

## DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE POPULINA - SP

Maryjane Diniz de Araújo Gomes<sup>1</sup>; Fernando Braz Tangerino Hernandez<sup>2</sup>; Giovane dos Anjos Aires<sup>3</sup>, Maurício Bruno Padro da Silva<sup>4</sup>, Elvis da Silva Alves<sup>5</sup>,  
Antonio Heriberto de Castro Teixeira<sup>6</sup>

**RESUMO:** A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é a base para o manejo racional da irrigação via atmosfera e pode ser estimada por métodos matemáticos clássicos, porém é necessário compará-los ao método padrão da FAO Penman-Monteith em diferentes regiões. Assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho dos métodos empíricos de determinação da evapotranspiração de referência propostos por Hargreaves e Samani (1985), Priestley e Taylor (1972), Makkik (1957) e Turc (1961) em comparação ao método padrão Penman-Monteith FAO-56 (PMF-56), utilizando a série de dados de cinco anos (2011 a 2016) coletados da estação agrometeorológica localizada no município de Populina, região Noroeste do Estado de São Paulo. Foi realizada a análise de correlação e regressão linear, avaliando o desempenho dos modelos através do MBE (Mean Bias Error), e do Relative Mean Bias Error (rMBE), além de ser utilizado o índice de concordância (d) e o índice de desempenho (c) para analisar a exatidão. A ET<sub>o</sub> obtida pelos métodos empíricos obteve desempenho satisfatório, exceto o método de Turc, sendo o método de Makkink o mais ideal para a região de estudo, pois não necessitou de ajustes, aproximando-se do método padrão (PM-56), podendo ser utilizado para a estimativa da evapotranspiração para a Populina- SP.

**PALAVRAS-CHAVE:** equações empíricas, Penman-Monteith, Índice de desempenho.

## PERFORMANCE IN METHODS IN ESTIMATIVE IVESEVAPOTRANSPIRATION IN REFERENCE FOR THE REGION IN PUPULINA –SP.

<sup>1</sup> Professora Dra. do Instituto Federal do Pará, gomes-mary@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor Dr. Titular da UNESP Ilha Solteira. fernando.braz@unesp.br

<sup>3</sup> Técnico Agrícola, Graduando do curso de Agronomia do Instituto Federal do Pará, giovaneaires9@gmail.com

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Dr. Em Agronomia Irrigação e Drenagem pela UNESP Botucatu, mauricio.prado19@hotmail.com

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola da UFV-MG, elvistv@gmail.com

<sup>6</sup> Pesquisador da Embrapa, Bolsista de Produtividade do CNPq. heriberto@pq.cnpq.br

**ABSTRACT:** The reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) can be estimated by classical mathematical methods, but it is necessary to compare them to the FAO Penman-Monteith standard method in different regions. So the presente work, aimed to evaluate the performance of the empirical methods for determining the reference evapotranspiration proposed by Hargreaves and Samani (1985), Priestley and Taylor (1972), Makkik (1957) and Turc (1961) in comparison to the standard method Penman-Monteith FAO-56 (PMF-56), using the series of data collected from the agrometeorology station located in the city of Populina-SP. It have used a historical series of 5 years of meteorological data from the Agrometeorological Network of the Municipality of Populina-SP. For comparative analysis between the PMF-56 standard method and the other methods, the correlation and linear regression analysis was performed, evaluating the performance of the models through Mean Bias Error (MBE) and Relative Mean Bias Error (rMBE). Besides being using the agreement index (d) and the performance index (c) to analyze the accuracy. The ET<sub>o</sub> obtained by the empirical methods obtained satisfactory performance, except the Turc method, being the makkink method the most ideal for the study region, because no adjustments are required, approaching the standard method (PM-56) and can be used to estimate evapotranspiration for Populina-SP.

**KEYWORDS:** equations empirical, Penman-Monteith, index in performance.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura irrigada nos leva à competição crescente pelo insumo água. Assim sendo, um eficiente manejo racional dos recursos hídricos deve ter início com a determinação da necessidade hídrica da cultura a ser irrigada, para tanto é necessário se conhecer, entre outros parâmetros, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) local (MOREIRA et al., 2010). A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é medida por meio de técnicas e princípios físicos relativamente complexos (ALLEN et al., 2011) e a forma direta mais precisa para sua estimativa é o balanço hídrico no solo com uso de lisímetros, utilizado para a calibração das equações empíricas com diferentes níveis de complexidade. Dentre os vários métodos existentes na literatura para estimativa da ET<sub>o</sub>, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) recomendada como padrão, a equação de Penman-Monteith, publicada em seu Boletim 56 para a estimativa da ET<sub>o</sub> e calibração de outros métodos empíricos (ALLEN et al., 1998). Embora equação de Penman-Monteith seja considerado o método com melhor desempenho na estimativa da ET<sub>o</sub>, apresenta restrições quanto à grande quantidade de

informações necessárias para tal (PALARETTI et al., 2014), senso necessárias como parâmetros de entrada a temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global, velocidade do vento e pressão atmosférica, nem sempre disponíveis devido aos investimentos necessários. Devido ao alto custo dos sensores e as dificuldades em obter dados de ETo através de técnicas agrometeorológicas, lisimetria e evaporímetros, diferentes métodos têm sido desenvolvidos e utilizados na estimativa da evapotranspiração para diferentes condições climáticas e localizações geográficas. Carvalho et al. (2011), em abordagem sobre desempenho de métodos de estimativa de ETo, concluíram que quando há disponibilidade de todos os parâmetros de entrada para o método de Penman-Monteith FAO-56, este deve ser utilizado, tendo em vista sua precisão, independentemente da escala temporal e espacial. Neste caso, a região objeto deste trabalho se apresenta com uma área expressiva de citros irrigada, cujo manejo racional da irrigação pode ser considerado inexpressivo. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho dos métodos empíricos de determinação da evapotranspiração de referência propostos por Hargreaves e Samani (1985), Priestley e Taylor (1972), Makkik (1957) e Turc (1961) em comparação ao método padrão Penman-Monteith FAO-56 (PMF-56), utilizando a série de dados coletados da estação agrometeorologia localizada na cidade de Populina-SP.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com dados diários coletados pela Estação Populina pertencente à Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (Latitude 19° 52' 46,4" S, Longitude 50° 28' 13,3" W e altitude de 394 metros) que tem a sua parte visível no Canal CLIMA da UNESP (<http://clima.feis.unesp.br>) onde os as variáveis e a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (Allen et al, 1998) são disponibilizados de forma livre e gratuita. O clima predominante, baseado nas condições de precipitação e temperatura segundo a classificação de Köppen - Geiger (Kottek et al., 2006), é equatorial (A), pertencente à savana equatorial com inverno seco (w), codificado como Aw ou clima tropical úmido com inverno seco. Segundo a classificação de Thornthwaite (1948), atualizado por Feddema (2005) e aplicada no Estado de São Paulo (Rolim et al., 2007), o clima da região, é do tipo megatérmico (C2dA'a'), subúmido chuvoso com pequeno ou nenhum excedente de água, e evapotranspiração de verão menor que 48% do total anual. Santos; Hernandez e Rossetti (2010) caracterizaram a região com até oito meses de déficit hídrico (abril-novembro) e com quatro

meses de excedente hídrico (dezembro e de janeiro-março), destacando os meses de maior déficit hídrico (junho-setembro). Foram utilizados cinco anos (2011 a 2016) de dados diários da ETo provenientes da Estação Pupulina que faz a estimativa pelo modelo Penman-Monteith -  $ET_{(PMF-56)}$  (Allen et al., 1998) e esta será a referência para avaliação dos demais modelos, comparando-a com as estimadas pelas equações de Hargreaves e Samani -  $ET_{(H-S)}$  (1985) (1), Priestley e Taylor -  $ET_{(P-T)}$  (1972) (2), Makkink -  $ET_{(MK)}$  (1957) (3) e Turc -  $ET_{(T)}$  (1961) (4,5), representadas pelas seguintes equações, respectivamente:

$$ET(H - S) = 0,0023 * \frac{Ra}{\lambda} * (Tm + 17,8) * \sqrt{Tmáx - Tmín} \quad (1)$$

$$ET(P - T) = \frac{\alpha}{\lambda} * \frac{\Delta}{\Delta + Y} * (Rn - G) \quad (2)$$

$$ET(MK) = 0,61 * \frac{\Delta}{\Delta + Y} * \frac{Rs}{\lambda} - 0,12 \quad (3)$$

$$ET(T) = 0,013 * \frac{Tm}{Tm + 15} * \frac{23,8856 * Rs + 50}{\lambda} \quad \text{para } HR \geq 50 \quad (4)$$

$$ET(T) = 0,013 * \frac{Tm}{Tm + 15} * \frac{23,8856 * Rs + 50}{\lambda} * \left( 1 + \left( \frac{50 - HR}{70} \right) \right) \quad \text{para } HR < 50 \quad (5)$$

Em que, Ra é a radiação extraterrestre ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ );  $\lambda$  é o calor latente ( $2,45 MJ kg^{-1}$ ); Tm é a temperatura média ( $^{\circ}C$ ); Tmáxi é a temperatura máxima ( $^{\circ}C$ ); Tmín é a temperatura mínima ( $^{\circ}C$ );  $\alpha = 1,26$ ;  $\Delta$  é a curva de saturação de vapor ( $kPa ^{\circ}C^{-1}$ ); Y é constante psicométrica ( $kPa ^{\circ}C^{-1}$ ); Rn é o saldo de radiação ou radiação líquida ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ); Rs é radiação solar ( $MJ m^{-2} dia^{-1}$ ). A constante psicométrica (Y) foi estimada pela seguinte equação (6):

$$Y = \frac{Cp * P}{E * \lambda} \quad (6)$$

Em que: Cp é o calor específico ( $1,013 \times 10^{-3} MJ kg^{-1} ^{\circ}C^{-1}$ ); P é a pressão atmosférica (kPa); E é peso molecular de vapor de água (0,622);  $\lambda$  é o calor latente ( $2,45 MJ kg^{-1}$ ).

A pressão atmosférica foi calculada pela seguinte equação (7):

$$P = 101,3 \frac{293 - 0,0065 * Z}{293} \quad (7)$$

Em que: Z é a altitude do local (m).

Na avaliação do desempenho dos modelos foram utilizados MBE (Mean Bias Error) equação (8), e Relative Mean Bias Error (rMBE) equação (9), para certificar a precisão dos modelos desenvolvidos. Estes índices estatísticos permitem a detecção de subestimativa ou superestimativa. Além dos parâmetros estatísticos citados foi utilizado o índice de desempenho “c” adotado por Camargo e Sentelhas (1997) equação (10), que indica o desempenho dos métodos, utilizando os índices de precisão “r” equação (11), determinados pela regressão e o índice de exatidão “d” equação (12). Os índices estatísticos foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{N'} (P_i - O_i)}{N'} \quad (8)$$

$$rMBE (\%) = 100 \times \frac{\frac{\sum_{i=1}^{N'} (P_i - O_i)}{N'}}{\bar{X}} \quad (9)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N'} (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{N'} (|P'_i| - |O'_i|)^2} \quad (10)$$

$$r = \sqrt{R^2} \quad (11)$$

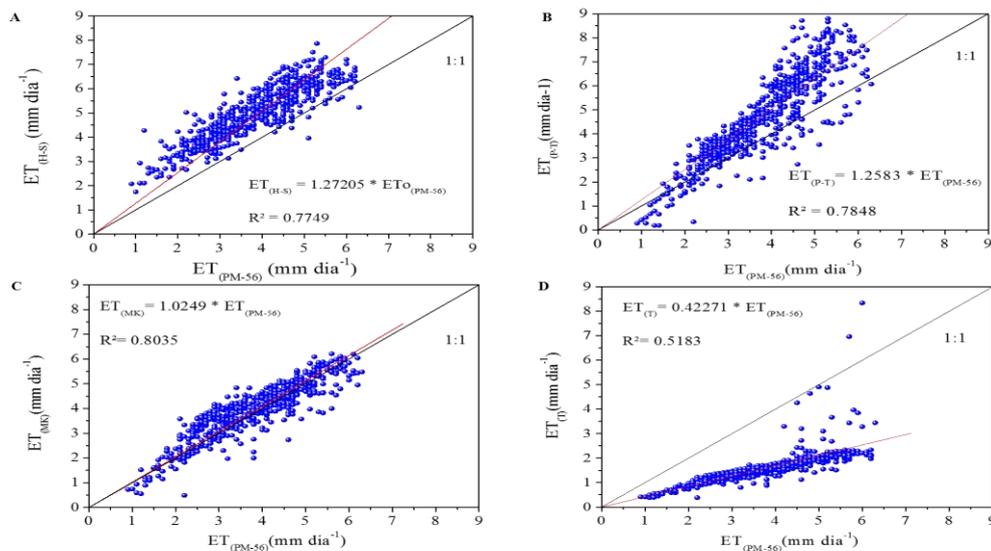
$$c = r * d \quad (12)$$

Em que,  $P_i$  representa os valores estimados de ETo pelos métodos,  $O_i$  os valores de ETo estimados pelo método padrão,  $|P'_i|$  o valor absoluto da diferença  $P_i - \bar{O}_i$ , em que  $\bar{O}_i$ , representa a média de  $O_i$ ,  $|O'_i|$  representa o valor absoluto da diferença  $O_i - \bar{O}_i$ .  $\bar{X}$  é o valor médio medido e  $N'$  o número de observações. Os valores de BEM são expressos nas mesmas unidades usadas nos dados originais e os valores de rMBE são expressos em porcentagem. O índice de ajustamento “d” varia de 0 a 1 e representa a total discordância ou a concordância perfeita, respectivamente, entre valores medidos e estimados (WILLMOTT, 1982). Camargo e Sentelhas

(1997) adota como critérios para interpretação do desempenho dos métodos utilizados o índice de “c” que varia entre: péssimo ( $\leq 0,40$ ); mau (0,50 a 0,60); sofrível (0,61 a 0,70); mediano (0,71 a 0,80); bom (0,81 a 0,90); muito bom (0,91 a 1,00) e ótimo ( $>1,00$ ). A avaliação dos coeficientes de correlação (r) encontrados na regressão linear entre o modelo padrão e os modelos testados foi realizada através da classificação proposta por Hopkins (2000) em que considera (r) muito baixo (0,0 - 0,1); baixo (0,1 - 0,3); moderado (0,3 - 0,5); alto (0,5 - 0,7); muito alto (0,7 - 0,9) e quase perfeito (0,9 - 1,0). Todos os cálculos estatísticos foram feitos no Microcal™ Origin 6.0®.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está apresentada a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo através dos modelos matemáticos clássicos bem como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) verificando-se que o método de estimativa de evapotranspiração que apresenta melhor correlação com o método de Penman-Monteith, é o método de Makkink, com um  $R^2$  de 0,8035, seguido do método de Priestley e Taylor, Hargreaves e Samani e Turc, com  $R^2$  de 0,7848; 0,7749 e 0,5183; respectivamente. Estes resultados expressam que, apenas, o modelo de Turc não apresentou um bom ajuste ao método padrão (PMF-56). Dentre os métodos avaliados, o que mais se aproximou aos resultados obtidos pelo método padrão foi o método de Makkink ( $ET_{MK}$ ), como se observa na Figura 1D, com o coeficiente angular (a) da equação de regressão linear bem próximo da unidade, aliado a um alto  $R^2$ , indicando que o método estudado é semelhante ao método padrão PMF-56, uma vez que a equação da reta de regressão aproxima-se da equação  $y = x$ , apresentando coeficientes angulares igual a 1 e coeficiente linear igual a zero.



**Figura 1.** Relações entre os valores diários da evapotranspiração de referência calculadas pela equação de PM-FAO 56 com dados retirados da Estação Meteorológica de Populina-SP e: A. Hargreaves e Samani; B. Priestley e Taylor; C. Makkink; D. Turc.

A Tabela 1 expressa que os métodos Hargreaves e Samani ( $ET_{H-S}$ ), Priestley e Taylor ( $ET_{P-T}$ ) e Makkink ( $ET_{MK}$ ) superestimaram os valores de  $ET_0$  em relação ao método de Penman-Monteith ( $ET_{PM-56}$ ) em: 30,67; 24,43 e 4,01%, respectivamente. Não obstante, o método de Turc ( $ET_T$ ) subestimou os valores de  $ET_0$  em comparação com o método de Penman-Monteith em 57,61%. Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Carvalho et al. (2015), que observaram que o método de Hargreaves e Samani superestimou a  $ET_0$ , na maioria das estações meteorológicas avaliadas na região sudeste do Brasil, sendo considerado um método não adequado para às condições da região estudada. Este resultado, provavelmente, deve-se ao fato que a região de Populina é uma região de clima úmido e o modelo foi desenvolvido em condições de clima árido. Apesar disso justifica o estudo deste modelo por ser modelos relativamente simples e, segundo Fernandes et al. (2012) ressaltam que melhores resultados podem ser encontrados com calibrações locais ou regionais. Fanaya Júnior et al. (2012) avaliando os métodos de Hargreaves e Samani e Priestley e Taylor para estimativa da  $ET_0$ , também constataram que estes métodos superestimaram a  $ET_0$  em uma localidade de clima Aw assim com a região estudada nesta pesquisa. Os resultados encontrados também corroboram com os mesmos autores quando foi observado que o método de Turc que subestimou os valores de  $ET_0$  ao compará-los com a evapotranspiração calculada pelo método padrão da FAO.

**Tabela 1.** Desempenho dos modelos para a estimativa de  $ET_0$  diária com diferentes indicadores estatísticos.

Teste	MBE	rMBE (%)	d	r	c
H-S	1,16994	30,67536	0,75247	0,8803	0,6644
P-T	0,9321	24,4392	0,80593	0,8964	0,7224
MK	0,15323	4,01759	0,94091	0,8859	0,8336
T	-2,19713	-57,60785	0,4973	0,7199	0,3580

De acordo com a classificação do índice de desempenho (“c”) o método de Hargreaves e Samani (H-S) é considerado bom, os de Priestley e Taylor (P-T) e Makkink (MK) muito bom. Camargo e Sentelhas (1997) afirmam que, com esta classificação, os métodos podem ser utilizados sem a correção dos dados. Por outro lado, o método de Turc (T) apresentou um desempenho péssimo, e com isso não é indicado para uso da estimativa de  $ET_0$  nesta localidade. Oliveira et al. (2015), avaliando a estimativa de evapotranspiração de referência, constataram que o método de Hargreaves e Samani foi classificado como bom, assim como o resultado encontrado nesta pesquisa, porém após correções dos dados. Estes resultados corroboram com os encontrados por Sypereck, Klosowski e Furlanetto (2008), que analisando também a comparação entre métodos de estimativa de  $ET_0$ , como padrão o método PMF-FAO, com dados climáticos de Palotina - PR, também observaram que o desempenho do método de Hargreaves e Samani foi classificado como sendo bom. Já Fanaya Júnior et al. (2012), avaliando métodos empíricos para estimativa da  $ET_0$  para Aquidauna - MS, que possui clima igual ao da localidade desta pesquisa (Aw), constataram que o método de Turc apresentou o índice de desempenho (C) considerado bom, o que difere desta pesquisa. Analisando os coeficientes de correlação na Tabela 3 constata-se que todos os métodos se encontram no intervalo de 0,7 a 0,9, sendo considerado por Hopkins (2000) um desempenho muito alto, porém é necessário a avaliação em conjunto dos parâmetros para se ter uma melhor interpretação dos dados. Pode-se inferir, de acordo com todos os resultados apresentados, que o método de Makkink foi o método que se apresentou mais ideal para a região em estudo, com um coeficiente de ajustamento próximo de 1 ( $d = 0,9409$ ) o que indica concordância perfeitas com os dados comparados e apresentando o maior índice de desempenho ( $c = 0,83$ ) classificando-o como muito bom. Além dos resultados encontrados a equação de Makkink necessita de uma pequena quantidade de informações, possibilitando o seu uso na falta de dados da estação meteorológica. Segundo Oliveira et al. (2010) os métodos de Hargreaves e Samani e Makkink são representantes precisos de métodos empíricos da estimativa  $ET_0$ , apresentando boa correlação com o método padrão.

## CONCLUSÕES

A estimativa da evapotranspiração de referência, obtida pelos métodos empíricos para a região de Populina - SP, obtiveram desempenho satisfatório pelo coeficiente de desempenho, exceto o método de Turc não se ajustando para a região. Os métodos de Hargreaves e Samani e Priestley e Taylor, apesar de apresentarem desempenho satisfatório pelo coeficiente de desempenho, apresentaram uma considerável superestimação e espalhamento dos dados estimados. Com isto pode ser que, ao realizar uma correção ou parametrização dos dados, estes métodos melhores se ajustem atendendo os critérios em conjunto dos índices avaliados, possibilitando assim uma melhor acurácia ao método padrão. O método de Makkink não necessitou de ajustes, aproximando-se do método padrão (PM-56), podendo ser utilizado para a estimativa da evapotranspiração para a Populina- SP.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Processo 2.009/52.467-4) e CNPq (Processo 404.229/2013-1) pelo suporte financeiro na implantação e manutenção da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotraspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 P.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; HOWELL, T.A.; JENSEN, M.E. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. **Agricultural water management**, v.98, p.899-920, 2011.

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

CARVALHO D. F.; ROCHA H. S.; BONOMO R.; SOUZA A. P. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.1, p.1-11, jan. 2015.

CARVALHO, L.G.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; CASTRO NETO, P.C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41(3): 456-465, 2011.

CARVALHO, L.G.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; CASTRO NETO, P.C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41(3): 456-465, 2011.

FEDDEMA, J.J. A revised thornthwaite-type global climate classification. **Physical Geography**, Abingdon, v.26, n.6, p.442-466, 2005.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.F.; AMORIM, A.O. Calibração regional e local da equação de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p. 246-255, 2012.

HARGREAVES, G.L.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of the Irrigation and Drainage Division-Asce**, New York, v.111, n.1, p.113-124, 1985.

HOPKINS, W.G. **Correlation coefficient**: a new view of statistics. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: mar. 2017.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the köppen-geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v.15, n.3, p.259-263, 2006.

MAKKINK, G. F. Ekzamento de la formulo de penman netherlands. **Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.5, p.290-305, 1957.

MOREIRA, L. C. J.; DURAND, B. J.; TEIXEIRA, A. S.; ANDRADE, E. M. Variabilidade local e regional da evapotranspiração estimada pelo algoritmo Sebal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p.1148-1159, nov./dez. 2010.

OLIVEIRA V. M. R.; DANTAS G. F.; PALARETTI L. F.; DALRI A. B.; SANTOS M. G.; FISCHER FILHO J. A. Estimativa de evapotranspiração de referência na região de Rio Paranaíba-MG. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 790-798, outubro - dezembro, 2015.

PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Análise da sensibilidade dos componentes da equação de hargreaves-samani para a região de Bebedouro-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.29(2): 299-306, 2014.

PRIESTLEY, C.H.B., TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux on evaporation using large scale parameters. **Monthly Weather Review**, Washington, v.100, p. 81-92, 1972.

ROLIM, G. D. E. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de köppen e de thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, M. G.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 603-609, 2008.

TURC, L. Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date, **Journal of Ann. Agron.** v. 12, p. 13-14, 1961.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, Washington, v.30, n.11, p.1309-1310, 1982.