

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE BOM JESUS-PI

Luan Kennedy Silva dos Santos¹, Laércio da Silva Pereira², Everaldo Moreira da Silva³,
Carlos José Gonçalves de Souza Lima⁴, Theuldes Oldenrique da Silva Santos⁵,
Bruno Ricardo Silva Costa⁶

RESUMO: A evapotranspiração é um parâmetro importante para a realização do manejo climático da irrigação, bem como para o correto dimensionamento de sistemas de irrigação. Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho de quatro métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em relação ao de Penman-Monteith, no período mais quente do ano para o Município de Bom Jesus- PI. Foram utilizados os métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência de Camargo (CM), Priestley-Taylor (PT), Makking (MK) e Jensen-Haise (JH) em comparação ao método padrão de Penman-Monteith (PM). Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e o método padrão de PM-FAO 56, foram utilizados os cálculos dos coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r), o índice d e o índice de confiança c de desempenho. Os cálculos foram realizados com o uso do software Microsoft Office Excel. Os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência de CM, PT, MK e JH não apresentaram desempenho satisfatório quando comparados ao método de Penman-Monteith no período avaliado nas condições atmosférica quente e seca de Bom Jesus-PI.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de irrigação, Penman-Monteith (FAO-56), monitoramento climático

COMPARISON OF METHODS OF ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR THE BOM JESUS-PI REGION

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica, UFPI-CPCE, CEP 64900-000, Bom Jesus, PI. E-mail: luankennedy10@hotmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Doutorando em agronomia: irrigação e drenagem, UNESP, Botucatu, SP.

³ Prof. Doutor Depto de Engenharia, UFPI-CPCE, Bom Jesus, PI.

⁴ Prof. Doutor, Depto Engenharia de água e solos, UFPI-CAA, Teresina, PI.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Mestre em agronomia, UFPI-CTT, Teresina, PI.

⁶ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em agronomia: irrigação e drenagem, UNESP, Botucatu, SP.

ABSTRACT: The evapotranspiration is an important parameter for the accomplishment of the climatic management of irrigation, as well as for the correct sizing of irrigation systems. The objective of this study was to evaluate the performance of four methods of estimation of reference evapotranspiration in relation to that of Penman-Monteith, in the hottest period of the year for the Municipality of Bom Jesus-PI. Empirical methods of estimating the reference evapotranspiration of Camargo (CM), Priestley-Taylor (PT), Makking (MK) and Jensen-Haise (JH) were used in comparison to the standard Penman-Monteith (PM) method. For the comparative analysis between the evaluated methods and the standard method of PM-FAO 56, the calculations of the coefficients of determination (R^2) and correlation (r), the index d and the confidence index c of performance were used. Calculations were performed using Microsoft Office Excel software. The methods of estimation of reference evapotranspiration of CM, PT, MK and JH did not present satisfactory performance when compared to the Penman-Monteith method in the period evaluated in the hot and dry atmospheric conditions of Bom Jesus-PI.

KEYWORDS: irrigation management, Penman-Monteith (FAO-56), climate monitoring

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um processo simultâneo decorrente da evaporação da água do solo e da perda de água pelas plantas por meio da transpiração. Por sua vez, a evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser definida como as perdas hídricas ocorridas em uma superfície vegetada com crescimento ativo, em condições ideais de suprimento de água no solo (Allen et al., 1998).

A ET_o é geralmente expressa como a quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, mais comumente apresentada como lâmina de água por dia (mm dia⁻¹). Uma vez que essa medida é utilizada para estimativa da evapotranspiração das culturas (ET_c), ou seja, o requerimento de água pelos cultivos ao longo do seu ciclo produtivo, a ET_o se apresenta como um parâmetro importante para o correto dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação.

Para se determinar a transferência de água para a atmosfera por meio do processo evapotranspiratório, faz-se necessário o uso de metodologias que permitam quantificar a

demanda hídrica em função das condições climáticas específicas de cada região. Contudo, métodos para a quantificação direta da ETo apresentam algumas dificuldades que impedem a sua aplicação prática. Neste sentido, métodos indiretos baseados em parâmetros meteorológicos locais são uma alternativa para a estimativa da ETo. Dentre esses, o método de Penman-Monteith FAO é considerado o padrão para essa finalidade, uma vez que proporciona estimativas consistentes para todas as regiões e climas. Apesar da existência de diferentes métodos de estimativa da ETo, alguns critérios podem restringir a adoção desses, a exemplo da disponibilidade de dados locais referentes às variáveis meteorológicas requeridas, além da escala de tempo considerada e das condições climáticas reinantes (Allen et al., 1998).

A incoerência na escolha dos métodos de estimativa da ETo pode resultar em um manejo inadequado da irrigação. A observação desse aspecto é especialmente importante em localidades do Nordeste brasileiro, a exemplo da região do município de Bom Jesus, PI. Esta destaca-se por apresentar clima quente e seco, além de baixa precipitação pluviométrica, o que implica no uso eficiente da irrigação para suprir as demandas dos cultivos de frutas e hortaliças durante todo o ano. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho de quatro métodos de estimativa da ETo em relação ao método padrão de Penman-Monteith FAO a partir da comparação entre as medidas obtidas ao longo do ciclo de produção da cultura da melancia (*Citrullus lanatus*), cultivada no município de Bom Jesus, PI, no segundo semestre do ano.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos métodos de estimativa da evapotranspiração referência foi realizado durante um único ciclo de cultivo da melancia (73 dias) no período de agosto a outubro de 2015. Os dados climáticos diários foram obtidos por uma estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada na Universidade Federal do Piauí (UFPI) na cidade de Bom Jesus, no *Campus* Prof^a. Cinobelina Elvas – CPCE, constituída por sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento com os quais calculou-se a evapotranspiração de referência (ETo) diariamente.

O clima da região segundo Thornthwaite & Mather (1955) é definido como sub-úmido seco e apresenta precipitação pluviométrica média de 900 a 1200 mm/ano com temperatura média de 26,5°C, embora durante o ano seja comum temperaturas de 40°C (VIANA et al.,

2002). O período chuvoso estende-se de novembro à maio, e os meses de janeiro, fevereiro e março formam o trimestre mais úmido (ANDRADE JÚNIOR et al. 2004).

Para a estimativa da ETo, foram considerados os métodos empíricos de Camargo (CM), Priestley-Taylor (PT), Makking (MK) e Jensen-Haise (JH), os quais foram comparados ao método padrão de Penman-Monteith FAO (PM-FAO) (ALLEN et al., 1998). A avaliação comparativa entre os métodos avaliados foi realizada conforme análise de regressão linear, que permitiu o cálculo da medida de associação entre as estimativas de ETo obtidas por cada metodologia, de acordo com o coeficiente de correlação linear de Pearson (r).

A magnitude da equivalência entre os métodos foi definida segundo a classificação do coeficiente de correlação, conforme Cohen (1988), o qual foi categorizado da seguinte maneira: muito baixo ($r < 0,1$); baixo ($0,1 < r < 0,3$); moderado ($0,3 < r < 0,5$); alto ($0,5 < r < 0,7$); muito alto ($0,7 < r < 0,9$) e quase perfeito ($r > 0,9$).

A proporção da variação das estimativas da ETo feitas pelo método padrão PM-FAO em comparação aos demais métodos a qual é explicada pelos modelos de regressão ajustados foi avaliada segundo o coeficiente de determinação (R^2). A validação das funções de regressão que caracterizaram a relação entre as estimativas de ETo obtidas pelos diferentes métodos foi determinada de acordo o índice de concordância d , proposto por Willmott et al. (1985) e pelo o índice de desempenho c , conforme Camargo e Sentelhas (1997).

O desempenho das relações lineares entre os métodos foi definido conforme a classificação do coeficiente c , interpretados conforme Camargo e Sentelhas (1997), como se segue: ótimo ($c > 0,85$); muito bom ($0,76 < c < 0,85$); bom ($0,66 < c < 0,75$); mediano ($0,61 < c < 0,65$); sofrível ($0,51 < c < 0,60$); mau ($0,41 < c < 0,50$) e péssimo ($c < 0,40$). A análise de regressão linear bem como o cálculo das medidas de associação e validação dos modelos foi realizada utilizando-se o software *Microsoft Office Excel*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de r e r^2 além dos índices d e c , resultantes da análise de regressão linear e da validação dos modelos representativos da relação entre as estimativas de ETo obtidas pelos métodos empíricos em comparação àquelas obtidas pelo método padrão PM-FAO durante o período avaliado.

Tabela 1. Indicadores estatísticos da comparação entre os métodos em função do método PM-FAO 56. Bom Jesus- PI, 2015.

Métodos	r	R²	d	c	Desempenho
CM	0,579	0,335	0,696	0,403	Mau
PT	0,689	0,475	0,794	0,547	Sofrível
MK	0,732	0,536	0,829	0,607	Sofrível
JH	0,742	0,551	0,838	0,622	Mediano

Coefficientes de correlação (r); coeficiente de determinação (R²); Índice de concordância (d) e índice de desempenho (c).

A correlação entre as estimativas de ETo obtidas pelos métodos MK e JH em relação ao PM-FAO apresentaram-se maiores que 0,70 ou 70%, indicando que os métodos acima apresentam boa correlação com o método padrão. Contudo, a correlação entre todos os métodos em relação ao padrão apresentou r classificado como “alto” alto ($0,5 < r < 0,7$). Por sua vez, os valores reduzidos do R² demonstraram que, segundo os modelos ajustados, apenas uma pequena proporção da variação das estimativas de ETo calculadas segundo o método PM-FAO pode ser explicada pela variação das estimativas de ETo obtidas pelos demais métodos.

O índice d revelou uma concordância moderada entre valores observados e estimados pelos modelos de regressão ajustados. Apesar de ser classificado como “mediano”, o método JH apresentou o melhor desempenho dentre os demais, conforme o índice c. Ressalta-se que, para a obtenção da ETo pelo método de JH, utiliza-se dados de temperatura média diária e da radiação solar. No entanto, esse modelo foi proposto para as condições áridas e semiáridas dos Estados Unidos, fato que pode justificar o baixo desempenho nas condições de Bom Jesus-PI.

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos de dispersão e a linha ajustada representando os modelos resultantes da regressão linear, considerando a relação entre os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) em comparação ao padrão. A análise de regressão revelou que todos os métodos avaliados superestimaram a evapotranspiração de referência em relação ao método padrão de PM-FAO. Nota-se que o método MK (Figura 1C) destacou-se como sendo o de maior superestimativa. Destaca-se que para o método estudado ser semelhante ao método de Penman-Monteith, a linha de regressão deveria sobrepor-se à reta $y = x$ (1:1) e apresentaria uma função linear com inclinação próxima de 1 e intercepto próximo de 0.

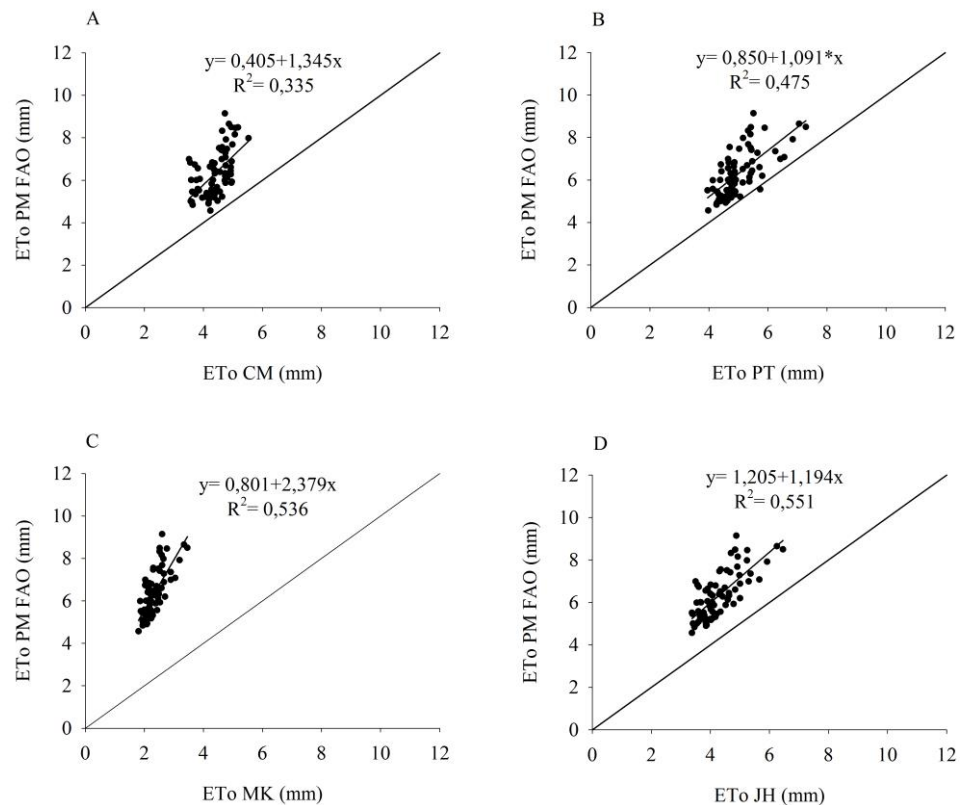


Figura 1. Relação entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) estimados segundo o método de Penman-Monteith FAO (PM-FAO) e àqueles estimados pelos métodos de Camargo (CM) (A), Priestley-Taylor (PT) (B), Makking (MK) (C) e Jensen-Haise (JH) (D).

CONCLUSÃO

Os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência de CM, PT, MK e JH não apresentaram desempenho satisfatório quando comparados ao método de Penman-Monteith FAO no período avaliado nas condições atmosférica quente e seca de Bom Jesus-PI.

REFERÊNCIAS

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

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. **Classificação climática do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004 (Documentos, 86).

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988. 569p.

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**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (**Publications in Climatology**, vol. VIII, n.1).

VIANA, T.V.A.; VASCONCELOS, D.V.; AZEVEDO, B.M.; SOUZA, B.F. Estudo da aptidão agroclimática do Estado do Piauí para o cultivo da aceroleira. **Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v.33, n.2, p.5-12, 2002.

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.