

# **EFEITO DO BALANÇO DE RADIAÇÃO UTILIZANDO RADIAÇÃO MEDIDA E ESTIMADA POR NÚMERO DE HORAS DE BRILHO SOLAR NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH, EM VIÇOSA-MG<sup>1</sup>**

FACCIOLI, G.G.<sup>2</sup>; SOUZA, L.O.C.<sup>3</sup>; MUDRIK, A.S.<sup>4</sup> e MANTOVANI, E.C.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Café EMBRAPA/Café; <sup>2</sup> Eng. Agrícola M.S., Estudante de Doutorado, Bolsista CAPES, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <gregorio@alunos.ufv.br >; <sup>3</sup> Eng. Agrícola M.S., Bolsista do PNP&D/Café, Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <lotavio@alunos.ufv.br >; <sup>4</sup> Estudante de Agronomia, Bolsista do PNP&D/Café, Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n; <sup>5</sup> Prof. Titular, D.S., Departamento de Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Av. P.H. Rolfs s/n. <everardo@correio.ufv.br >.

**RESUMO:** A crescente importância da cafeicultura irrigada vem influenciando a escolha de sistemas de irrigação mais modernos, com maior economia de água e facilidade de manejo. Nesse contexto, o conhecimento da demanda evaporativa da região é de fundamental importância. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do balanço de radiação utilizando radiação medida e estimada por número de horas de brilho solar na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método de Penman-Monteith, para suporte ao manejo da cafeicultura irrigada em Viçosa-MG. Os resultados obtidos mostram boa correlação entre o balanço de radiação e a evapotranspiração de referência obtidos com radiação medida e estimada por número de horas de brilho solar. Em caso de dias nublados, observa-se superestimativa da ET<sub>o</sub> quando se utiliza número de horas de brilho solar para estimativa da radiação solar incidente na superfície do solo. A utilização de estações meteorológicas automáticas com medida de radiação solar incidente é um importante aspecto para melhorar a precisão da estimativa da ET<sub>o</sub> e, conseqüentemente, da lâmina de irrigação necessária.

**Palavras-chave:** balanço de radiação, evapotranspiração de referência, café, SISDA.

## **EFFECT OF THE RADIATION BALANCE USING MEASURED RADIATION AND ESTEEMED BY SUNSHINE HOURS IN THE ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BY PENMAN-MONTEITH METHOD IN VIÇOSA-MG**

**ABSTRACT:** The increasing importance of irrigation in coffee crop comes influencing in the choice of more modern irrigation systems, with larger economy of water and easiness management. Inside of this context, the knowledge of the water needs of the region is of fundamental importance. The objective of the present work was to evaluate the effect of the balance radiation, using measured radiation and esteemed by

sunshine hours, in the estimate of the reference evapotranspiration, by the Penman-Monteith method, for management in irrigated coffee plants in Viçosa, MG. The obtained results show good correlation among the balance radiation and the reference evapotranspiration obtained with measured radiation and esteemed by sun hours.

**Key words:** radiation balance, reference evapotranspiration, coffee, SISDA.

## INTRODUÇÃO

Visando padronizar a evapotranspiração para uma região, em função das suas características climáticas, verificou-se a necessidade de definir a evapotranspiração para uma cultura de referência (ET<sub>o</sub>), que, segundo DOORENBOS e PRUITT (1977), é definida como a quantidade de água perdida por uma superfície de solo, coberta totalmente por grama, de altura uniforme entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo e sem restrições hídricas. Para determinar as necessidades hídricas das culturas, o método mais usual está baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), que se desenvolve em duas etapas: a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), geralmente utilizando uma equação empírica; e a multiplicação da ET<sub>o</sub> por um coeficiente de cultura (k<sub>c</sub>), que integra as características da cultura (DOORENBOS e PRUITT, 1977). SMITH (1991) propôs que se adote uma definição padronizada para a evapotranspiração de referência, visando à utilização do modelo de Penman-Monteith. A evapotranspiração de referência seria aquela que ocorre em uma cultura hipotética, apresentando as seguintes características fixas: altura de 12 cm, resistência do dossel de 69s.m<sup>-1</sup> e poder refletor (albedo) de 23%. CHANG (1971) caracterizou a importância relativa da radiação líquida, umidade relativa do ar e velocidade do vento sobre o processo da evapotranspiração, estabelecendo a respectiva ordem de grandeza para esses elementos: 80: 6:14, evidenciando o principal efeito da radiação solar global. O objetivo do presente trabalho foi avaliar efeito do balanço de radiação utilizando radiação medida e estimada por número de horas de brilho solar na estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith em cafeicultura irrigada, em Viçosa-MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, Minas Gerais, com latitude de 20° 45' S, longitude de 42° 51'

W e altitude média 651 m, durante o período de janeiro a dezembro de 2000. Na área experimental cultivada com café irrigado foi instalada uma estação meteorológica automática, com o objetivo de coletar e armazenar as temperaturas média, máxima e mínima, as umidades relativas média, máxima e mínima, a radiação solar e a velocidade de vento, a cada 12 minutos. Na estação meteorológica convencional da Universidade Federal de Viçosa, que se situa a 800 m da área experimental, os dados de número de horas de brilho solar também foram coletados.

Com os dados de número de horas de brilho solar, obtidos na estação meteorológica convencional, estimou-se a radiação solar incidente na superfície do solo através da equação de Wright (JENSEN et al., 1990):

$$R_s = \left[ a + b \left( \frac{n}{N} \right) \right] R_a$$

em que

- $R_s$  = radiação solar à superfície ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ );
- $R_a$  = radiação no topo da atmosfera ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ );
- a, b = coeficientes (0,25 e 0,5, respectivamente);
- n = número de horas de brilho solar diária (h); e
- N = duração astronômica do dia (h).

Determinou-se o saldo de radiação de ondas curtas, considerando um albedo de 0,23, utilizando os resultados de radiação solar à superfície do solo medido e estimado por número de horas de brilho solar, por meio da equação a seguir (ALLEN et al., 1998):

$$R_{ns} = (1 - a) R_s$$

em que

- $R_{ns}$  = saldo de radiação de ondas curtas ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ );
- $R_s$  = radiação solar à superfície ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ); e
- $\alpha$  = albedo.

Determinou-se o saldo de radiação de ondas longas, utilizando os resultados de radiação solar à superfície do solo medido e estimado por número de horas de brilho solar, pela seguinte equação (ALLEN et al., 1998):

$$R_{nl} = \sigma \left[ \frac{(T_{\max, K})^4 + (T_{\min, K})^4}{2} \right] \left( 0,34 - 0,14 \sqrt{\frac{e}{a}} \left( 1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \right)$$

em que

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann (0,000000004903 MJ/m<sup>2</sup>.d.K<sup>4</sup>);

$R_{nl}$  = saldo de radiação de ondas curtas (MJ/m<sup>2</sup>.d);

$T_{\max}$  = temperatura máxima em Kelvin;

$T_{\min}$  = temperatura mínima em Kelvin;

$e_a$  = pressão de vapor atual (KPa);

$R_s$  = radiação solar à superfície (MJ/m<sup>2</sup>.d); e

$R_{so}$  = radiação solar à superfície para um dia de céu totalmente claro (MJ/m<sup>2</sup>.d).

O balanço de radiação, foi determinado pela equação a seguir (ALLEN et al., 1998):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

em que

$R_n$  = balanço de radiação (MJ/m<sup>2</sup>.d);

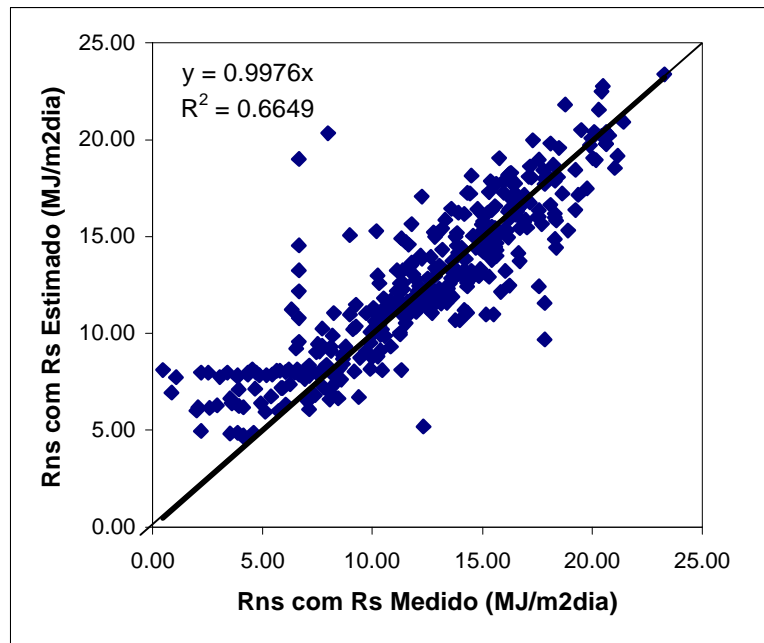
$R_{ns}$  = saldo de radiação de ondas curtas (MJ/m<sup>2</sup>.d); e

$R_{nl}$  = saldo de radiação de ondas longas (MJ/m<sup>2</sup>.d).

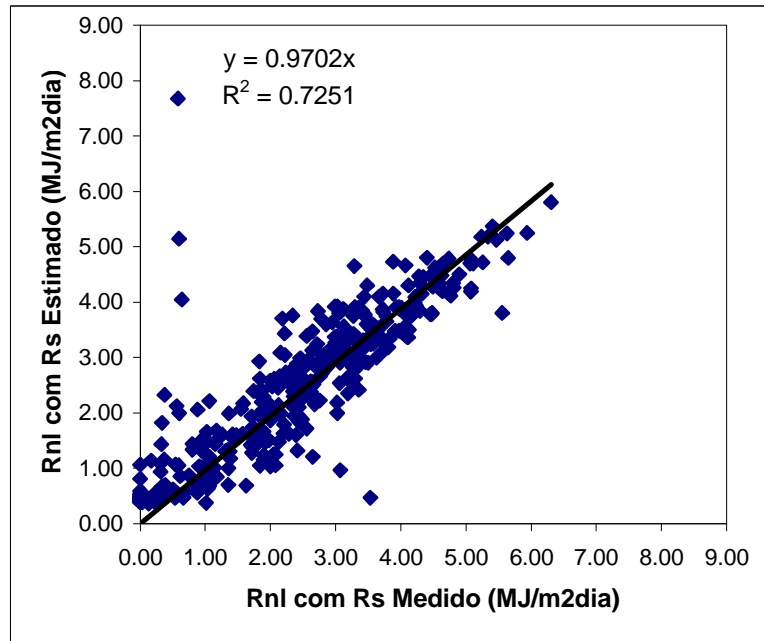
Estimou-se e comparou-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método de Penman-Monteith, utilizando os valores de temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade de vento e radiação solar à superfície, obtidas na estação meteorológica automática, e a estimativa da radiação solar à superfície, obtida por número de horas de brilho solar na estação meteorológica convencional da Universidade Federal de Viçosa. Os resultados das estimativas foram obtidos utilizando-se o software SISDA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 apresentam-se os valores diários de saldo de radiação de ondas curtas (Rns) obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medido e estimado por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação. Pode-se observar que o saldo de radiação de ondas curtas obtido com radiação solar incidente à superfície estimada por número de horas de brilho solar apresenta valores superestimados, quando comparado ao saldo de radiação obtido com radiação solar incidente à superfície medida, apenas para valores de saldo de radiação obtido com radiação medida inferiores a 7,5 MJ/m<sup>2</sup>dia, visto que os dados plotados apresentam-se acima da linha bissetriz dos gráficos. Para valores superiores a 7,5 MJ/m<sup>2</sup>dia, observa-se boa correlação. Na Figura 2 apresentam-se os valores diários de saldo de radiação de ondas longas (Rnl) obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação. Pode-se observar boa correlação, com subestimativa de 2,98%, no saldo de radiação de ondas longas quando a radiação solar incidente na superfície do solo é estimada por número de horas de brilho solar.



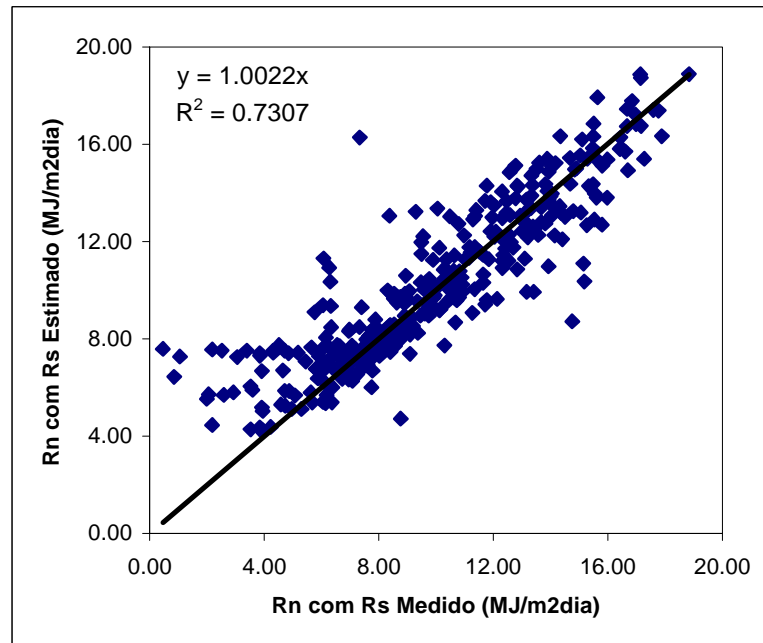
**Figura 1** - Valores diários de saldo de radiação de ondas curtas (Rns) obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação.



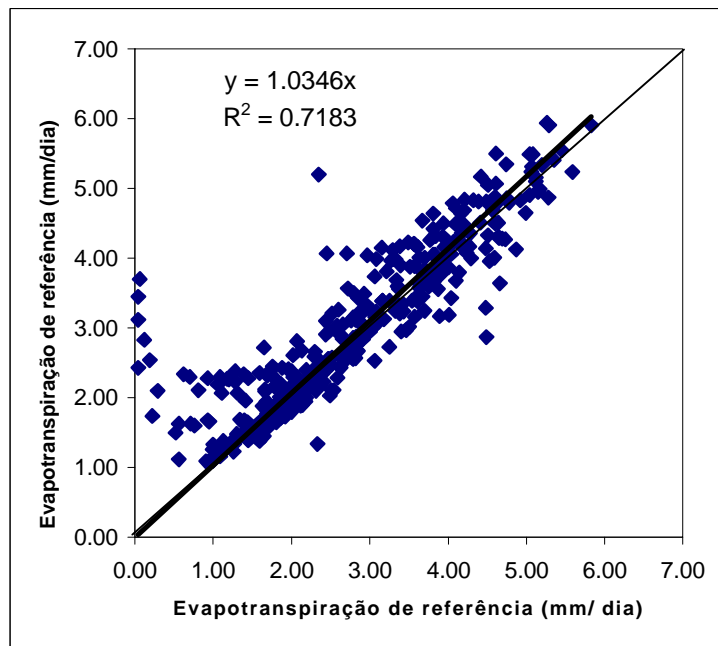
**Figura 2** - Valores diários de saldo de radiação de ondas longas (Rnl) obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação.

Na Figura 3 apresentam-se os valores diários do balanço de radiação (Rn) obtido com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação. Pode-se observar que o balanço de radiação obtido com radiação solar incidente à superfície estimada por número de horas de brilho solar apresenta valores superestimados, quando comparado ao balanço de radiação obtido com radiação solar incidente à superfície medida, apenas para valores de balanço de radiação obtido com radiação medida inferiores a 5,0 MJ/m<sup>2</sup>/dia, visto que os dados plotados apresentam-se acima da linha bissetriz dos gráficos. Para valores superiores a 5,0 MJ/m<sup>2</sup>/dia, observa-se boa correlação. Na Figura 4 apresentam-se os valores diários de evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith obtida com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação. Pode-se observar que a evapotranspiração de referência obtida com radiação solar incidente à superfície estimada por número de horas de brilho solar apresenta valores superestimados, quando comparada a evapotranspiração de referência obtida com radiação solar incidente à superfície medida, apenas para valores de evapotranspiração de referência

obtida com radiação solar medida inferiores a 1,5 mm/dia, visto que os dados plotados apresentam-se acima da linha bissetriz dos gráficos. Para valores superiores a 1,5 mm/dia, observa-se boa correlação.



**Figura 3** - Valores diários de balanço de radiação (Rn) obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação.



**Figura 4** - Valores diários evapotranspiração de referência estimado pelo método de Penman-Monteith obtidos com radiação incidente à superfície (Rs) medida e estimada por número de horas de brilho solar, equação de regressão linear forçada pela origem e coeficiente de determinação.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram boa correlação entre o balanço de radiação e a evapotranspiração de referência obtidos com radiação medida e estimada por número de horas de brilho solar. Para valores de saldo de radiação de ondas curtas, balanço de radiação e de evapotranspiração de referência, obtidos com radiação solar incidente à superfície ( $R_s$ ) medida, inferiores a  $7,5 \text{ MJ/m}^2\text{dia}$ ,  $5,0 \text{ MJ/m}^2\text{dia}$  e  $1,5 \text{ MJ/m}^2\text{dia}$ , respectivamente, a correlação não foi adequada, pois estes parâmetros, quando obtidos com radiação estimada por número de horas de brilho solar, apresentaram-se superiores.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.** (FAO Irrig. and Drain. Paper nº 56), FAO, Rome, Italy. 1998. 318p.
- CHANG, J. **Climate and agriculture.** 2. ed. Chicago: Aldine Publishing Company, 1971. 296p.
- DOORENBOS, J.E.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** (FAO Irrig. and Drain. Paper nº 24), FAO, Rome, Italy. 1977. 179p.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements,** New York. ASCE, 1990. 332p.
- SMITH, M.; SEGEREN, A.; PEREIRA, L. S.; PERRIER, A.; ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements.** FAO, Rome, Italy. 1991. 45 p.