

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA ESPERANTINA – PI

KARLA NAYARA SANTOS DE ALMEIDA¹, EVERALDO M. SILVA², ADERSON S. DE ANDRADE JÚNIOR³, KAÍSE B. DE SOUZA⁴, AURELIANO A. RIBEIRO⁵

¹Engenheira Florestal, Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/Universidade Federal do Piauí, karlanayara02@yahoo.com.br.

², Eng. Agrônomo, professor UFPI/CPCE, Bom Jesus/PI

³ Eng. Agrônomo, pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI.

⁴ Engenheira Florestal, Mestranda em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/CPCE, Bom Jesus/PI.

⁵ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/CPCE, Bom Jesus/PI.

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

RESUMO: O objetivo do trabalho foi comparar e avaliar o desempenho de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em relação ao método Penman-Monteith/FAO, visando proporcionar à região de Esperantina-PI, informações básicas para a estimativa da ETo. Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica convencional do INMET, entre o período de 01/01/2008 à 31/12/2012, especificamente da unidade situada em Esperantina, PI, com latitude 03°54'06", longitude 42°14'01" W e altitude média de 59 m. Os dados obtidos foram divididos em dois períodos distintos: período seco (15/07) e período chuvoso (15/02). Os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados foram os de Makking (MK), Jensen-Haise (JH), Priestley-Taylor (PT), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CA) e Ivanov (IVN), descritos em comparação ao método de Penman-Monteith (PM). Foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa, dos coeficientes de determinação, correlação, o índice de Willmott e o coeficiente de desempenho entre os métodos avaliados e o padrão. Os métodos de Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Makking apresentaram desempenho ótimo para os dois períodos estudados, quando comparados ao de Penman-Monteith, demonstrando que estes podem ser utilizados como uma alternativa para a estimativa da ETo no município de Esperantina-PI.

PALAVRAS CHAVE: Penman-Monteith, desempenho, chuvoso.

COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE FOR ESPERANTINA, PIAUÍ STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of the work was compare and evaluate the performance of methods for estimating reference evapotranspiration in relation to the method Penman-Monteith/FAO, aiming to provide the region Esperantina-PI basic information for estimating ETo. Meteorological data were obtained from conventional weather station INMET, between the period of 01/01/2008 to 31/12/2012, specifically the unit located in Esperantina, PI, with latitude 03 ° 54'06 ", longitude 42 ° 14'01" W and average altitude of 59 m. The data were divided into two distinct periods: dry season (15/07) and rainy season (15/02). The methods for estimating reference evapotranspiration used were those of Makking (MK), Jensen-Haise (JH), Priestley-Taylor (PT), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CA) e Ivanov (IVN), described compared to method to Penman-Monteith (PM). Calculations of standard error of estimate were performed, of the coefficients of determination, correlation, Willmott index and the coefficient of performance between standard and the methods evaluated. The methods of Jensen-

Haise, Priestley-Taylor and Makking presented optimal performance for the two study periods, when compared to the Penman-Monteith, demonstrating that they can be used as an alternative for estimating the ETo for the Esperantina-PI, Piauí State, Brazil.

KEYWORDS: Penman-Monteith, performance, rainy.

INTRODUÇÃO: Para a realização de um correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação é importante a determinação da quantidade de água necessária para as culturas, a qual é realizada fazendo-se o balanço hídrico da camada do solo ocupada pelo sistema radicular da cultura, que tem, na evapotranspiração e na precipitação pluviométrica, seus principais componentes (Bernardo & Mantovani, 2006). Segundo Doorenbos e Pruitt (1997) e Allen et al. (1998), a evapotranspiração de referência é aquela que ocorre em uma extensa superfície de grama com altura de 0,08 m a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Quando corrigida pelo coeficiente de cultura (k_c), pode ser empregada na determinação da evapotranspiração de cultura (Wright, 1982; Faria et al., 2000). A estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) é de fundamental importância para o dimensionamento de sistemas e para o manejo da água de irrigação, o que requer a adoção de estudos, avaliações e ajustes para sua correta utilização (Andrade Junior, 2003). Dentre os vários métodos que existem para se estimar a ETo, os quais utilizam dados meteorológicos e agrônômicos, destaca-se o método de Penman-Monteith, por apresentar um melhor desempenho quando aplicado em diversos tipos de clima, sendo, por este motivo, recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como o modelo padrão para a estimativa da ETo e calibração de métodos empíricos (Allen et al., 1998). É possível quantificar a evapotranspiração (ETo) através das variáveis meteorológicas registradas nas estações tanto convencionais como automáticas, e conseqüentemente obter os potenciais hídricos diários, mensais e anuais de uma região. Portanto, é importante a realização de estudos locais que visem o conhecimento de métodos de estimativa de ETo, que possam ser utilizados em substituição ao método padrão de Penman-Monteith, sem contudo afetar a precisão dessa estimativa. Este trabalho teve como objetivo comparar e avaliar o desempenho de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em relação ao método Penman-Monteith/FAO, visando proporcionar à região de Esperantina-PI, informações básicas para o cálculo da ETo.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado utilizando dados meteorológicos obtidos entre o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 dezembro de 2012 na estação meteorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificamente da unidade situada em Esperantina, PI, com latitude 03°54'06", longitude 42°14'01" W e altitude média de 59 m. O clima da região é tropical, classificado como do tipo Aw, Koppen (1948), com pluviosidade anual média de 1400 mm. Os dados coletados, em períodos diários, foram: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1}) e insolação ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), os quais foram divididos em dois períodos distintos: período seco e período chuvoso. A estimativa da evapotranspiração de referência foi obtida pelos métodos de Makking (MK), Jensen-Haise (JH), Priestley-Taylor (PT), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CA) e Ivanov (IVN) descritos em comparação ao método de Penman-Monteith (PM) (Allen et al., 1998). Foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r), o índice d proposto por Willmott et al. (1985) e o coeficiente c de desempenho, que é o produto do coeficiente r com o índice d (Camargo e Sentelhas, 1997), os quais são comparativos entre os métodos avaliados e método padrão de PM. Utilizou-se software Microsoft Office Excel® (2007), para a realização dos cálculos e gráficos.

RESULTADOS E DISCURSÃO: Na Tabela 1 são apresentados para os períodos chuvoso e seco, os EPE, os R^2 e r e o índice d , proposto por Willmott et al. (1985), entre os métodos comparados ao padrão PM, bem como o c segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997). Na comparação dos seis métodos, o método de PT, o qual utiliza o saldo de radiação solar na estimativa da ETo,

obteve os maiores EPE's, sendo estes, 1,246 mm.dia⁻¹ para o período chuvoso e 1.178916 mm.dia⁻¹ para o período seco, já o método CA ofereceu o menor EPE (0,429) para o primeiro período e MK para o segundo (0,649). Os valores de ETo diários no período chuvoso para os métodos de Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Makking, com coeficientes 0,98, 0,95 e 0,90, respectivamente, foram altamente correlacionados, adquirindo assim, alto coeficiente de desempenho, quando comparados com o método de Penman-Montheith, sendo estes considerados de acordo com a classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997), como ótimos. No período seco estes mesmos métodos também obtiveram ótimos coeficientes de desempenhos (0,98, 0,95 e 0,90, respectivamente) havendo portanto apenas uma diminuição nos valores, mas não interferindo na sua classificação

Tabela 1: Indicadores estatísticos da comparação entre os diferentes métodos em função do método PM em escala diária para o período chuvoso e período seco.

Métodos	Período Chuvoso					Desempenho
	EPE (mm.dia ⁻¹)	R ²	r	d	c	
Makking	0.686	0,95	0.97	0.92	0.90	Ótimo
Jensen-Haise	0.911	0,96	0.98	0.99	0.98	Ótimo
Priestley-Taylor	1.246	0,94	0.96	0.98	0.95	Ótimo
Hargreaves-Samani	0.766	0,42	0.64	0.99	0.64	Mediano
Camargo	0.429	0,44	0.66	0.94	0.62	Mediano
Ivanov	1.055	0,43	0.65	0.93	0.61	Mediano

Métodos	Período Seco					Desempenho
	EPE (mm.dia ⁻¹)	R ²	r	d	c	
Makking	0.649	0,90	0.94	0.92	0.87	Ótimo
Jensen-Haise	0.883	0,93	0.96	0.99	0.96	Ótimo
Priestley-Taylor	1.178	0,88	0.96	0.98	0.95	Ótimo
Hargreaves-Samani	0.961	0,66	0.81	0.99	0.81	Muito bom
Camargo	1.159	0,59	0.77	0.98	0.76	Muito bom
Ivanov	1.159	0,61	0.77	0.98	0.76	Muito bom

Os métodos que mais se aproximaram das estimativas feitas por PM, tanto para o período chuvoso como o seco, foram os de JH, PT e MK, sendo assim os mais indicados para o cálculo da ETo como alternativa para o cálculo por meio do método padrão. Segundo Medeiros (2008), o método de Jensen-Haise (1963) consiste em uma equação para o cálculo da evapotranspiração a partir da temperatura, desenvolvidas para regiões áridas e semi-áridas. Para a região de Esperantina- PI , a qual está sob a ação do clima úmido, esse método obteve um desempenho ótimo, fato o qual pode ser explicado segundo Gonçalves et al, (2009), devido a boa adaptabilidade desse método, por se tratar de um método simples, o qual utiliza apenas a temperatura para a região estudada. Nota-se que o método de Priestley-Taylor ajustou-se bem, e de acordo com Jensen et al. (1990), esse modelo se aplica preferencialmente para climas úmidos. Resultados semelhantes a esse trabalho foram obtidos por Silva (2011) para a região de Pernambuco, os quais indicam que o método de PT apresentou um dos melhores desempenhos para a estimativa da ETo. O método de Makking, de acordo com Rosemberg et al., (1983), apresenta bons resultados em climas úmidos, obtendo assim respostas satisfatórias para Esperantina, a qual possui um clima úmido, com altitude de 59 m acima do nível do mar, temperaturas entre 26°C e 34°C, com 5 a 6 meses chuvosos, sendo fevereiro, março e abril o trimestre mais úmido, tornando esse método indicado, pois o mesmo obteve um desempenho ótimo. De acordo com Pereira et al. (1997), os coeficientes dessa equação podem variar de local para local e nas diferentes escalas de tempo de medida.

CONCLUSÃO: Os métodos de Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Makking, obtiveram desempenho ótimo quando comparados ao de PM, demonstrando que estes podem ser utilizados como uma alternativa de estimativa da ETo e manejo da irrigação para no município de Esperantina.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 300 p. 1998.(FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A. A. G. da. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.. **Manual de Irrigação**.08.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.625p.
- 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, n. 1, 1997.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997.
- JENSEN, M.W.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. et al. **Evapotranspiration and irrigation water requirements** New York: American Society of Civil Engineers, 1990.329p.
- MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de nove equações empíricas- teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, SP, 2008.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, p. 9-75/183, 1997.
- ROSEMBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate: the biological environment**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1983. 495p.
- SILVA, P. N. da.; SOUZA, AL. R. de.; **Estimativa de Evapotranspiração de Referência no Semiárido Pernambucano**. Engenharia Ambiental - Espíri to Santo do Pinhal , v. 8, n. 4, p. 003-022, out . /dez. 2011.
- GONÇALVES, F.M.; FEITOSA, H. O. de; CARVALHO, C. M. de; GOMES FILHO, R.R.; VALNIR JÚNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.3, n.2, p.71-77, 2009.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, september 20, 1985.
- WRIGHT, J.L. **New evapotranspiration crop coefficients**. J. Irrig. Drain. Div., New York, v. 108, n. IR2, p. 57-74, 1982.