

EFEITO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DA PRESSÃO REAL DE VAPOR SOBRE A PRECISÃO DA EQUAÇÃO DE PENMAN-MONTEITH NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA MINEIRO

T.S. Teixeira¹, J.R. Camacho²

¹ Engenheiro Eletricista, Pós-Graduando, UFU, tiago.steixeira@yahoo.com.br

² Engenheiro Eletricista, Professor Titular, UFU, jrcamacho@ufu.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A estimação da evapotranspiração de referência (ET_o) é fundamental em projetos de irrigação, seja para implantação ou manejo. O método considerado referência para isto é a equação de Penman-Monteith. Entretanto, alguns dos parâmetros desta equação possuem mais de uma forma de serem estimados. Neste trabalho foram analisadas oito equações para cálculo da pressão real de vapor (e_a) e seus efeitos sobre a estimação da ET_o. Foram avaliados o erro médio quadrático e o erro médio absoluto em relação ao valor fornecido pelo programa CROPWAT 8.0, utilizando dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes à estação meteorológica de Patos de Minas, MG. Os melhores resultados foram obtidos pela equação que utiliza dados psicrométricos, temperatura de bulbo seco e úmido, e dados médios de temperatura e umidade relativa. Os resultados mais discrepantes foram registrados com a equação que relaciona temperatura máxima e umidade relativa mínima.

PALAVRAS-CHAVE: EVAPOTRANSPIRAÇÃO, IRRIGAÇÃO, DADOS CLIMATOLÓGICOS

EFFECT OF THE CALCULATION METHODS OF REAL PRESSURE STEAM ON THE ACCURACY OF THE EQUATION OF PENMAN-MONTEITH IN THE REGION OF ALTO PARANAÍBA MINEIRO

ABSTRACT: The estimation of the reference evapotranspiration (ET_o) is crucial in irrigation projects, either for implementation or management. The reference method considered is the Penman-Monteith equation. However, some of the parameters of this equation have more than one way to be estimated. In this work eight equations for calculating the actual vapor pressure (e_a) and their effects on the estimation of ET_o were analyzed. The mean square error and mean absolute error were evaluated from the value provided by CROPWAT 8.0 software, using data from the Brazilian National Institute of Meteorology (INMET) regarding the weather station in Patos de Minas, MG. The best results were obtained by the equation that uses psychrometric data, temperature of dry and wet bulb, and average data of temperature and relative humidity. The most discrepant results were recorded with the equation relating maximum temperature and minimum relative humidity.

KEYWORDS: EVAPOTRANSPIRATION, IRRIGATION, CLIMATOLOGICAL DATA

INTRODUÇÃO: Para o correto funcionamento de um sistema de irrigação é fundamental que seja conhecida a quantidade de água que a cultura em questão necessita para seu completo crescimento. Sistemas de irrigação superdimensionados se tornam mais onerosos, elevando o custo de produção além de aplicarem água em excesso trazendo problemas à cultura e ao solo. Já a subestimação da quantidade de água necessária pode levar a projetos que não atendem toda a área prevista inicialmente (BERNARDO, 2008).

Evapotranspiração (ET) refere-se à combinação de dois processos distintos de perda de água, sendo eles a evaporação de água pela superfície do solo e pela transpiração das plantas (ALLEN et al., 1998).

Dá-se o nome de Evapotranspiração de Referência (ET_o) à ET de uma cultura de referência hipotética de 0,12m, com uma resistência superficial de 70 s.m⁻¹ e um albedo de 0,23 (ALLEN et al., 1998).

Existem várias equações para determinar a ET_o, dentre elas pode-se citar as equações de Valiantzas, Turc, Hargreaves-Samani, Hargreaves, Ritchie e a equação de Irmak (KISI, 2014). Entretanto, o método considerado como referência pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO) é a equação de Penman-Monteith (PM) (ALLEN et al., 1998).

A equação de PM estima a ET_o a partir de dados de velocidade do vento, horas de sol, temperatura do ar, umidade relativa, altitude e latitude. Uma das variáveis que são determinadas a partir desses dados é a pressão real de vapor (e_a). Os métodos mais comuns para cálculo da e_a são dados pelas equações (3) a (10) (YODER, 2005; ALLEN et al., 1998). Neste trabalho será feito um estudo dos valores de ET_o obtidos a partir dos valores de e_a calculados através dos oito métodos.

MATERIAL E MÉTODOS: A equação de PM para cálculo da ET_o é dada pela seguinte fórmula:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \left[900 / (T + 273) \right] U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

onde,

ET_o – evapotranspiração de referência, mm.dia⁻¹

Δ – declividade da curva de pressão de vapor, KPa;

Rn – saldo de radiação à superfície, MJm⁻².dia⁻¹;

G – fluxo de calor no solo, MJ m⁻².dia⁻¹;

γ – constante psicrométrica, KPa°C⁻¹;

T – temperatura do ar a 2 metros de altura, °C;

U₂ – velocidade do vento a 2 metros de altura, ms⁻¹;

e_s – pressão de saturação de vapor, KPa;

e_a – pressão real de vapor, KPa.

A pressão de saturação de vapor é função da temperatura e sua relação é dada pela equação (2):

$$e^0 = 0,6108 \exp \left(\frac{17,27T}{T + 237,3} \right) \quad (2)$$

A pressão real de vapor pode ser calculada utilizando diferentes métodos que empregam dados de umidade relativa, temperatura e ponto de orvalho. Segundo YODER (2005) e ALLEN et al. (1998) os métodos para cálculo da pressão real de vapor são os apresentados na equações seguintes:

$$e_{a1} = e^o(T_{orv}) \quad (3)$$

$$e_{a2} = e^o(T_{min}) \quad (4)$$

$$e_{a3} = e^o(T_u) - \gamma(T_s - T_u) \quad (5)$$

$$e_{a4} = \frac{e^o(T_{min}) \frac{UR_{max}}{100} + e^o(T_{max}) \frac{UR_{min}}{100}}{2} \quad (6)$$

$$e_{a5} = e^o(T_{med}) \frac{UR_{med}}{100} \quad (7)$$

$$e_{a6} = e^o(T_{min}) \frac{UR_{max}}{100} \quad (8)$$

$$e_{a7} = e^o(T_{max}) \frac{UR_{min}}{100} \quad (9)$$

$$e_{a8} = \frac{UR_{med}}{100} \left[\frac{e^o(T_{min}) + e^o(T_{max})}{2} \right] \quad (10)$$

sendo,

T_{orv} - temperatura de ponto de orvalho, °C;

T_{min} - média das temperaturas mínimas, °C;

T_{max} - média das temperaturas máximas, °C;

T_{med} - temperatura média, °C;

T_s - temperatura de bulbo seco, °C;

T_u - temperatura de bulbo úmido, °C;

UR_{min} - umidade relativa mínima média, %;

UR_{max} - umidade relativa máxima média, %;

UR_{med} - umidade relativa média, %;

A temperatura de ponto de orvalho, de acordo com Howell and Dusek (1995), é dada por:

$$T_{orv} = \frac{237,3}{1 - \left[\frac{\ln\left(\frac{UR_{med}}{100}\right)}{17,27} + \left(\frac{T_{med}}{237,3 + T_{med}}\right) \right]} \quad (11)$$

Os dados utilizados são da estação meteorológica de Patos de Minas, MG, situada a 940 metros de altitude, com latitude de 18,51°S, longitude 46,43°O e utilizando como base o ano de 2012.

TABELA 1. Dados climatológicos. Fonte: Dados da Rede do INMET.

Mês	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	UR_{min} (%)	UR_{max} (%)	T_s (°C)	T_u (°C)
Janeiro	17.5935	26.8935	52.3333	98.3333	22.2066	19.8088
Fevereiro	17.3690	29.0655	45.6667	95.6667	23.7945	19.9275
Março	17.2871	29.0032	47.0000	93.3333	23.5385	19.9132
Abril	17.1667	28.9500	48.3333	96.0000	23.6681	20.1703
Mai	14.2548	25.5968	44.6667	94.3333	20.4066	17.0857
Junho	14.4467	26.6267	42.6667	91.3333	21.2967	17.6066
Julho	12.5323	26.4129	35.6667	84.6667	20.6495	15.6571
Agosto	13.4871	26.6419	28.0000	77.6667	20.9560	14.9956
Setembro	16.2633	30.7100	23.3333	73.0000	24.8945	17.2209
Outubro	17.7452	31.7387	27.6667	90.0000	24.4659	17.8484
Novembro	18.4900	28.3067	42.6667	96.3333	24.5055	20.3077
Dezembro	18.6548	31.0548	45.3333	94.0000	25.3077	21.4593

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para comparar os métodos expostos nas equações de (3) a (10) foram utilizados os erros médio quadrático e médio absoluto conforme equações (12) e (13) respectivamente. Os resultados encontram-se na figura 1, onde o método 1 refere-se à equação (3), o método 2 à equação (4) e assim sucessivamente.

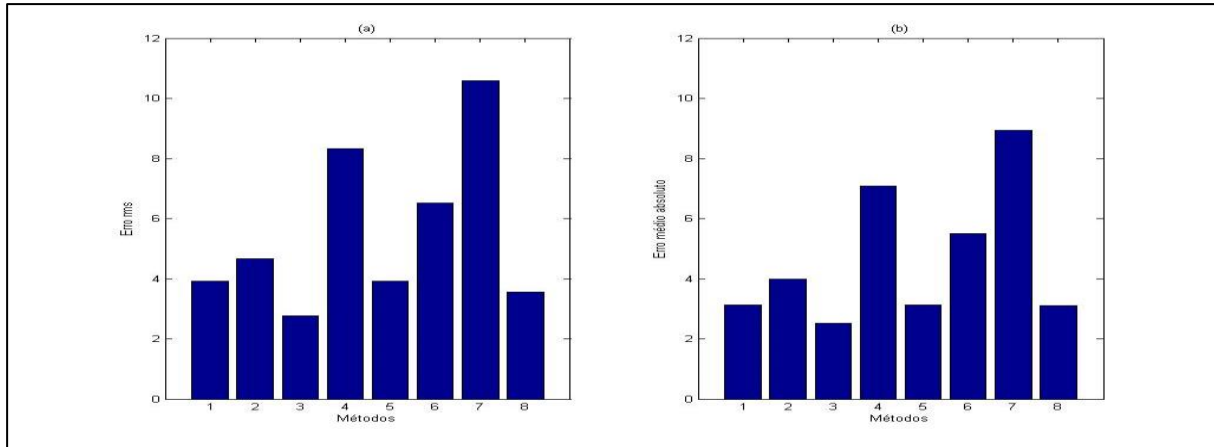


FIGURA 1: Desvios obtidos pelos diferentes métodos. (a) Erro rms, (b) erro médio absoluto.

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2} \quad (12)$$

$$E_{abs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - y_i| \quad (13)$$

Nas equações (12) e (13) x_i e y_i referem-se respectivamente aos resultados obtidos pelas equações (3) a (10) e o resultado fornecido pelo programa da FAO, CROPWAT 8.0. A análise dos gráficos da figura 1 destaca o melhor desempenho do método 3 que utiliza dados psicrométricos para estimação da evapotranspiração. O método 3 apresentou um erro médio quadrático de 2.76 e erro médio absoluto de 2.52. O pior resultado foi para o método 7 que utiliza dados de temperatura máxima e umidade relativa mínima, obtendo desvio médio quadrático de 10.60 e erro médio de absoluto de 8.95.

CONCLUSÕES: Os diferentes métodos para cálculo da pressão real de vapor produzem resultados com diferenças significativas entre si. O método que utiliza dados psicrométricos apresentou o melhor resultado, porém, devido ao fato de estes dados nem sempre estarem disponíveis recomenda-se o emprego das equações (7) e (10) que utilizam dados mais comumente disponíveis como as temperaturas máximas e mínimas, bem como a umidade relativa média, equações que forneceram resultados não tão bons, mas bastante satisfatórios.

AGRADECIMENTOS: O presente trabalho foi desenvolvido com o apoio da CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., and SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), FAO Irrigation and Drainage Paper n.56, Rome, 1998.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008.
- HOWEL, T. A., and DUSEK, D. A. Comparison of vapor-pressure-deficit calculation methods - southern high plains. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.121, n.2, 191–198, 1995.
- KISI, O. Comparison of Different Empirical Methods for Estimating Daily Reference Evapotranspiration in Mediterranean Climate. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.140, n.1, 2014.
- YODER R, ODHIAMBO L, WRIGHT W. Effects of vapor–pressure deficit and net-irradiance calculation methods on accuracy of standardized penman–monteith equation in a humid climate. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.131, p.228–37, 2005.