

Evapotranspiração de referência por diferentes métodos para o município de Chapadina-MA

Mádilo Lages Vieira Passos¹

Anselmo Baganha Raposo²

Telmo José Mendes³

Resumo

Estimar o consumo hídrico de uma cultura agrícola possibilita o planejamento do suprimento artificial de água de maneira mais precisa e racional. Objetivou-se com o estudo, avaliar o desempenho dos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise e Priestley-Taylor, na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) diária tendo como referência o método FAO Penman-Monteith, para o município de Chapadina-MA. Os valores de ET_o, foram comparados por meio da análise de correlação e regressão linear. Para a avaliação do desempenho estatístico dos modelos, foram empregados os indicadores de raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R²), índice de concordância (d) e o índice de confiança ou desempenho (c). Os métodos de Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, apresentaram tendência de superestimar os valores de ET_o em relação aos obtidos pelo método padrão. Em contrapartida, observou-se no método de Camargo tendência em fornecer estimativas de ET_o inferiores àquelas obtidas pelo método padrão. Recomenda-se para o município de Chapadina-MA, o uso do método de Priestley-Taylor, mesmo apresentando tendência em superestimar os valores de ET_o, foi o que melhor se ajustou em relação aos demais, sendo uma alternativa ao método padrão FAO Penman-Monteith.

Palavras-chave: Agrometeorologia, manejo de água, Penman-Monteith.

Abstract

Evapotranspiration of reference for different methods for the municipality of Chapadina-MA

Estimating water consumption of agricultural crop enables the artificial water supply planning in a more precise and rational. The objective of the study, evaluate the performance of the methods of Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise and Priestley-Taylor, in the estimation of reference evapotranspiration (ET_o) daily with reference to the FAO Penman-Monteith method, to the municipality of Chapadina-MA. ET_o values were compared by analysis of correlation and linear regression. For the performance evaluation of statistical models, were used the square root of the mean square error (REQM), correlation coefficient (r), coefficient of determination (R²), agreement (d) index and the index of confidence or performance (c). The methods of Jensen-Haise, Priestley-Taylor and Hargreaves-Samani, showed tendency to overestimate the ET_o values compared to those obtained by the standard method. On the other hand, it was observed in the Camargo trend in providing estimates of inferior to those obtained by the ET_o standard method. It is recommended for the municipality of Chapadina-MA, using the method of Priestley-Taylor, even showing a tendency to overestimate the ET_o values, was the best set in relation to the other, being an alternative to the standard method FAO Penman-Monteith.

Keywords: Agrometeorology, water management, Penman-Monteith.

Received at: 26/11/2016

Accepted for publication at: 02/03/2017

¹ Acadêmico de Agronomia. Universidade Federal do Maranhão - UFMA - Avenida dos Portugueses - 1966 - Vila Bacanga - São Luís-MA - 65065-545. Email: madilolages@hotmail.com

² MSc. Prof. Universidade Estadual Do Maranhão - UEMA - Cidade Universitária Paulo VI - Balsas - São Luís-MA - 65055-310. Email: anselmoraposo@gmail.com

³ Dr. Professor Adjunto. Universidade Federal do Maranhão - UFMA - Avenida dos Portugueses - 1966 - Vila Bacanga - São Luís-MA - 65065-545. Email: engtelmo@yahoo.com.br

Resumen

Evapotranspiración de referencia por diferentes métodos para el municipio de Chapadinha-MA

Estimar el consumo hídrico de un cultivo agrícola posibilita la planificación del suministro artificial de agua de manera más precisa y racional. Se ha basado en el estudio, evaluar el desempeño de los métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise y Priestley-Taylor, En la estimación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) diaria teniendo como referencia el método FAO Penman-Monteith, para el municipio de Chapadinha-MA. Los valores de ET_o, fueron comparados por medio del análisis de correlación y regresión lineal. Para la evaluación del desempeño estadístico de los modelos, se utilizaron los indicadores de raíz cuadrada del error cuadrático medio (REQM), coeficiente de correlación (r), coeficiente de determinación (R²), índice de concordancia (d) y el índice de confianza (d) (C). Los criterios de Jensen-Haise, Priestley-Taylor y Hargreaves-Samani, presentaron tendencia a sobreestimar los valores de ET_o en relación a los obtenidos por el método estándar. En cambio, se observó en el método de Camargo tendencia a suministrar estimaciones de ET_o inferiores a las obtenidas por el método estándar. Se recomienda para el municipio de Chapadinha-MA, el uso del método de Priestley-Taylor, mismo que presentando tendencia a sobreestimar los valores de ET_o, fue el que mejor se ajustó en relación a los demás, siendo una alternativa al método estándar FAO Penman-Monteith.

Palabras clave: Agrometeorología, manejo de agua, Penman-Monteith.

Introdução

A evapotranspiração pode ser definida como um processo simultâneo e dinâmico de mudança do estado físico da água pela evaporação no solo e pela transpiração das plantas (ALENCAR et al., 2011). A evapotranspiração de referência (ET_o) indica a perda de água de uma superfície vegetada, em crescimento ativo e sem restrição hídrica, que cobre totalmente o solo (PEREIRA et al., 1997).

A utilização dos recursos hídricos no âmbito agrícola que demanda um volume mais expressivo do que nas atividades urbanas, exige que o planejamento e a gestão da sua utilização ocorram em termos racionais e otimizados (SILVA, 2016). Determinar a demanda hídrica nos diferentes estádios de desenvolvimento de uma cultura é fundamental para o dimensionamento de sistemas de irrigação e importante para sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (CHAGAS et al., 2013). Uma das formas de estimar o consumo de água por uma cultura é através do cálculo da ET_o e desta forma pode-se planejar o fornecimento artificial de água de maneira mais precisa e racional.

Existem diversos métodos para a determinação da evapotranspiração de referência, cada um com suas limitações, sendo que os modelos mais simplificados para se estimar a ET_o apresentam limitações quanto à precisão dos resultados obtidos e os mais complexos apontam a dificuldade de se dispor de todas as variáveis requeridas pelo modelo (SILVA et al., 2005).

Dentre as metodologias de obtenção da ET_o, o método de Penman-Monteith padronizado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) é o padrão (ALLEN et al., 1998).

Antes da utilização de um método de estimativa de ET_o para determinado local, é necessário verificar o desempenho deste. Uma forma de verificar a adequação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) é a comparação com o método FAO Penman-Monteith (LACERDA; TURCO, 2015).

Diversos estudos vem sendo realizados com o objetivo de avaliar o desempenho dos diferentes métodos de estimativa da ET_o em inúmeras localidades. MENDOZA et al. (2016) avaliaram o desempenho dos métodos Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, de estimativa da evapotranspiração de referência em base diária, para a região de São Luis, MA, com base em comparações com o método padrão Penman-Monteith. LUCENA et al. (2016) utilizaram os métodos de Hargreaves-Samani, Ivanov, Camargo, Priestley-Taylor e Jensen-Haise e os compararam com o método FAO Penman-Monteith, para o município de Bom Jesus, PI.

Objetivou-se com o estudo, avaliar o desempenho dos métodos de Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise e Priestley-Taylor, na estimativa da ET_o diária tendo como referência o método FAO Penman-Monteith, para o município de Chapadinha-MA.

Material e métodos

A avaliação dos métodos de estimativa da ETo, foi realizada para o município de Chapadinha-MA (Figura 1).

A localidade de estudo situa-se na Mesorregião do Leste Maranhense. As coordenadas geográficas do município são 3°44'S de latitude, 43°21'O de longitude e altitude média de 105 metros.

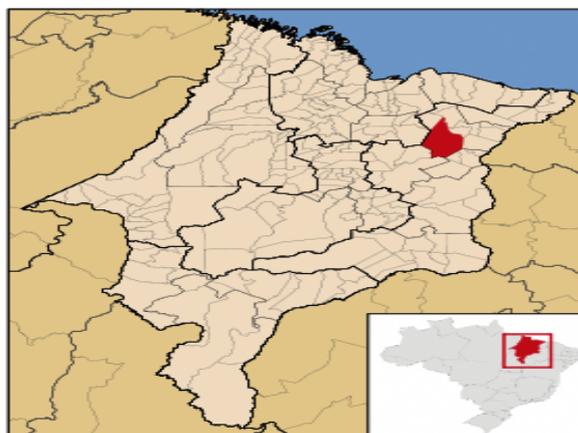


Figura 1. Localização da área de estudo, município de Chapadinha-MA.

O município possui uma área de 3247 km², uma população de aproximadamente 78348 habitantes e uma densidade demográfica de 22.59 habitantes km⁻² segundo dados do IBGE (2016).

O clima, segundo Thornthwaite, é do tipo C2s2A'a', ou seja, subúmido, megatérmico com grande deficiência hídrica no verão, com temperatura média anual de 27.9 °C sendo mais elevada nos meses de outubro e novembro, ambos com 29.3 °C e mais baixa em junho com média térmica de 26.9 °C, a precipitação pluviométrica atinge valores médios anuais de 1613 mm (PASSOS et al., 2016).

Foram utilizados, no estudo, os elementos meteorológicos: temperaturas máxima (Tmax; °C), média (Tmed; °C) e mínima (Tmin; °C), insolação (h), velocidade do vento média diária (U2; m s⁻¹) e umidade relativa do ar média diária (URmed; %). Os dados foram obtidos a partir da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) cujo código da Organização Mundial de Meteorologia (OMM) é 82382. Foi selecionado ano de 2015 para a comparação dos modelos, por não conter dados omitidos.

A evapotranspiração de referência foi estimada por meio dos métodos de FAO Penman-Monteith, que é o padrão, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise e Priestley-Taylor.

O método FAO Penman-Monteith foi utilizado para avaliar estimativa de ETo obtida pelos outros métodos assim realizar a comparação dos modelos.

Segundo ALLEN et al. (1998) o método FAO Penman-Monteith é dado pela equação 1.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Onde:

ETo- evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

Rn - saldo de radiação na superfície (MJ m² dia⁻¹);

G -densidade de fluxo de calor no solo (MJ m² dia⁻¹);

T - temperatura do ar (°C);

U2 - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻¹);

es - pressão de saturação de vapor (kPa);

ea - pressão atual de vapor (kPa);

es - ea - déficit de pressão de saturação de vapor (kPa);

Δ - inclinação da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹);

γ - constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

O método de Camargo é um método empírico, baseado no método de Thornthwaite. Sendo assim, apresenta as mesmas vantagens e restrições desse método (MENDOZA et al., 2016). O método de Camargo é descrito pela equação 2.

$$ET_o = 0.01 \cdot Q_o \cdot T_{med}$$

Onde:

Q_0 - irradiância solar extraterrestre convertida em unidades de água evaporada ($mm\ dia^{-1}$);

T_{med} - temperatura média do ar ($^{\circ}C$).

O método proposto por HARGREAVES e SAMANI (1985) para a estimativa da evapotranspiração de referência, foi utilizado conforme equação 3.

$$ET_o = 0.0023 Q_0 (T_{max} - T_{min})^{0.5} (T_{med} + 17.8)$$

Onde:

T_{max} - temperatura máxima do ar ($^{\circ}C$);

T_{min} - temperatura mínima do ar ($^{\circ}C$).

A ET_o pelo método de JENSEN e HAISE (1963) foi obtida através equação 4.

$$ET_o = R_s(0.025T_{med} + 0.008)$$

Onde:

R_s - radiação solar global convertida em unidades de água evaporada ($mm\ dia^{-1}$).

A radiação solar global (R_s), foi estimada a partir dos dados de insolação, por meio da equação de Angström-PreScott (ALLEN et al., 1998), dada pela equação 5.

$$R_s = Q_0(a + b \frac{n}{N})$$

Onde:

a e b - são constantes;

n - insolação (horas);

N - fotoperíodo (horas);

Q_0 - irradiância solar extraterrestre ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$).

O método PRIESTLEY e TAYLOR (1972) foi utilizado de acordo com a equação 6.

$$ET_o = 1.26 W (R_n - G)$$

Onde:

W - fator de ponderação dependente da temperatura do ar;

R_n - radiação líquida total diária convertida em unidades de água evaporada ($mm\ dia^{-1}$);

G - fluxo total diário de calor no solo.

O fator de ponderação foi calculado pelas equações 7 e 8 (PEREIRA et al., 1997).

$$W = 0.407 + 0.0145 T_{med}$$

Para $0^{\circ} C < T_{med} < 16^{\circ} C$

$$W = 0.483 + 0.01 T_{med}$$

Para $16.1^{\circ} C < T_{med} < 32^{\circ} C$

Os valores de ET_o determinados pelo modelo FAO Penman-Monteith foram comparados com os obtidos, pelos demais modelos, por meio da análise de correlação e regressão linear para obtenção dos coeficientes da equação ($Y = a + bx$). Para a avaliação do desempenho estatístico dos modelos, foram empregados os indicadores de raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d) de WILLMOTT et al. (1985) e o índice de confiança ou desempenho (c). Os indicadores foram calculados de acordo com as equações 9, 10, 11 e 12.

$$REQM = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right]^{0.5}$$

$$r = \frac{[\sum_{i=1}^n P_i(O_i - \bar{O})]}{[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2]^{\frac{1}{2}}}$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

Onde:

P_i - valores estimados pelos modelos;

O_i - valores estimados pelo método FAO Penman-Monteith;

\bar{O} - média dos valores obtidos pelo método FAO Penman-Monteith;

\bar{P} - média dos valores observados estimados pelos modelos;

n - número de observações.

O índice de confiança (c), foi classificado de acordo com CAMARGO e SENTELHAS (1997), os valores desse índice variam de 0.0 para nenhuma concordância a 1.0 para concordância perfeita entre os dados. A Tabela 1 apresenta os critérios para a classificação.

Tabela 1. Classificação do desempenho segundo o índice de confiança “c”.

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Ruim
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: CAMARGO e SENTELHAS (1997).

Resultados e discussão

Os resultados das comparações são mostrados na Tabela 2 e na Figura 2 (A, B, C e D). Os métodos com os menores valores da raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), foram os de Camargo e Hargreaves-Samani, com 0.7250 e 0.9163 mm, respectivamente. No entanto, proporcionaram os

menores coeficientes de correlação (r), com 0.5568 e 0.6566, respectivamente.

Os métodos de Priestley-Taylor e Jensen-Haise, apresentaram os maiores valores da REQM, com 1.2102 e 2.5117 mm, respectivamente. Já no parâmetro coeficiente de correlação, o método de Priestley-Taylor proporcionou o maior (0.9998), seguido de Jensen-Haise (0.9774).

Métodos	REQM(mm)	R ²	r	d	c	Desempenho
Camargo	0,7250	0,3100	0,5568	0,5763	0,32	Péssimo
Hargreaves-Samani	0,9163	0,4311	0,6566	0,6778	0,45	Ruim
Jensen-Haise	2,5117	0,9554	0,9774	0,4167	0,41	Ruim
Priestley-Taylor	1,2102	0,9996	0,9998	0,6617	0,66	Bom

Na Figura 1, estão os modelos resultantes da regressão linear considerando os métodos de estimativa utilizados na análise tendo o método FAO Penman-Monteith como padrão. Nota-se, nos métodos de Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani, que os dados estimados, em relação ao método padrão, estão situados mais abaixo da linha da regressão linear mostrando que estes modelos apresentam tendência de superestimar os valores de ETo, justificando os valores elevados da REQM.

O método de Priestley-Taylor, superestima os valores por ter sido desenvolvido para clima úmido. O método de Jensen-Haise é indicado para regiões áridas e semiáridas. O modelo de Hargreaves-Samani foi desenvolvido para clima semiárido, e como se baseia apenas em dados de temperatura, já era esperada a superestimativa da ETo (SENTELHAS et

al., 2010; SUBBURAYAN et al., 2011).

Em contrapartida, observou-se no método de Camargo tendência em fornecer estimativas de ETo inferiores àquelas obtidas pelo método padrão, sendo este o motivo do baixo valor da REQM. SILVA et al. (2005) analisando os métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem, também verificaram tendência do método de Camargo fornecer estimativas de evapotranspiração inferiores àquelas obtidas pelo método de FAO Penman-Monteith.

O desempenho da estimativa da ETo para um mesmo modelo varia entre regiões úmidas, semiúmidas ou áridas, pois a ETo é influenciada pela quantidade de vapor d’água na atmosfera local, que está relacionada à nebulosidade e sofre influência direta do balanço de radiação entre ondas curtas e longas (CARVALHO et al., 2015).

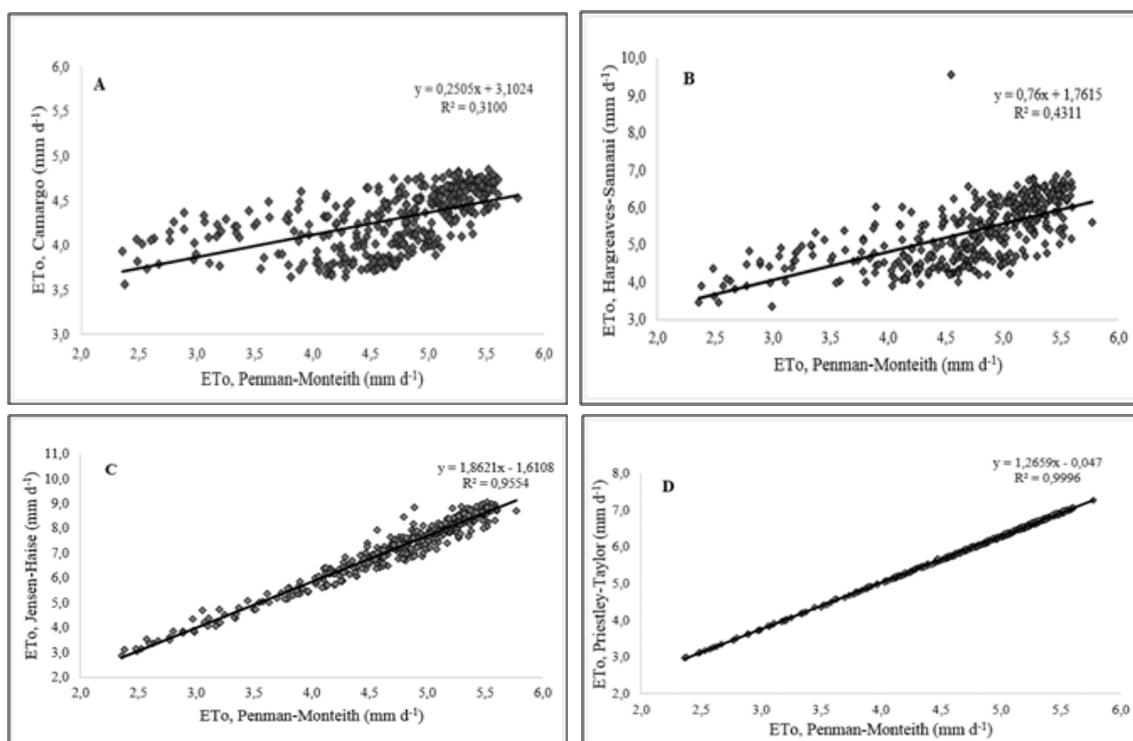


Figura 2. Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pela comparação dos métodos de Camargo (A), Hargreaves-Samani (B), Jensen-Haise (C) e Priestley-Taylor (D) com o método padrão FAO Penman-Monteith, para o município de Chapadinha-MA.

SILVA et al. (2011) avaliaram o desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG e verificaram que os métodos de Priestley-Taylor e Hargreaves-Samani também apresentaram tendência de superestimar os valores de ETo. Mesmo comportamento foi observado pelos autores MENDOZA et al. (2016) para o município de São Luís, os autores constaram que o método de Priestley-Taylor também tende a fornecer superestimativas de ETo. LUCENA et al. (2016), para o município de Bom Jesus-PI, também constataram superestimativa de ETo no método de Priestley-Taylor.

Com base no índice de confiança “c”, o melhor desempenho foi verificado no método de Priestley-Taylor, com $c = 0,66$, sendo classificado como “Bom”. Para as equações de Hargreaves-Samani e Jensen-Haise, foi obtido desempenho “Ruim”. Para o modelo de estimativa de Camargo, foi obtido o pior desempenho entre os métodos avaliados, sendo classificado como “Péssimo”.

O método de Priestley-Taylor, apesar da tendência em superestimar os valores de ETo, foi o que apresentou o melhor desempenho em relação aos demais, sendo seu uso indicado como alternativa ao método FAO Penman-Monteith. CARVALHO et al. (2011) ressaltam que quando há ausência de informações climáticas ocasionando a impossibilidade da utilização do método FAO Penman-Monteith, pode ser usado o método que melhor se ajuste as condições climáticas da região.

SILVA et al. (2011), para Uberlândia-MG, também observaram que o método de Priestley-Taylor mostrou-se mais exato e confiável em relação aos demais métodos avaliados, sendo seu desempenho classificado como “Ótimo”, seguido de “Bom” para Hargreaves-Samani e “Mediano” para o de Camargo. MENDOZA et al. (2016) para o município de São Luís-MA, verificaram o melhor desempenho no modelo de estimativa de Priestley-Taylor, com desempenho “Ótimo”, Hargreaves-Samani “Mediano” e Camargo mostrou o pior desempenho “Péssimo”.

LUCENA et al. (2016), para Bom Jesus-PI, obtiveram classificação "Ótimo", para os métodos de Priestley-Taylor e Jensen-Haise e "Sofrível" para os modelos de Hargreaves-Samani e Camargo. FANAYA JÚNIOR et al. (2012) avaliaram o desempenho de diferentes métodos nas escalas diária, quinzenal e mensal, na região de Aquidauana-MS, e observaram que o método de Priestley-Taylor obteve o melhor desempenho, sendo classificado com "Ótimo", Hargreaves-Samani "Muito Bom" e Jensen-Haise "Bom".

Conclusão

Os resultados obtidos indicam que para as condições climáticas do município de Chapadinha-MA, o método de Priestley-Taylor, que embora apresente tendência em superestimar os valores de ETo, foi o que melhor se ajustou em relação aos demais, sendo seu uso recomendado como alternativa ao método padrão FAO Penman-Monteith.

Referências

- ALENCAR, L.P.; SEDIYAMA, G.C.; WANDERLEY, H.S.; ALMEIDA, T.S.; DELGADO, R.C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Norte de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.19, p.437-449, 2011.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Cropevapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p. (FAO Irrigation and Drainage, Paper 56).
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.
- CARVALHO, D.F. de; ROCHA, H.S. da; BONOMO, R.; SOUZA, A.P. de. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.11, 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**, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.
- CHAGAS, R.M.; FACCIOLI, G.G.; AGUIAR NETTO, A.O.; SOUSA, I.F.; VASCO, A.N.; SILVA, M.G. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) no município de Rio Real-BA. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p.351-363, 2013.
- FANAYA JÚNIOR, E.D.; LOPES, A.S.; OLIVEIRA, G.Q.; JUNG, L.H. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência para Aquidauana, MS. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 418-434, 2012.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Chicago, **Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting** (Paper 85-2517), 1985.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210320&search=maranhao|chapadinha>>. Acesso em: 24/10/2016.
- JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **J. Irrigation and Drainage. American Society Civil Engineers**, New York, v.4, p.15-41, 1963.
- LACERDA, Z.C.; TURCO, J.E.P. ESTIMATION METHODS OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ETo) FOR UBERLÂNDIA - MG. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.27-38, 2015.
- LUCENA, F.A.P.; SIVA, E.M.; RIBEIRO, A.A.; SIMEÃO, M.; LUCENA, J.P.P. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.3, p. 663-675, 2016.
- MENDOZA, C.J.; MENEZES, R.H.; DIAS, A.S. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES MÉTODOS PARA O MUNICÍPIO DE SÃO LUIS - MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.3, p. 621 - 630, 2016.

PASSOS, M.L.V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R.S. BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p.758-766, 2016.

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, v.100, n.2, p.81-92, 1972.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. FEALQ. 1997. 183p.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; SANTOS, E.A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.

SILVA, K.O. da; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; FOLEGATTI, M.V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.161-165, 2005.

SILVA, V.J.; CARVALHO, H.P.; SILVA, C.R. da; CAMARGO, R.; TEODORO, R.E.F. DESEMPENHO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA EM UBERLÂNDIA, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

SILVA, E.B. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POR DIFERENTES MÉTODOS PARA A CIDADE DE QUIXERAMOBIM, CEARÁ. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.5, p. 935 - 942, 2016.

SUBBURAYAN, S.; MURUGAPPAN, A., MOHAN, S. Modified Hargreaves Equation for Estimation of ETo in a Hot and Humid Location in Tamilnadu State, India. **International Journal of Engineering Science and Technology**, Tehran, v. 3, n. 1, 2011.

WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J. J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.