

# BALANÇO DE ENERGIA NA CULTURA DE FEIJÃO UTILIZANDO UM SISTEMA DE RAZÃO DE BOWEN

Fabiano C. da SILVA<sup>1</sup> & Marcos V. FOLEGATTI<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de métodos práticos de medida da evapotranspiração tem o objetivo de entender os processos micrometeorológicos nas áreas irrigadas. O manejo da irrigação é essencial para a otimização dos recursos hídricos. Sistemas de irrigação apresentam elevado custo e sua viabilidade econômica é função do incremento da produção pela da irrigação. Inicialmente, para conseguir este objetivo é necessário estimar o consumo de água da cultura em campo. Estimativas micrometeorológicas do fluxo de vapor de água na atmosfera podem fornecer valores representativos da evapotranspiração.

O método da razão de Bowen (Bowen, 1926) tem se tornado padrão para medir os fluxos de calor latente e sensível de acordo com o balanço de energia. A validade deste método foi verificada em vários trabalhos (Tanner, 1960; Villa Nova, 1973; Sinclair et al., 1975; Bergamaschi et al., 1988).

A estimativa dos fluxos verticais pela razão de Bowen é baseada na resolução do balanço de energia. A razão de Bowen é a razão entre o fluxo de calor sensível e o fluxo de calor latente e pode ser expresso com sendo proporcional a razão entre o gradiente de temperatura e o gradiente de pressão de vapor entre dois níveis. De acordo com o balanço de radiação, a radiação líquida é composta de fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), e fluxo de calor no solo (G). Os principais requerimentos do método da razão de Bowen são que os gradientes de temperatura e psicrométrico sejam medidos dentro da camada limite que deverá estar em equilíbrio com a superfície. O principal objetivo deste trabalho foi quantificar os fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H), pelo do método do Balanço de energia em diferentes fases de desenvolvimento de uma cultura de feijão em condições variáveis de demanda evaporativa da atmosfera, em Piracicaba – SP e analisar a performance de funcionamento de um sistema automático de razão de Bowen em relação a um lisímetro de pesagem

## 2. MATERIALS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo durante o período de 13 de agosto a 12 de novembro de 1998 na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Em Piracicaba, SP, (22°43'33"S, 47°38'0"W, 576 m.).

Uma parcela experimental de 3,5 ha irrigada por pivô central, cultivada com a variedade IAC carioca Pyatã (ciclo de 98 a 105 dias), foi semeada em 13 de Agosto de 1998, com espaçamento entre linhas de 0,60 m, na densidade de 12 plantas/m<sup>2</sup>.

A cultura foi muito bem suprida de água com o intuito de manter as condições ideais de evapotranspiração potencial.

Durante o transcorrer do experimento foram realizadas medidas micrometeorológicas para fornecer valores médios em intervalos de tempo de 20 minutos sobre a cultura para alguns dias do ciclo de desenvolvimento da

cultura (17/09; 22/09; 01/10; 19/10 e 21/10). As medidas do sistema de razão de Bowen começaram após a emergência e foram realizadas até a época de colheita. As determinações da temperatura do ar (°C) e umidade absoluta (g/cm<sup>3</sup>) foram feitas nos níveis 0,25 e 1,0 m acima da superfície vegetal. A radiação líquida (W/m<sup>2</sup>) e o fluxo de calor no solo (W/m<sup>2</sup>) também foram mensurados. Estes dados foram obtidos utilizando um sistema automático de razão de Bowen fabricado pela Campbell Scientific.

A medida direta da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi feita utilizando lisímetro de pesagem. Na área cultivada com a cultura do feijão foi instalado um lisímetro com as seguintes dimensões: 0,70 m de profundidade, 1,50 m de comprimento e 1,30 m de largura. Detalhes da construção deste equipamento podem ser observados em Silva (1999).

Inicialmente, foram realizadas calibrações no lisímetro de pesagem e dos sensores meteorológicos. Posteriormente, os dados foram examinados com intuito de evitar possíveis erros devido a problemas de instrumentação. A evapotranspiração da cultura foi computada na escala horária durante os períodos nos quais a radiação líquida (R<sub>n</sub>) foi maior que zero W.m<sup>-2</sup>, sendo então totalizada para valores diários.

A partir das medições de radiação líquida (R<sub>n</sub>), fluxo de calor no solo (G) e diferenças de temperatura e pressão de vapor entre dois níveis, o balanço de energia pode ser apresentado como:

$$R_n - G - H - LE = 0 \quad (1)$$

em que R<sub>n</sub> é a radiação líquida; G é o fluxo de calor no solo; H é o fluxo de calor sensível; e LE é o fluxo de calor latente

O método da razão de Bowen estima os fluxos de calor sensível e latente baseado na resolução da equação do balanço de energia, considerando a razão de Bowen ( $\beta = H/LE$ )

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

Durante um período de 20 min, assumindo a similaridade dos coeficientes de transporte turbulento (Verma et al. 1978) e mensurando a os gradientes de temperatura e pressão de vapor entre dois níveis ajustados a cobertura vegetal, a razão de Bowen ( $\beta$ ) foi calculada a partir da equação

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

em que  $\gamma$  é a constante psicrométrica;  $\Delta T$  é a diferença de temperatura entre dois níveis sobre a superfície;  $\Delta e$  é a diferença de pressão de vapor para os mesmos dois níveis. O fluxo de calor sensível foi determinado utilizando a equação (1). Os valores de evapotranspiração foram estimados usando as equações (2) e (3).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes do balanço de energia, em diferentes fases de desenvolvimento da cultura do feijão, para cinco

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Agrárias ICIAG – UFU. Av. Amazonas s/n Bloco 2E. Uberlândia-MG. E-mail: Fabiano@iciag.ufu.br

<sup>2</sup> Departamento de Eng. Rural – ESALQ / USP

dias típicos de demanda evaporativa da atmosfera encontram-se na Tabela 1. Pode-se observar que no dia 22 de setembro ocorreu advecção de calor sensível, resultando em um fluxo de calor sensível maior do que a radiação líquida (Rn) disponível ( $LE/Rn < -1$ ).

**Tabela 1** - Componentes do Balanço de energia ( $MJ.m^{-2}$ . Período de Luz<sup>-1</sup>) medidas sobre uma cultura de feijão em diferentes dias. Piracicaba, SP

	Rn	G	H	LE	LE/Rn	H/Rn
17/ 09 /98	11,75	1,00	-4,46	-6,29	-0,535	-0,380
01/ 10 /98	9,25	0,30	-3,32	-5,62	-0,608	-0,359
19/ 10 /98	14,47	0,44	-1,76	-12,27	-0,848	-0,121
21/ 10 /98	13,81	0,72	-1,95	-11,14	-0,807	-0,141
22/ 09 /98	9,71	0,21	1,15	-10,65	-1,097	0,119

Pode-se observar que ocorreu uma variação na quantidade de energia disponível, compreendida entre 14,47  $MJ.m^{-2}$ . Período de Luz<sup>-1</sup> e 9,25  $MJ.m^{-2}$ . Período de Luz<sup>-1</sup>, juntamente com as variações de desenvolvimento da cultura, cujo IAF variou entre 0,6 e 2,82.

No primeiro período 17/09 e dia 01/10 caracterizado pelo menor desenvolvimento das plantas ( $IAF < 1,6$ ), a maior quantidade da radiação líquida foi empregada como calor sensível, 37% da Rn foi utilizada para aquecimento do ar e 3,7 % no aquecimento do solo. No período (19/10 e 21/10) cujo IAF foi maior que 2,7, nota-se que a energia disponível foi fracionada em 13 % para fluxo de calor sensível e 2,45 % para o fluxo de calor no solo (Tabela 1).

Pode-se observar que no dia 22/09 a advecção do calor sensível (+H) foi cerca de 11 % da radiação líquida (Rn), resultando em um fluxo de calor latente (LE) superior a energia disponível (Tabela 1).

Os valores da evapotranspiração obtida pelo método do Balanço de energia foram comparados com os valores medidos em lisímetro de pesagem. Para o total do período estudado, obteve-se os seguintes valores para evapotranspiração cultura do feijão: ET Lisímetro = 151,36 mm e ET Balanço de energia = 130,82 mm. A evapotranspiração obtida pelos dois métodos apresentaram uma performance similar em relação a resposta as condições ambientais durante o período de estudo. A comparação entre as estimativas do método do Balanço de energia e lisímetro de pesagem mostrou que o lisímetro de pesagem apresentou valores diários de evapotranspiração superiores ao método do Balanço de energia, e embora a

concordância entre as duas séries de dados tenha sido boa, o método do Balanço de energia subestimou a evapotranspiração medida pelo lisímetro de pesagem. Isto pode ser evidenciado pela equação de regressão entre os dois métodos, cujo coeficiente angular foi de 0,94, coeficiente linear igual 0,9463 e o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,86. O incremento da evapotranspiração medida pelo lisímetro pode ser devido a condições de umidade do solo dentro do lisímetro próximo da saturação.

#### 4. CONCLUSÃO

A quantidade de energia utilizada no fluxo de calor latente de evaporação (evapotranspiração) foi influenciada pelo índice de área foliar e pela demanda evaporativa da atmosfera. A menor porção da radiação líquida foi utilizada no aquecimento do solo, sendo influenciado pela cobertura vegetal.

Para o período estudado, obteve-se os seguintes valores para evapotranspiração da cultura do feijão: ET Lisímetro = 151,36 mm e ET Balanço de energia = 130,82 mm. sendo que o método do Balanço de energia subestimou a evapotranspiração com relação ao lisímetro de pesagem em cerca de 16 %.

Considerando a variação normal das condições ambientais, a concordância e a consistência das duas técnicas (Método do Balanço de energia e Lisímetro de pesagem) considerou-se como adequada a determinação da evapotranspiração durante o período do experimento. Os resultados deste trabalho permitem indicar a utilização do sistema de razão de Bowen para obtenção de estimativas da evapotranspiração representativas da cultura de feijão similares as medidas realizadas em lisímetro de pesagem.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J. C.; VIEIRA, H. J. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro, II Balanço de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.1, n.1, p. 745-757. 1988
- SILVA, F.C.; FOLEGATTI, M. V. MAGIOTTO, S. R. Análise do funcionamento de um lisímetro de pesagem com célula de carga. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, vol. 7, n. 1, p. 53-58, 1999.
- SINCLAIR, T. R.; ALLEN, Jr. L. H.; LEMON, E. R. An analysis of error in the calculation of energy flux densities above vegetation by a Bowen ratio profile method. **Boundary-Layer Meteorology**, vol. 8, p.129-139. 1975.
- TANNER, C. B. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. **Soil Science Society of America. Proceedings**. Madison, vol. 24, n.1, p.1-9. 1960.
- VILLA NOVA, N. A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba., Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1973. 89p. Tese de Livre Docência.