

COMPARAÇÃO DE SEIS MÉTODOS EMPÍRICOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A CIDADE DE PICOS – PI

EMANUEL FRANÇA ARAÚJO¹, ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR²,
EVERALDO MOREIRA SILVA³, EDSON DE OLIVEIRA SANTOS⁴, KAÍSE BARBOSA DE
SOUZA⁵

¹ Eng. Florestal, mestrando em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI, (89)94219380, emanuelfa.bj@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI.

³ Eng. Agrônomo, professor UFPI/CPCE Bom Jesus/PI.

⁴ Eng. Florestal, mestrando em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI.

⁵ Eng. Florestal, mestranda em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, 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: A evapotranspiração de referência (ET_o) sendo quantificada diariamente é a base para se determinar a lâmina de irrigação a ser aplicada aos cultivos. Este trabalho objetivou comparar e avaliar o desempenho de métodos empíricos de estimativa da ET_o, de modo a proporcionar maior acessibilidade à estimativa de ET_o no município de Picos, Piauí. Os dados climáticos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em escala diária referentes ao período chuvoso (novembro a abril) e seco (maio a outubro), nos anos de 2010 a 2012. Os métodos de estimativa de ET_o avaliados foram os de Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), e Priestley-Taylor (PT), admitindo como método padrão para comparação o de Penman-Monteith FAO (PM-FAO 56). Foram realizados cálculos do erro padrão da estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R²), correlação (r), índice de Willmott (d) e de confiança (c). Os modelos JH, HS e CM foram os que mais se aproximaram do padrão de FAO para média mensal. Em relação ao período chuvoso e seco, o método JH apresentou o melhor desempenho para ambos os períodos, seguido dos métodos PT e MK para o período chuvoso e PT para o período seco.

PALAVRAS CHAVE: Irrigação, FAO Penman-Monteith, Evapotranspiração.

COMPARISON OF FOUR EMPIRICAL METHODS OF ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE TO THE CITY OF PICOS, PIAUÍ

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET_o) being quantified daily is the basis for determining irrigation blade be applied to crops. This work aimed to compare and evaluate the performance of empirical methods of estimation of the ET_o, so as to provide greater accessibility to the ET_o estimated in the municipality of Picos, Piauí. The climate data were obtained from the National Institute of meteorology (INMET), daily scale for the rainy season (November to April) and dry (May to October) in the years 2010 to 2012. The ET_o estimated methods assessed were those of Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), and Priestley-Taylor (PT), admitting as default method for the comparison of Penman-Monteith FAO (PM-FAO 56). Calculations were made of the standard error of estimate (EPE), the coefficients of determination (R²), correlation (r), Willmott index (d) and reliable (c). The JH, HS and CM models were the ones who approached the more standard of FAO to monthly average. In relation to the rainy season and dry, the method JH presented the best performance for both periods, followed by the EN methods and MK for the rainy season and PT for dry period.

KEYWORDS: Irrigation, FAO Penman-Monteith, Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO: A estimativa das perdas por evaporação e transpiração é de grande importância para atividades como projetos de irrigação, gerenciamento de reservatórios e planejamento de uso e outorga de recursos hídricos. A estimativa adequada da evapotranspiração de cultura (E_{Tc}), consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, esta por sua vez, é obtida através do valor da evapotranspiração potencial de uma cultura de referência (E_{To}) corrigida pelo coeficiente da cultura (K_c), que depende do tipo de cultura e seu estágio de desenvolvimento. Na escolha de um método para a determinação da evapotranspiração, devem ser levados em consideração praticidade e precisão, pois, apesar de esses métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, apresentam limitações, principalmente quanto à instrumentação, o que pode restringir a utilização (BERLATO & MOLION, 1981). Em 1990, os métodos recomendados pela FAO em 1977 (FAO, BOLETIM 24) foram submetidos a uma revisão feita por especialistas em evapotranspiração, chegando-se à conclusão de que o método de PM-FAO 56, apresentava melhores resultados, passando a ser recomendado pela FAO como método-padrão para estimativa da E_{To} (SMITH et al., 1990). Diversos pesquisadores em todo o mundo propuseram modelos indiretos para a estimativa da E_{To} , com as mais diferentes concepções e número de variáveis envolvidas. Antes de se eleger o modelo a ser utilizado para a estimativa da E_{To} , é necessário saber quais os elementos climáticos disponíveis; a partir daí, verifica-se quais podem ser aplicados, uma vez que a utilização dos diferentes métodos para certo local de interesse fica na dependência dessas variáveis. O objetivo deste trabalho foi comparar equações empíricas de E_{To} ao método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, durante o período seco e chuvoso para o município de Picos, PI.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período de 01/01/2010 a 31/12/2012; e foram obtidos na estação meteorológica automática, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificamente da unidade situada em Picos, PI com latitude $07^{\circ}03'00''S$ e longitude $41^{\circ}48'00''W$ e 207,93 m de altitude. O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Bsh, quente e semi-árido, com estação chuvosa no verão (IPAM, 1978). A precipitação média anual é de 812,4 mm, sendo que 83,59% aproximadamente concentram-se nos meses de dezembro a abril, com distribuição irregular e período seco de maio a novembro. A temperatura média anual é de $27,5^{\circ}C$, sendo os meses de abril a julho os mais frios, com média de $26^{\circ}C$ (Departamento Nacional de Meteorologia, 1992), com umidade relativa média de 42,3% (INMET, 2013). Foram utilizados os métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência de Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), e Priestley-Taylor (PT) em comparação ao método padrão de Penman-Monteith (PM) (ALLEN et al., 1998). Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM, 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 cálculos e gráficos foram realizados com a utilização do software Microsoft Office Excel® (2007).

RESULTADOS E DISCURSÃO: A Figura 1 apresenta a variação da E_{To} média mensal ao longo da série de 2010 a 2012, para o município de Picos, na qual se pode observar um mesmo comportamento nas E_{To} estimadas pelas diferentes metodologias, com um decréscimo da E_{To} nos meses de dezembro, ate junho e uma elevação a partir do mês de agosto. Os maiores valores observados ocorreram entre julho e setembro, reflexo da maior disponibilidade de energia no sistema solo-planta-atmosfera para o fluxo de calor latente, neste período do ano. A estimativa pelos métodos BC, IVN e PT superestimaram a E_{To} quando comparadas aos valores obtidos pelo método FAO Penman-Monteith, durante todo o ano. Os modelos JH, HS e CM foram os que mais se aproximaram do padrão de FAO. Essas comparações fornecem a base para avaliar os métodos estudados em relação ao método de PM- FAO 56.

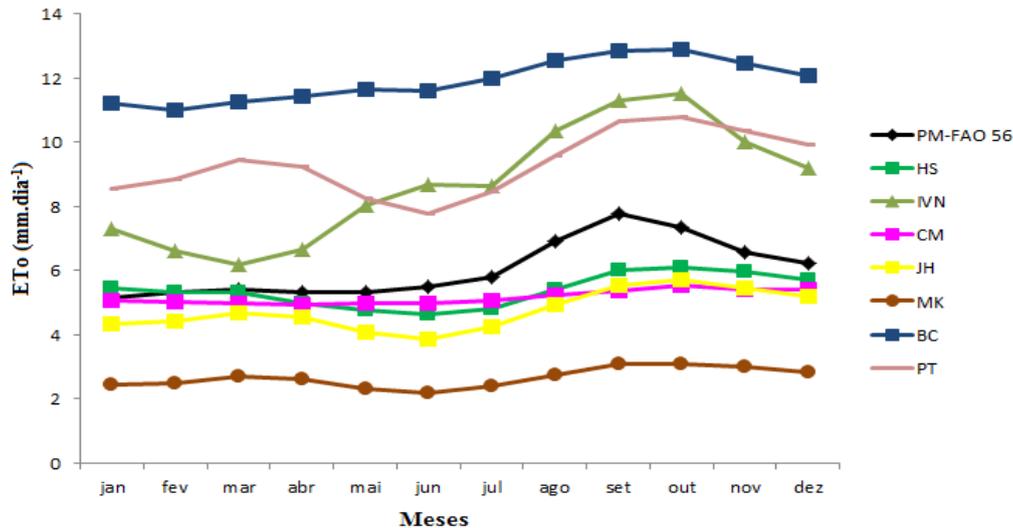


FIGURA 1. Dados médios diários por mês de estimativa da ETo do município de Picos nos anos de 2010 a 2012, calculados por meio dos métodos de PM-FAO 56, BC, JH, PT, HS, CM, MK e IVN.

Na Tabela 1 são apresentados 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). Observa-se que a partir dos resultados obtidos em escala diária para o período chuvoso, o melhor método foi o de JH com classificação de desempenho “ótimo” ($c = 0,92$). Pereira et al. (2009) ao analisar a Eto na Serra da Mantiqueira em Minas Gerais também classificaram o método JH como “ótimo” para o período chuvoso. Os métodos PT e MK apresentaram classificação de desempenho “muito bom”, com índices “ c ” 0,814 e 0,768 respectivamente. Com classificação de desempenho “bom” ficaram os métodos CM, BC e IVN e o método HS apresentou classificação “mediana”. Para o período seco os mesmo métodos variaram em comparação ao período chuvoso com exceção do método JH que apresentou a mesma classificação de desempenho, “ótimo”. Segundo Pereira et al., (1997) o método de JH, o qual utiliza como variáveis meteorológicas, a temperatura média diária e a radiação solar global, foi proposto para regiões áridas e semiáridas americanas, com condições climáticas semelhantes a região de Picos, o que poderia justificar seu ótimo desempenho. O método PT apresentou classificação “muito bom” e o método MK classificação de desempenho “bom”. Para o método HS este apresentou classificação “mediana”. Tagliaferre et al (2012) encontraram para o município de Piañ -Bahia a mesma classificação de desempenho, “mediano”, para o método HS. Os métodos IVN, CM e BC não apresentaram classificação satisfatória, com índices “ c ” 0,606, 0,522 e 0,517, respectivamente, sendo classificados então como “sofríveis”. Araújo et al. (2007), quando analisaram as estimativas de ETo pelos métodos de BC, para dados mensais do período seco no município de Boa Vista-RR encontraram $c = 0,57$, classificado com “sofrível”.

TABELA 01: Desempenho dos métodos de estimativa da ETo mensal, em escala diária para o período chuvoso e seco de 2010 a 2012, em Picos, PI. **Performance of the methods of estimation of monthly ETo, daily scale to the rainy season and dry of 2010 to 2012, at Picos, PI**

Métodos	EEP (mm.dia ⁻¹)	R ²	r	d	c	Desempenho
Período Chuvoso						
Jensen-Haise	1,097	0,841	0,917	0,988	0,906	Ótimo
Priestley-Taylor	1,465	0,753	0,867	0,938	0,814	Muito bom
Makking	0,808	0,781	0,883	0,870	0,768	Muito bom
Camargo	0,590	0,512	0,715	0,988	0,713	Bom
Blaney-Criddle	1,146	0,604	0,777	0,882	0,685	Bom

Ivanov	1,726	0,491	0,701	0,977	0,685	Bom
Hargreaves-Samani	1,634	0,954	0,691	0,478	0,659	Mediano
Período Seco						
Métodos	EEP (mm.dia⁻¹)	R²	r	d	c	Desempenho
Jensen-Haise	1,108	0,767	0,876	0,970	0,850	Ótimo
Priestley-Taylor	1,484	0,707	0,841	0,967	0,813	Muito bom
Makking	0,816	0,733	0,856	0,823	0,705	Bom
Hargreaves-Samani	0,899	0,410	0,640	0,990	0,633	Mediano
Ivanov	1,476	0,401	0,633	0,957	0,606	Sofrível
Camargo	0,605	0,280	0,529	0,988	0,522	Sofrível
Blaney-Criddle	1,038	0,329	0,573	0,902	0,517	Sofrível

EEP= estimativa do erro padrão; R²= coeficiente de determinação; r= coeficiente de correlação; d= coeficiente de concordância; c= coeficiente de desempenho.

CONCLUSÃO: Os modelos JH, HS e CM foram os que mais se aproximaram do padrão de FAO para média mensal. Em relação ao período chuvoso e seco, o método JH apresentou o melhor desempenho para ambos os períodos, sendo este o método recomendado como alternativa de estimativa de Eto para o município de Picos, seguido dos métodos PT e MK para o período chuvoso e PT para o período seco com classificação de desempenho satisfatória.

REFERÊNCIAS:

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. Home: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de referência (ET_o) para Boa Vista-RR. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.20, n.4, p.84-88, jul-set, 2007.
- BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. *Evaporação e evapotranspiração*. Porto Alegre: IPAGRO/ Secretaria de Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim Técnico, 7).
- 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.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasília, DF). *Normas climatológicas: (1961 - 1990)*, Brasília, 1992. 84 p.
- IPAM. *Um município piauiense - Picos*. Teresina, 1978. p. 155
- MENDONÇA, J.C; SOUSA,E.F; BERNADO, S; GRIPPA,G.D.S; Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.275-279, 2003.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. (1997). Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 183p.
- PEREIRA, D. R.; YANAGI, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia para a região de Serra da Mantiqueira, MG. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v.39, n.9, p.2488-2493, 2009.
- SMITH, M.; ALLEN, R.; MONTEITH, J.L.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.S.;SEGEREN, A. *Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements*. Rome: FAO, 1990. 59 p.
- TAGLIAFERRE, CRISTIANO.; SILVA, J. P.; PAULA, A; GUIMARAES, D. U. G.; BARROSO, N. I. S. Estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 136-143, 138 mar.-jun, 2012.
- 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.