



COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA ÉPOCA SECA EM PLANALTINA-DF

ALEXSANDRA D. DE OLIVEIRA¹, CAIO T. MOURA², JUACI V. MALAQUIAS³, ARTUR G. MULLER¹,
VAGNA DA C. PEREIRA⁴, JOÃO P. G. SOARES¹, JOÃO G. R. CEOLIN⁵

¹ Pesquisador A, Embrapa Cerrados, CPAC, Planaltina - DF, Fone: (0 xx 61) 3388-9809,
alexandra.duarte@embrapa.br; artur.muller@embrapa.br; jp.soares@embrapa.br

² Estudante de graduação em Agronomia, União Pioneira de Integração Social, UPIS, Planaltina – DF.

³ Analista, Embrapa Cerrados, CPAC, Planaltina, DF.

⁴ Mestranda em Meteorologia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

⁵ Estudante de graduação em Agronomia, Universidade de Brasília, UNB, Planaltina – DF.

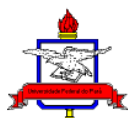
Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de
Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos
Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar as estimativas da evapotranspiração de referência (ET₀), utilizando-se diferentes métodos (FAO24-Penman, PM-FAO, Priestley-Taylor, Thornthwaite) e considerando o método de PM-FAO como padrão. Foram utilizados dados da estação meteorológica automática da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF referentes ao período de 2008 a 2012. A análise dos métodos foi realizada por meio dos índices de desempenho estatísticos que avalia o grau de precisão e exatidão das estimativas: índice de correlação “*r*”, índice de exatidão “*d*”, e de confiança ou desempenho “*c*”. Entre os métodos utilizados, o FAO24-Penman (FP) e Priestley-Taylor (PT) apresentaram maior precisão e exatidão ($r = 0,98$ e $0,82$; $d = 1,0$ e $0,99$), respectivamente. Os coeficientes de determinação (r^2), obtidos das análises de regressão lineares desses métodos com PM-FAO foram ($r^2 = 0,951$ e $0,67$), indicando que a variação total dos valores de ET₀ pode ser explicada pelos métodos. O coeficiente de desempenho “*c*” foi considerado ótimo para o método FAO24-Penman, apresentando assim o melhor desempenho entre os avaliados.

Palavras-chave: Agrometeorologia, ET₀, Penman-Monteith-FAO

COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE IN THE DRY SEASON IN PLANALTINA-DF

ABSTRACT: The object of this study was to compare estimates of reference evapotranspiration (ET₀), using different methods (FAO24-Penman, FAO-PM, Priestley-Taylor, Thornthwaite) and considering the FAO-PM method as standard. We used data from





automatic weather station EMBRAPA Cerrado, Planaltina-DF for the period 2008-2012. The analysis was performed using methods of statistical performance indices that assess the degree of precision and accuracy of the estimates: Correlation coefficient "r" accuracy index "d", and reliable performance or "c". Among the methods used, the Penman-FAO24 (FP) and Ritchie & Priestley-Taylor (PT) had higher precision and accuracy ($r = 0.98$ and 0.82 , $d = 1.0$ and 0.99), respectively. The coefficients of determination (r^2), obtained from linear regression analysis with these methods were the PM-FAO ($r^2 = 0.951$ and 0.67), indicating that the total variation of ET_0 values can be explained by these methods. The coefficient of performance "c" was considered optimal for the method FAO24-Penman, thus presenting the best performance among the evaluated.

Keywords: Agrometeorology, ET_0 , FAO Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas demandam grandes quantidades de água e, sendo cada vez mais preocupante a sua escassez, esforços têm sido empregados no desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a sua economia, em todo o planeta. Nesse sentido, o correto conhecimento da evapotranspiração das culturas para o manejo de irrigação, assume fundamental importância. Uma das alternativas para se racionalizar o uso da água, em projetos agrícolas, é estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), a partir da evapotranspiração de referência (ET_0) e do coeficiente de cultura (K_c) (CARVALHO et al., 2011). A obtenção do consumo hídrico das culturas pode ser realizado através de medições diretas no campo ou por meio indireto através de equações empíricas. As medições diretas requerem a utilização de equipamentos sofisticados e caros. Por isso, tem-se recorrido à utilização de equações empíricas, por serem mais práticas e viáveis de serem usadas (CAVALCANTE JUNIOR et al., 2011). Entre os métodos estudados, o método de Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) foi um aperfeiçoamento do método original de Penman, e diversos estudos no Brasil e no mundo, tem comprovado que o método PM-FAO é bastante preciso (BARROS et al. 2009), sendo, por esta razão, utilizado como padrão. Sentelhas et al. (2010), estudando métodos que utilizam somente dados de temperatura, como o de Thornthwaite (TW) observaram que, após alguns ajustes, foram boas opções para estimar a ET_0 (CARVALHO et al., 2011). O objetivo do presente trabalho foi comparar as estimativas da evapotranspiração de referência (ET_0), utilizando-se diferentes métodos (FAO24-Penman, PM-FAO, Priestley-Taylor, Thornthwaite), considerando o método de PM-FAO como padrão, no período seco, em Planaltina –DF.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram coletados pela estação meteorológica automática da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, cujas coordenadas geográficas são: latitude $15^\circ 36' 04''$ S, longitude $47^\circ 42' 50''$ W e altitude de 1001 m. Segundo Köppen, a classificação



climática do local, é do tipo Aw, ou seja, Megatérmico ou Tropical úmido (A), com o subtipo clima de savana, com inverno seco e chuvas máximas de verão (w) (SILVA et al., 2008).

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima, umidade relativa, velocidade do vento e insolação, compreendidos de janeiro de 2008 a dezembro de 2012. Os dados foram tratados por meio de um programa que organiza e analisa os dados meteorológicos, cuja metodologia encontra-se descrita em Faria et al. (2002) e onde também foram realizadas as estimativas da ETo, que utiliza os seguintes métodos: FAO24-Penman (FP), PM-FAO (PM), Priestley-Taylor (PT) e Thornthwaite (TW), descritos em Pereira et al. (1997) e em Faria et al. (2002).

A análise comparativa entre o método padrão e os avaliados, foi baseada em regressão linear, onde a variável independente foi considerada a ETo do método padrão e a dependente a ETo do métodos avaliados. Também foram determinados os seguintes índices estatísticos de comparação sugeridos Camargo e Sentelhas (1997): o coeficiente de correlação “r” (equação 1), a exatidão pelo índice de Willmott “d” (equação 2) e o desempenho pelo indicador “c”. Sendo *c* obtido pelo produto de *d* * *r*. Onde os valores de *c* são classificados conforme a Tabela 1.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}} \quad \text{Eq.1}$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad \text{Eq.2}$$

Sendo: *P_i* o valor estimado; *P* a média do valor estimado; *O_i* o valor observado e *O* é a média dos valores observados.

A verificação dos erros proporcionados pelas estimativas foi realizada pelo cálculo do erro padrão da estimativa (EPE) (equação 3), conforme Jensen et al. (1990).

$$EPE = \left[\frac{\sum (Y - Y_m)^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad \text{Eq.3}$$

Sendo: *Y* a evapotranspiração estimada pelo método avaliado (mm.d⁻¹); *Y_m* é a evapotranspiração estimada pelo método de PM FAO (mm.d⁻¹) e *n* o número total de observações.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

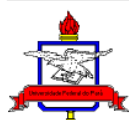
As Figuras 1A, 1B e 1C, apresentam relações entre os valores diários da evapotranspiração de referência, calculados por diferentes métodos e pelo método de Penman-Monteith, para o período seco em Brasília-DF, no período de 2008 a 2012. Os métodos avaliados em relação à PM mostraram uma alta correlação para FAO24-Penman (FP) e menor correlação com Priestley & Taylor (PT). Os coeficientes de determinação (r^2), obtidos das análises de regressão lineares desses métodos com PM-FAO foram ($r^2 = 0,95$ e $0,67$), indicando que a variação total dos valores de ET_0 pode ser explicada pelos métodos. Já para o método de Thornthwaite (TW) não apresentou correlação tão satisfatória, possivelmente por ser mais adequado o seu uso, para intervalos superiores.

Os valores do coeficiente de correlação, índice de exatidão, coeficientes de desempenho e erro padrão de estimativa para cada método alternativo aplicado estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores do coeficiente de correlação (r), índice de exatidão (d), coeficientes de desempenho (c) e erro padrão de estimativa (EPE), referentes ao período seco em Brasília-DF, de 2008 a 2012.

Equações	r	d	c	Desempenho	EPE (mm.d ⁻¹)
Priestley-Taylor	0,82	1,00	0,81	Muito Bom	0,57
Thornthwaite	0,44	0,93	0,41	Mau	1,75
FAO24-Penman	0,98	0,99	0,97	Ótimo	0,81

Observou-se que o índice de exatidão foi alto, principalmente para os métodos FAO24-Penman (FP) e Priestley-Taylor (PT), respectivamente. O coeficiente de desempenho “c” entre o método padrão PM e FAO24-Penman foi considerado ótimo ($c=0,97$), de acordo com Camargo e Sentelhas (1997), já o método de Thornthwaite (TW) apresentou mau desempenho ($c=0,41$), resultados semelhantes também foram obtidos por Medeiros (2002) com coeficiente de desempenho igual a 0,45 quando utilizou métodos que se baseiam na temperatura do ar.



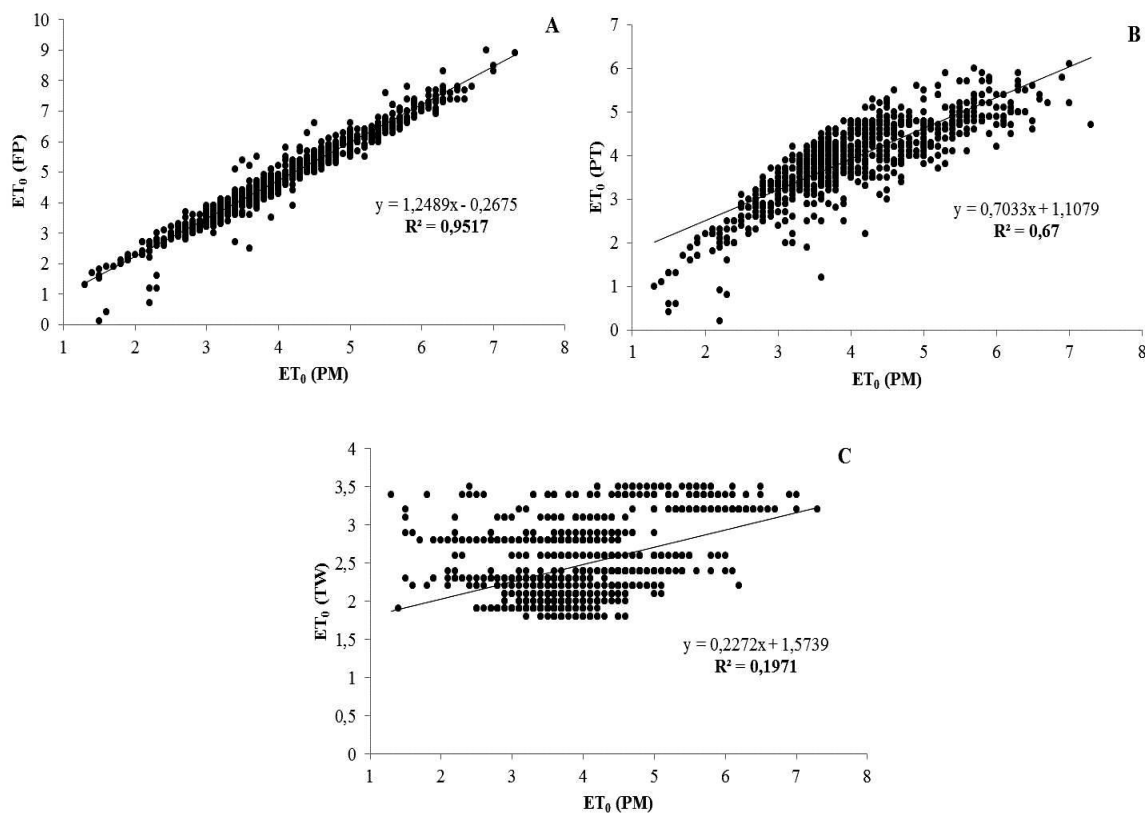


Figura 1 - Relações entre os valores diários da evapotranspiração de referência calculados pelo método FAO24-Penman (FP) e de Penman-Monteith (PM) (A), pelo método de Ritchie-Priestley & Taylor (PT) e de Penman-Monteith (PM) (B) e pelo método de Thornthwaite (TW) e de Penman-Monteith (PM), para o período seco em Planaltina-DF.

CONCLUSÕES

Nas condições climáticas do local de estudo, no período considerado e para os métodos avaliados, o método FAO24-Penman apresentou melhor desempenho (considerado ótimo), mostrando-se maior confiabilidade na estimativa da evapotranspiração de referência. Enquanto que o método que se baseia somente em dados médios de temperatura, teve os piores resultados, na escala diária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, V.R.; SOUZA, A.P.; FONSECA, D.C.; SILVA, L.B.D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.2, p.198-203, 2009.



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.

CARVALHO, L. G. de ; RIOS, G. F. A. ;MIRANDA, W. L. et al. Evapotranspiração de referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

CAVALCANTE JUNIOR., E.G.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, B.M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina**, Londrina, v.32, n. suplemento, p.1699-1708, 2011.

FARIA, R. T. de et al. CLIMA- programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. Londrina: IAPAR,2002. 29p. (Boletim Técnico, 66).

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332 p.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Piraipaba, CE**. 2002. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo.

PERREIRA, R.P.;VILA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. - Evapo(transpi)ração. Piracicaba/FEALQ. 183p, 1997.

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**. v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.

SILVA, F. A. M. da; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 3, p. 71-88.

