemes the crop water needs must be obtained in order to do an efficient water management. The Bowen ratio energy balance method is used to determine the crop evapotranspiration in sugar cane. This study aimed to quantify the latent heat flux, and the energy balance components based on the Bowen ratio method. The experiment occurred between 2006, February and 2007, May in an irrigated plot with sugarcane (cv. RB 92-576, first ratoon), in a commercial Agro-industry do Vale do São Francisco (AGROVALE), Juazeiro-BA. For this, it was install a micro-meteorological tower on the experimental site. It was measured the net radiation and gradients of air temperature and air humidity, on the soil it was install two soil

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador (a), Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, CEP 56302-970, Petrolina-PE. Fone: (87) 3862-1711. E-mail: magna@cpatsa.embrapa.br, monetiro@cpatsa.embrapa.br

² Eng. Agrônomo, Doutor em Recursos Naturais, Bolsista CNPq/DTI, Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE.

³ Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa-MG.

heat flux plates. During the sugarcane cycle, the latent heat flux represented 82% on basis of the net radiation, and can be used to estimate the crop evapotranspiration, that is an efficient factor to an irrigated water management.

KEY-WORDS: *Saccharum ssp*, latent heat flux, net radiation.

INTRODUÇÃO:

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância socioeconômica para o Brasil. Seus principais derivados são o açúcar (alimento) e o álcool (hidratado e anidro), imprescindíveis ao mercado mundial; outros produtos, também, originados dessa cultura são a aguardente, o bagaço de cana - que é utilizado principalmente como fonte de energia, a vinhaça - que serve de fertilizante, o plástico e o papel (SOUZA *et al.*, 1999).

A cultura da cana-de-açúcar é uma usina de enorme eficiência, uma vez que cada tonelada de cana tem um potencial energético equivalente a 1,2 barril de petróleo. O Brasil é o maior produtor mundial, seguido da Índia e Austrália. No Brasil, planta-se cana-de-açúcar no Centro-Sul e no Norte-Nordeste, resultando em dois períodos de safra no ano. Em média, 55% da cana-de-açúcar produzida é transformada em álcool e 45% em açúcar (UNICA, 2004).

As condições climáticas áridas e semi-áridas de uma região têm grande impacto no desenvolvimento das culturas, no que se refere à produtividade e qualidade do produto obtido. Sob tais condições, as culturas exploradas sob recursos hídricos limitados, freqüentemente, podem ser submetidas a um dado nível de estresse hídrico. Para evitar estresses, os produtores procuram irrigar em demasia. De qualquer forma, é de fundamental importância, conhecer a quantidade de água demandada no manejo das culturas irrigadas, principalmente quando se trata de culturas com elevado valor econômico. Segundo RANA & KATERJI (2000), o consumo de água de uma cultura pode ser determinado por métodos diretos ou indiretos ou, ainda, estimado por meio de modelos matemáticos. O Balanço de Energia com base na Razão de Bowen (BERB) é um método indireto, simples e prático, utilizado para estimativa do fluxo de calor latente (LE), o qual tem sido amplamente utilizado por vários pesquisadores (PRUEGER *et al.*, 1997). O método do balanço de energia possibilita a quantificação do fluxo de calor latente ou da evapotranspiração do ciclo fenológico de uma cultura, seja em escala diária ou até mesmo horária, contribuindo para o planejamento racional da irrigação.

Segundo SOARES *et al.* (2003) a cultura da cana-de-açúcar exerce grande importância sócio-econômica no Submédio São Francisco, e há necessidade de informações que auxiliem aos produtores no manejo racional da irrigação. O presente estudo objetivou quantificar o fluxo de calor latente e os demais componentes do balanço de energia com base na razão de Bowen.

MATERIAL E MÉTODOS:

O estudo foi realizado na Agroindústria do Vale do São Francisco S.A. (9°29'S; 40°21'W; 395m de altitude), no município de Juazeiro-BA, em uma área cultivada com cana-de-açúcar, variedade RB 92-579, plantada em 08/01/2006. Segundo a classificação climática de KÖPPEN, essa região apresenta clima do tipo BSW_h'. O solo predominante na área experimental é do tipo Vertissolo com textura argilosa ou muito argilosa com cascalho ou cascalhenta segundo classificação da EMBRAPA (1999).

A irrigação foi realizada por sulcos utilizando tubos janelados, cuja eficiência de aplicação foi de 69%. A umidade do solo foi monitorada por meio de uma sonda FDR com reposição de água a 50% da água disponível nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Durante o período de avaliação, a precipitação pluviométrica acumulada foi 629,87 mm.

No interior da área experimental foi instalada uma torre micrometeorológica equipada com sensores para medição do saldo de radiação e dos gradientes de temperatura e pressão de vapor do ar. No solo, foram instalados dois fluxímetros para medição do fluxo de calor no solo. As medidas foram realizadas em um datalogger CR10X durante o período de 24/02/2006 a 13/05/2007. Calculou-se o balanço de energia pelo método da razão de Bowen, conforme descrito a seguir:

$$R_n + H + LE + G \cong 0 \quad (1)$$

em que: R_n é o saldo de radiação à superfície; H é o fluxo de calor sensível; LE é o fluxo de calor latente (evapotranspiração) e G é o fluxo de calor no solo, todos expressos em W/m^2 .

Na obtenção do balanço de energia, os fluxos que se dirigiram para o sistema foram considerados positivos, enquanto os fluxos que saíam desse sistema foram considerados negativos. Os valores de H e LE foram estimados pela razão de Bowen (VILLA NOVA, 1973), como segue:

$$LE = - \frac{(R_n - G)}{(1 + \beta)} \quad (\beta \neq 1) \quad (2)$$

$$H = Rn - LE - G \quad (3)$$

Os resultados obtidos foram processados e mostrados na forma de gráficos, tanto em base diária como ao longo do ciclo da cana-de-açúcar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Figura 1 está apresentada a variação horária média dos componentes do balanço de energia na cultura da cana-de-açúcar, considerando o período de saldo de radiação positivo, conforme recomendado por HEILMAN *et al.* (1989). Constatou-se que os valores médios diurnos de Rn, LE, H e G foram 314,00; 257,38; 65,69 e 9,47 W/m², respectivamente. Em média, os valores de LE correspondem a 82% do valor de Rn. O valor de H apresentou oscilações ao longo do período diurno, respondendo por 20,92% do saldo de radiação. Já o valor do fluxo de calor no solo apresentou-se relativamente baixo, oscilando em torno de 3% de Rn no período diurno, e o solo funcionando como um sumidouro do fluxo de calor sensível.

Pode-se constatar, também, tanto no início da manhã quanto no final da tarde, que as diferenças entre as curvas de Rn e LE foram praticamente desprezíveis, ou seja, toda energia disponível foi convertida em calor latente de vaporização.

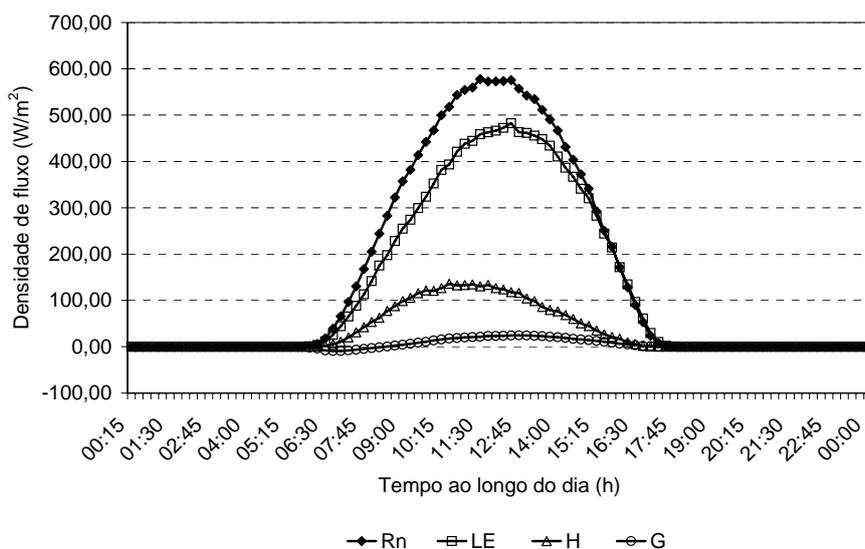


Figura 1. Comportamento médio diurno dos componentes do balanço de energia (saldo de radiação – Rn, fluxo de calor latente – LE, fluxo de calor sensível – H, e fluxo de calor no solo – G), em cana-de-açúcar irrigada, Juazeiro BA, 2007.

As variações dos componentes do balanço de energia, obtidas em termos de valores médios diários ao longo do ciclo fenológico da cana-de-açúcar estão apresentadas na Figura 2. Pode-se constatar, que o comportamento médio da curva de LE tendeu a acompanhar as flutuações da curva de Rn ao longo do período de avaliação. Nota-se, ainda, uma tendência de aumento no valor de Rn e de LE a partir de julho/06 até meados de janeiro/07. Estes comportamentos crescentes de Rn e de LE estão relacionados com o desenvolvimento vegetativo das plantas e com o período do ano, que tem como característica o aumento da quantidade de radiação solar global incidente, enquanto a redução observada a partir de janeiro/2007 corresponde à fase de maturação da cultura.

Os valores diários médios de H mostraram-se ligeiramente inferiores a $5 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ enquanto os de G situaram-se muito próximo de zero ao longo de todo o ciclo fenológico da cana-de-açúcar. Isto indica que houve liberação de calor sensível no volume de controle, tendo o solo funcionado como um sumidouro de energia (Figura 2).

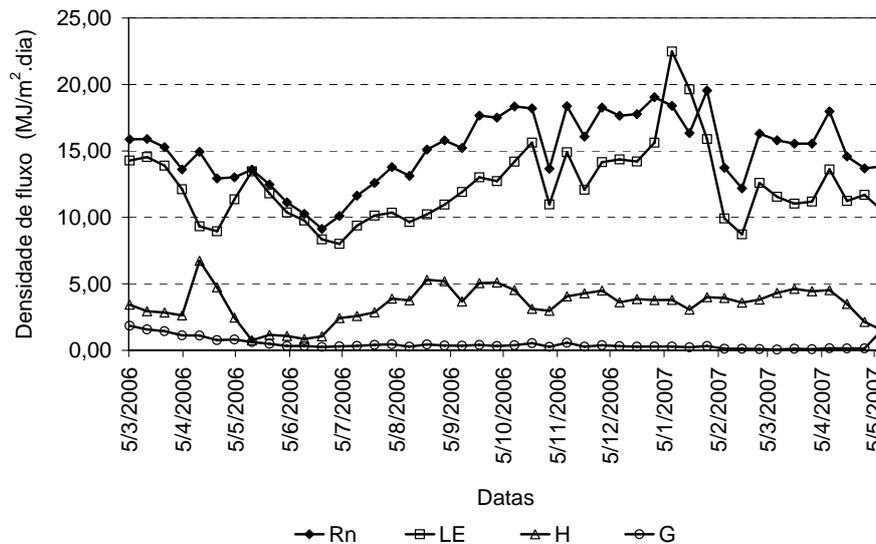


Figura 2. Comportamentos diários médios do saldo de radiação (Rn), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor latente (LE) e do fluxo de calor no solo (G), ao longo do ciclo fenológico da cana-de-açúcar irrigada, Juazeiro - BA, 2007.

CONCLUSÕES:

1. O fluxo de calor latente correspondeu a 82% do saldo de radiação disponível ao longo do ciclo fenológico da cana-de-açúcar. Essa informação será utilizada na determinação da evapotranspiração da cultura.

2. Verificou-se que ocorreu liberação de calor sensível do ambiente, tendo o solo funcionado como sumidouro de energia.

3. A relação entre o saldo de radiação e o fluxo de calor latente sugere que, as medições ou estimativas do saldo de radiação sobre a superfície cultivada, representam um critério eficiente para o manejo da irrigação da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. Brasília: EMBRAPA-CNPS, 1999. 412p

HEILMAN, J.L.; BRITTIN, C.L.; NEALE, C.M.U. fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.4, p. 261-273, 1989.

PRUEGER, J. H.; HATFIELD, J. L.; KRISTIAN AASE, J; PIKUL JUNIOR, J. L. Agroclimatology: Bowen ratio comparisons lysimeters Evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 730-736, 1997.

RANA, G.; KATERJI, N. Measurement and estimation of actual Evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. **European Journal of Agronomy**. v. 13, p. 125-152, 2000.

SOARES, J.M.; VIEIRA, V.J.de S.; GOMES JÚNIOR, W.F.; ARAÚJO FILHO. A.A. de. Agrovale, uma experiência de 25 anos em irrigação da cana-de-açúcar na região do Submédio São Francisco. **ITEM**, São Paulo, v.4, n.60, p.55-62, 2003.

SOUZA, E. F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.28-12, 1999.

ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. http://www.unica.com.br/pages/cana_origem.asp. 15 Fev.2004.

VILLA NOVA, N.A. **Estudo sobre balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Tese (Livre-Docência). 1973. 89p