

# DESEMPENHO DO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH FAO 56 NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERENCIA USANDO DADOS DE TEMPERATURA DO AR NO SEMIÁRIDO

QUEIROZ, M. G. DE<sup>1</sup>, PEREIRA, P. DE C.<sup>1</sup>, SILVA, T. G. F. DA<sup>2</sup>, SOUZA, L. S. B. DE<sup>3</sup>, DINIZ, W. J. DA S.<sup>1</sup>, MIRANDA, K. R.<sup>1</sup>, MOURA, M. S. B. DE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduandos do Curso de Agronomia, UAST/UFRPE, Serra Talhada – PE

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, UAST/UFRPE, Serra Talhada – PE

<sup>3</sup> Doutoranda em Meteorologia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa – MG

<sup>4</sup> Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina – PE

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho da estimativa dos valores diários da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) obtidos por meio apenas do uso da temperatura do ar no método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (PMFAO56\_T) e do método de Hargreaves & Samani, ambos em relação ao método PMFAO56, o qual considerou todas as variáveis meteorológicas medidas, para o Semiárido pernambucano. Utilizou-se uma série de dados diários de uma estação meteorológica pertencente a Embrapa Semiárido, no município de Petrolina-PE. Para a comparação entre os métodos foram calculados índices estatísticos de precisão (coeficiente de correlação, r) e de exatidão (índice de concordância, d), a fim de se analisar o desempenho por meio do coeficiente de confiança (c). Além disso, foram estimados erros estatísticos: erro médio de estimativa (MBE) e a raiz quadrada do quadrado do erro médio (RQME). Com a utilização dos dois métodos de estimativa da ET<sub>o</sub>, observou-se que eles apresentaram um desempenho moderado, recomendando-se o método de Hargreaves & Samani, em relação ao método PMFAO56\_T, logo é relativamente mais simples e que pode ser empregado com facilidade pelos produtores rurais.

**Palavras-chave:** ET<sub>o</sub>, Semiárido, temperatura do ar.

## PERFORMANCE OF THE PENMAN-MONTEITH FAO 56 METHOD IN THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION USING AIR TEMPERATURE DATA IN THE SEMIARID

**Abstract:** The objective of this work was to analyze the performance estimation of daily values of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) obtained through the use of air temperature in the Penman Monteith method, parameterized FAO 56 Bulletin (PMFAO56\_T) and of the Hargreaves & Samani method, both in relation to the PMFAO56 method, which considered all measured meteorological variables for Semiarid, Pernambuco State. A daily data series of a weather station in Semiarid Embrapa, in the Petrolina district, was used. For the comparison of the methods were calculated statistical indices of precision (correlation coefficient, r) and accuracy (concordance index, d) in order to analyze the performance through the confidence coefficient (c). In addition, were estimated statistical errors: mean bears error (MBE) and the root mean square error (RMSE). With the use of two methods of estimation of ET<sub>o</sub>, it was verified that they presented a moderate performance, recommending the Hargreaves & Samani method, in relation to the PMFAO56\_T method, so it is relatively more simple and can be used with ease by rural producers.

**Key-words:** ET<sub>o</sub>, Semiarid, air temperature

## Introdução

A determinação da quantidade de água necessária para atender as necessidades hídricas das culturas irrigadas, aliada a um correto dimensionamento do sistema de irrigação, é um dos principais parâmetros para o uso sustentável dos recursos hídricos na agricultura (ESTEVEZ et al., 2010). Os métodos de se quantificar o volume de água a ser aplicada nas culturas levam em consideração os processos de evaporação do solo e de transpiração da planta, os quais em conjunto são denominados evapotranspiração (BORGES & MEDIONDO, 2007). Os métodos para a estimativa da ETo são geralmente dependentes de diversas variáveis atmosféricas, um exemplo disso, é o método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (ALLEN et al. 1998), onde em muitas situações podem provocar dificuldades aos produtores rurais e pesquisadores que não possuem essas informações para a região, forçando-os a busca por outros métodos que não sejam dependentes de muitas variáveis, como alternativa para o planejamento do manejo de irrigação. Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho da estimativa dos valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) obtidos por meio do uso dos dados temperatura do ar no método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO (PMFAO56\_T) e do método de Hargreaves & Samani, ambos em relação ao método PMFAO56, o qual considerou todas as variáveis meteorológicas medidas, para o Semiárido pernambucano.

## Material e métodos

Para a realização deste trabalho, utilizou-se uma série de seis anos de dados diários do período de 2003 a 2008, coletados na estação meteorológica automática, pertencente ao Campo Experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, localizada no município de Petrolina-PE (latitude de  $-9,15^\circ$ , longitude de  $-40,37^\circ$  e altitude de 365 m). Os valores diários usados foram: temperaturas máxima, média e mínima ( $^\circ\text{C}$ ); umidade relativa do ar (%); radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) e velocidade do vento a 2m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ ). A partir destes dados foi estimada a ETo pelo modelo de Penman Monteith, parametrizado conforme o boletim 56 da FAO (Equação 1) (ALLEN *et al.*, 1998). Este método também foi utilizado para a estimativa da evapotranspiração usando apenas dados de temperatura do ar (EToPM56\_T). O método de Hargreaves & Samani (Equação 2) foi usado como uma alternativa para a determinação da ETo, o qual se baseia apenas nos dados de temperatura.

$$E_{To} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + y \frac{900}{(t_{med} + 273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + y(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

onde, ETo = evapotranspiração de referência [ $\text{mm dia}^{-1}$ ];  $R_n$  = saldo de radiação [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ];  $G$  = densidade do fluxo de calor no solo [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ];  $t$  = temperatura do ar média diária a 2 m de altura [ $^\circ\text{C}$ ];  $u_2$  = velocidade do vento a 2 m de altura [ $\text{m s}^{-1}$ ];  $e_s$  = pressão do vapor de saturação [kPa];  $e_a$  = pressão do vapor atual [kPa];  $\Delta$  = declividade da curva de pressão do vapor [ $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ];  $e$ ,  $\gamma$  = constante psicrométrica [ $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ].

$$E_{To} = 0,0023(t_{med} + 17,8)(t_{max} - t_{min})^{0,5} R_a \quad (2)$$

onde,  $t_{max}$  e  $t_{min}$  = temperatura máxima e mínima, respectivamente [ $^\circ\text{C}$ ];  $R_a$  = Radiação solar extraterrestre [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ]. Na estimativa dos demais componentes (umidade relativa do ar, radiação e velocidade do vento), os quais foram utilizados para da EToPM56\_T, adotou-se os procedimentos do boletim 56 da FAO (ALLEN *et al.*, 1998), onde para a umidade relativa do ar,

recomenda-se retirar de 2 a 3 °C nos valores da temperatura mínima ( $t_{\min}$ ), para regiões semiáridas, permitindo assim, a determinação da pressão de vapor d'água atual (Equação 3). No presente estudo, optou-se por subtrair 2,5 °C, constituindo uma média entre os dois números previamente citados.

$$e_a = e^0(t_{\min} - 2,5^{\circ}\text{C}) = 0,611 \exp \left[ \frac{17,27(t_{\min} - 2,5^{\circ}\text{C})}{(t_{\min} - 2,5^{\circ}\text{C}) + 237,3} \right] \quad (3)$$

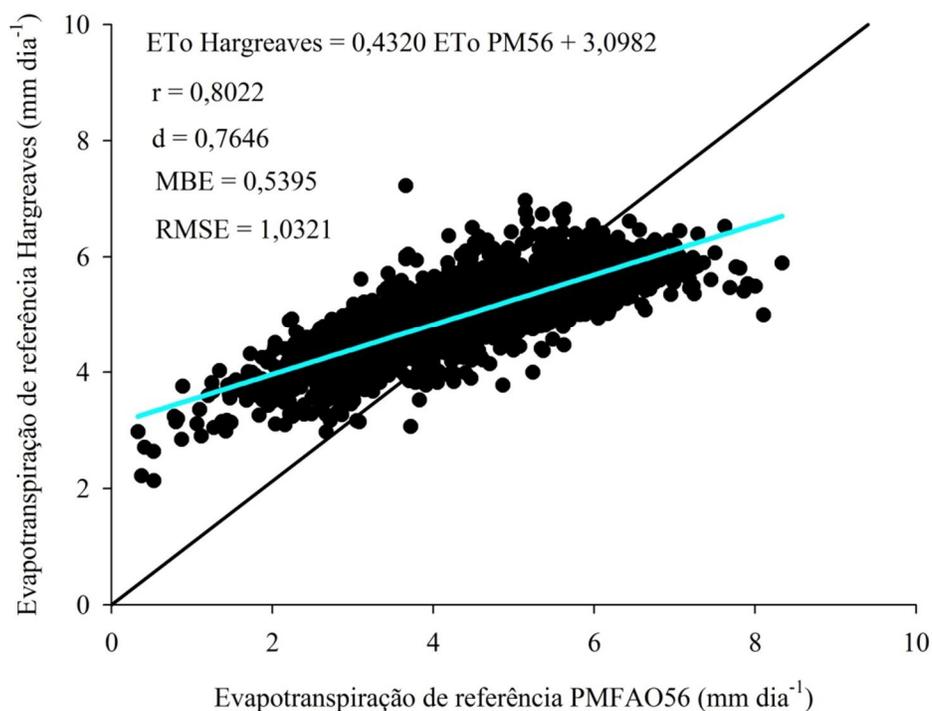
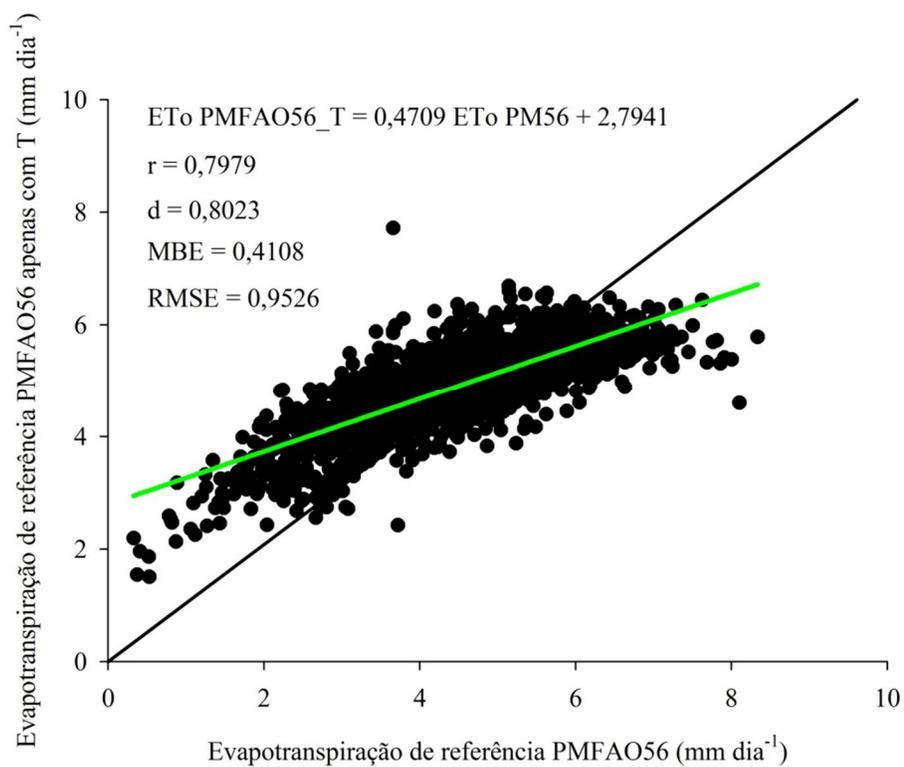
onde,  $e_a$  = pressão do vapor d'água atual [kPa];  $e$ ,  $(t_{\min} - 2,5^{\circ}\text{C})$  = temperatura mínima menos 2,5°C. Para a estimativa da radiação solar global foi utilizado a fórmula de Hargreaves (Equação 4):

$$R_s = K_{R_s} \sqrt{(t_{\max} - t_{\min})} R_a \quad (4)$$

onde,  $R_a$  = radiação solar extraterrestre [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ];  $e$ ,  $K_{R_s}$  = coeficiente de ajuste (0,16). Para a velocidade do vento a 2m, quando não se há dados, utilizou-se o valor de  $2 \text{ m s}^{-1}$ , que é o valor médio de mais de 2000 estações meteorológicas distribuídas no globo. Os valores da ETo estimados pelo método de EToPM56\_T e o de Hargreaves & Samani foram comparados ao de Penman Monteith, FAO 56, que considerou todas as variáveis medidas (EToPM56). Esta comparação foi realizada por meio de índices estatísticos de precisão (coeficiente de correlação,  $r$ ) e de exatidão (índice de concordância,  $d$ ), propostos por WILLMOTT *et al.* (1985), com a determinação dos valores do coeficiente de confiança ( $c$ ), o qual é o produto de  $r$  e  $d$  ( $c = r \cdot d$ ) (CARMAGO & SENTELHAS, 1997). Além disso, foram estimados os erros estatísticos: erro médio de estimativa (MBE) e a raiz quadrada do quadrado do erro médio (RQME).

## Resultados e discussões

As relações entre os valores da ETo obtidos pelo método de Penman Monteith FAO 56, considerando todas as variáveis medidas (EToPM56) e o método de Penman Monteith FAO 56, usando apenas a temperatura (EToPM56\_T), bem como o de Hargreaves & Samani (EToHS), podem ser visualizadas na Figura 1. Verifica-se que tanto a EToPM56\_T quanto a EToHS comparados a EToPM56, superestimaram os seus valores, quando os mesmos foram inferiores a  $4 \text{ mm dia}^{-1}$ . Por outro lado, quando estes valores foram superiores a  $4 \text{ mm dia}^{-1}$ , observou-se uma tendência de subestimativa. Constatou-se também que os valores dos índices estatísticos  $r$  e  $d$  encontrados neste trabalho foram de 0,7979 e 0,8023, respectivamente, para o método EToPM56\_T e de 0,8022 e 0,7646 para o método EToHS, quando comparados ao EToPM56, não demonstrando assim, diferenças expressivas entre os mesmos. O coeficiente de confiança ( $c$ ) foi de 0,6401 e 0,6134 para a EToPM56\_T e EToHS, respectivamente, caracterizados como apresentando desempenho moderado (CAMARGO & SENTENHAS, 1997). Conceição e Marin (2005), estimando a evapotranspiração de referência, utilizando os métodos de Hargreaves & Samani e do Tanque Classe A, para a região noroeste de São Paulo, em relação ao método de Penman Monteith FAO 56, verificaram que ambos os métodos apresentaram valores de  $r$  iguais a 0,8602 e 0,4472, respectivamente. O coeficiente de confiança ( $c$ ) para o método de Hargreaves & Samani foi igual a 0,76 e para o método do Tanque Classe A igual a 0,57, com desempenhos classificados como muito bom e regular, respectivamente, confirmando assim a superioridade do método de Hargreaves & Samani. Em relação aos erros estatísticos, no presente estudo, os valores de MBE foram relativamente baixos, sendo de 0,4108 e 0,5395 para EToPM56\_T e EToHS, respectivamente. Por outro lado, os valores de RMSE foram altos, como resultados de 0,9526 para a EToPM56\_T e de 1,0321 para a EToHS.



**Figura1.** Valores da evapotranspiração de referência obtidos pelo método de Penman Monteith FAO 56, considerando todas as variáveis medidas (EToPM56) e o método de Penman Monteith FAO 56, usando apenas a temperatura (EToPM56\_T), bem como o de Hargreaves & Samani (EToHS), para o município de Petrolina-PE.

## Conclusões

Utilizando os dois métodos de estimativa da ETo, pode-se concluir que tanto a evapotranspiração calculada pelo Penman Monteith, usando apenas a temperatura do ar (EToPM56\_T), quanto aquela estimada pelo método de Hargreaves & Samani (EToHS) apresentaram um desempenho moderado, não havendo assim diferença significativa entre eles, sendo então recomendado a utilização do método de EToHS, o qual necessita de menos variáveis de entrada, quando comparado ao de EToPM56\_T, facilitando assim a determinação da evapotranspiração para as áreas em que não possuem dados meteorológicos suficientes, além de ser um método relativamente mais simples, que pode ser empregado com facilidade pelos produtores rurais.

## Referências bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: **Irrigation and Drainage Paper 56**, 300p., FAO, 1998.

BORGES, A. C. & MENDIONDO, E. M., Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.3, p.293-300, 2007.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista da Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R. estimativa da evapotranspiração de referência utilizando os métodos Hargreaves Samani e do Tanque Classe A. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14, 2010, Campinas - SP. **Anais...**, campinas - SP: Sociedade Brasileira Agrometeorologia, 2005.

ESTEVES, B S., MENDONÇA, J. C., SOUSA, E. F. & BERNARDO, S. ; Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) em Campos dos Goytacazes, RJ; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,v.14, n.3, p.274–278, 2010.

WILLMOTT, C.J.; Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research Oceans**, Washington, n.90, p.8995-9005, 1985.