III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAGRO 2018

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (E_{To}) NO PERÍODO SECO E CHUVOSO EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA/PA

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION (E_{To}) IN DRY AND RAINY PERIOD IN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA / PA

Apresentação: Pôster

Rakel Ferreira Alves¹; Elton Ferreira Lima²; Rafael Guimarães Silva Moraes³;
Cristiane Matos da Silva⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00472>

Introdução

O manejo adequado da irrigação é uma prática agrícola que pode levar a economia de água e aumento da produção, podendo ser realizado por meio da estimativa da evapotranspiração de referência, que segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) deve ser estimada por intermédio do modelo de PenmanMonteith (MACÊDO et al., 2017).

Entretanto, embora o método de Penman-Monteith seja considerado pela FAO o método com melhor desempenho na estimativa da E_{To} , este apresenta restrições de uso em virtude da grande quantidade de dados meteorológicos necessários para sua execução (PALARETTI et al., 2014). Em alguns casos as estações meteorológicas de monitoramento não fornecem todos os dados necessários para a estimativa da E_{To} por este método, no entanto, outros métodos podem ser utilizados para determinar a E_{To} (CONCEIÇÃO, 2002).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de métodos mais simples de estimativa da evapotranspiração de referência em comparação com o método padrão de Penman-Monteith durante o período seco e chuvoso em Conceição do Araguaia/PA.

Fundamentação Teórica

¹Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, rakelbt10@outlook.com

²Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, elton110@hotmail.com

³Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, r.f_guimaraes@hotmail.com

⁴Professora Especialista, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, crisamatos@bol.com.br

A evapotranspiração que ocorre diariamente nos cultivos é um dos parâmetros de maior incerteza no gerenciamento de recursos hídricos e manejo da irrigação. Dessa forma, antes da escolha de determinado método para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em uma região, é de extrema importância avaliar o grau de exatidão do modelo (CUNHA et al., 2013).

O método Penman-Monteith é considerado, internacionalmente, o mais apropriado para a estimativa da ET_o, pois, além de procurar representar, de maneira consistente, o fenômeno biofísico da evapotranspiração, é alimentado por quase todos os elementos meteorológicos observados em estações meteorológicas de superfície (CARVALHO et al., 2011).

Entretanto, métodos relativamente simples que utilizam somente a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar para a estimativa da ET_o também podem ser empregados com facilidade pelos produtores rurais para o manejo da irrigação (ALCÂNTARA et al., 2013).

Metodologia

O presente estudo foi realizado utilizando dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, e velocidade do vento obtidos entre o período de janeiro de 1990 a dezembro de 2016, na estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no município de Conceição do Araguaia/PA (latitude de 8°15'36" S, longitude 49° 16' 06" W e altitude 156,85 m).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Am, equatorial super-úmido, no limite de transição para Aw, com temperatura média anual de 26,3°C, período chuvoso de novembro a maio, o mais seco de junho a outubro e precipitação pluvial total anual de 2000 mm (SILVA, 2015).

De posse dos dados, realizou-se a estimativa da ET_o no período seco e chuvoso utilizando os métodos de Priestley-Taylor (1972) e Radiação – FAO24 (Doorenbos e Pruitt, 1977), comparando-os com o método de Penman-Monteith, considerado padrão, (Tabela 1).

Tabela 1: Metodologia usada como padrão para comparação com as outras metodologias.

Metodologia	Equação
Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN <i>et al.</i> , 1998)	$ET_o = \frac{[0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \left(\frac{900 \cdot U_2}{T + 273}\right) \cdot (e_s - e_a)]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)}$

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ = declividade da curva de pressão (kPa °C⁻¹); R_n = saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor (MJ m⁻² dia⁻¹); γ = constante psicrométrica (MJ kg⁻¹); T = temperatura

média (°C); U_2 = velocidade do vento (m s^{-1}); e_s = pressão de saturação de vapor (kPa); e_a = pressão de vapor (kPa).

Para a avaliação do desempenho estatístico dos modelos de estimativa da ETo em relação ao método padrão de Penman-Monteith, os resultados foram submetidos à análise de regressão linear para obtenção dos coeficientes da equação ($Y = a + bx$), a porcentagem do método em relação ao padrão (%), os indicadores de 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) proposto por Camargo & Sentelhas (1997) (Tabela 2).

Tabela 2: Indicadores estatísticos de desempenho dos métodos.

Indicadores estatísticos	Equação
Superestimativa/Subestimativa	$\% = \frac{P - O}{O} \cdot 100$
Coeficiente de correlação de Pearson	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}}$
Coeficiente de concordância	$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (P_i - O_i + O_i - O)^2} \right]$
Índice de confiança	$c = r \cdot d$

r = coeficiente de correlação de Pearson; d = coeficiente de concordância; c = índice de confiança; P_i = evapotranspiração estimada pelo método testado (mm.d^{-1}); P a média da evapotranspiração do método testado (mm.d^{-1}); O_i = evapotranspiração estimada pelo método padrão (mm.d^{-1}); e O = média dos valores observados pelo método padrão (mm.d^{-1}).

O coeficiente c , proposto por Camargo e Sentelhas (1997), é interpretado de acordo com os referidos autores como: “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” ($c < 0,40$).

Resultados e Discussões

A Tabela 3 apresenta os valores do coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância de Wilmont (d), coeficiente de correlação (r) e índice de confiança ou desempenho (c), na escala diária para o período seco e chuvoso em Conceição do Araguaia/PA.

Tabela 3: Classificação do desempenho dos métodos de estimativa da ETo em relação ao método de Penman-Monteith, na escala diária para o período seco em Conceição do Araguaia/PA. Fonte: Própria

Métodos	Período analisado	R^2	d	r	c	Classificação
EToPT	Seco	0,13	0,57	0,37	0,21	Péssimo
	Chuvoso	0,52	0,62	0,72	0,45	Mau
EToRA	Seco	0,94	0,93	0,97	0,90	Ótimo
	Chuvoso	0,94	0,95	0,97	0,92	Ótimo

Verifica-se na tabela 3 que o para o período seco o método que apresentou melhor desempenho foi o da Radiação (EToRA) com desempenho ótimo ($c = 0,90$; $r = 0,97$; $d = 0,93$; $R^2 = 0,94$). Resultados semelhantes foram encontrados por Chagas et al. (2013) que

comparando métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no período seco e úmido no município de Rio Real/BA também encontraram desempenho ótimo por esse método no período seco com um valor de $c = 0,95$, $r = 0,97$, $d = 0,98$ e $R^2 = 0,94$.

O melhor desempenho do método da Radiação – FAO24 pode ser explicado pelo fato do mesmo ser baseado na radiação solar, e geralmente os métodos baseados na radiação solar apresentam melhor desempenho quando comparados com o método padrão.

O método de Priestley-Taylor (EToPT) por sua vez foi classificado como péssimo no período seco ($c = 0,21$; $r = 0,37$; $d = 0,57$; $R^2 = 0,13$). Os resultados aqui encontrados se assemelham aos encontrados por Pereira et al. (2009) que avaliando o desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira/MG também obtiveram desempenho péssimo para o método de Priestley-Taylor no período seco com $c = 0,24$, $r = 0,47$, $d = 0,52$ e $R^2 = 0,22$. O péssimo desempenho desse método pode ser explicado pelo fato do mesmo ter sido desenvolvido para clima úmido apresentando péssimos desempenhos quando empregado em período seco.

A Figura 1 apresenta a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo pelos métodos estudados em relação ao método padrão de Penman-Monteith para o período seco. Observa-se que os métodos de Priestley-Taylor (EToPT) (Figura 1A) e da Radiação (EToRA) (Figura 1B) superestimaram os valores de ETo em relação ao método padrão em 2,61% e 12,40% respectivamente. Chagas et al. (2013) também observaram tendência de superestimativa da ETo na ordem de 9,32% pelo método da Radiação quando comparado com o método padrão.

Embora o método da Radiação tenha apresentado maior superestimativa da ETo do que o método de Priestley-Taylor quando comparados com o método padrão, este foi o que apresentou valores mais próximos aos estimados pelo método de Penman-Monteith, sendo o método mais recomendado para o manejo da irrigação no município durante o período seco.

Figura 1. Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pela comparação dos métodos de Priestley-Taylor (A) e Radiação - FAO24 (B), com o método-padrão, Penman-Monteith, durante o período seco, em Conceição do Araguaia/PA. Fonte: Própria.

Para o período chuvoso, verifica-se na tabela 3, que o método que apresentou melhor desempenho foi o da radiação (EToRA), com desempenho ótimo ($c = 0,92$; $r = 0,97$; $d = 0,95$; $R^2 = 0,94$), permanecendo assim, com o mesmo desempenho verificado no período seco, corroborando com os resultados obtidos por Chagas et al. (2013). Por outro lado, o método de Priestley-Taylor (EToPT) melhorou seu desempenho passando de péssimo (período seco) para mau no período chuvoso ($c = 0,45$; $r = 0,72$; $d = 0,62$; $R^2 = 0,52$). Resultados diferentes foram encontrados por Pereira et al., (2009) que obtiveram desempenho “bom” com o método de Priestley-Taylor no período chuvoso.

A mudança de desempenho do método de Priestley-Taylor no período chuvoso, pode ser explicado devido a baixa advecção, por se tratar do período chuvoso.

A figura 2 apresenta as regressões lineares entre os valores diários de evapotranspiração de referência estimados pelos métodos estudados em função do método de referência de Penman-Monteith para o período chuvoso. Observa-se que assim como no período seco, os métodos de estimativa da ETo usados no presente trabalho superestimaram a ETo quando comparados com o método padrão de Penman-Monteith na ordem de 21,79% (EToPT) (Figura 2A) e 7,46% (EToRA) (Figura 2B).

Figura 2. Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pela comparação dos métodos de Priestley-Taylor (A) e Radiação - FAO24 (B), com o método-padrão, Penman - Monteith, durante o período chuvoso, em Conceição do Araguaia/PA. Fonte: Própria.

No período chuvoso, o método da radiação, além de ter apresentado o melhor desempenho, obteve também os valores de ETo mais próximos dos estimados pelo método considerado padrão, sendo assim como no período seco, o método mais recomendado para o manejo da irrigação no município de Conceição do Araguaia/PA.

Conclusões

No município de Conceição do Araguaia/PA, em substituição ao método de Penman-Monteith, recomenda-se o método da Radiação - FAO24 que apresenta ótimo desempenho nos dois períodos estudados (seco e chuvoso).

Referências

ALCÂNTARA, C. R.; SILVA, G. J. F.; CALDAS, R. A.; Comparação entre diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para Juazeiro-Ba. João Pessoa, PB. **Revista Okara: Geografia em debate**, v.8, n.1, p. 156-178, 2013.

ALLEN, R. G.; Pereira, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorol.** Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CHAGAS, R.M.; FACCIOLI, G.G.; NETTO, A.O.A.; SOUSA, I.F.; VASCO, A.N.; SILVA, M.G. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) no município de Rio Real-BA. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 351-363, abril-junho, 2013.

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, jul./set. 2011.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Reference evapotranspiration based on class a pan evaporation, **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 417-420, 2002.

CUNHA, F.F.; MAGALHÃES, F.F.; CASTROS, M.A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul-MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 21, n 2, 2013.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 24).

MACÊDO, K.G.; ARRAES, F.D.D.; OLIVEIRA, W.C. JUNIOR, J.C.L.; ARAÚJO, Y.R. Estimativa da evapotranspiração de referência utilizando modelos com base na temperatura do ar e radiação solar global para o estado de Goiás. **Revista Engenharia na Agricultura**. V.25, n.06, p.540-548, 2017.

PALARETTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Análise da sensibilidade dos componentes da equação de Hargreaves-Samani para a região de Bebedouro-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29(2): 299-306, 2014.

PEREIRA, D.R.; YANAGI, S.N.M.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; SILVA, L.A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2488-2493, dez, 2009.

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

SILVA, J.L.C. Perfil do produtor de abacaxi e incidência da fusariose em Conceição do Araguaia, PA. 2015. 47f. **Dissertação** (Mestrado profissional em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

WILLMOTT, C.J. Some comments on evaluation of model performance, **Bulletin of American Meteorological Society**, v.63, p.1309- 1313, 1982.