

COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ - RN

João Victor da Silva Martins ¹
Priscila Duarte Silva ²
Valéria Peixoto Borges ³

RESUMO

O uso racional da água vem sendo uma preocupação mundial, visto que, a irrigação é atividade de maior gasto desse recurso natural. Diante disso, o conhecimento da evapotranspiração de referência – ETo é extremamente importante no que diz respeito a atividade que envolvem gestão de bacias hidrográficas, modelagens meteorológicas e hidrológicas e principalmente no manejo hídrico da agricultura irrigada. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência - ETo propostos por Priestley-Taylor, Hargreaves e Ivanov em relação ao método da FAO Penman-Monteith, para a região de Mossoró, Rio Grande do Norte. Foram utilizados registros meteorológicos diários cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes ao período de 01 Janeiro de 2008 à 31 de dezembro de 2013. O cálculo de estimativa de evapotranspiração de referência (ETo) foram determinados pelo modelo de Penman-Monteith, comparados com os obtidos pelos demais modelos, o método de Priestley-Taylor, proposto por Ivanov, Hargreaves-Samani. Todos os métodos estudados apresentaram desempenho de mediano á muito bom. Entretanto os métodos que apresentaram os melhores desempenhos foi o de Ivanov e Priestley-Taylor. Para o método de HS obteve-se um desempenho de “mediano”. Dentre os métodos avaliados e nas condições testadas, todos podem ser indicados para estimar a ETo de referência para a região. O melhor desempenho foi obtido com o método de Ivanov com base no índice de confiança “c. Portanto o mesmo é o mais indicado para estimar a Evapotranspiração de referência para a região de Mossoró – RN.

Palavras-chave: Agricultura, Irrigação, Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

O uso racional da água vem sendo uma preocupação mundial, visto que, a irrigação é atividade de maior gasto desse recurso natural, logo, tornou-se indispensável um planejamento mais rigoroso e eficiente do aproveitamento da água na produção agrícola, enfatizando a criação de novas metodologias na qual se possibilite obter máxima produção com o mínimo de água (LUCENA et al., 2016).

¹ Graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB),Areia- PB eng.agro.martins@email.com;

² Graduanda do Curso de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB,Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB),Areia- PB. silvaprisilad@gmail.com;

³ Professor Orientador: Doutora em Meteorologia, Universidade Federal da - UFPB,Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB),Areia- PB. valpborges@gmail.com.

Diante disso, o conhecimento da evapotranspiração de referência – E_{To} é extremamente importante no que diz respeito a atividade que envolvem gestão de bacias hidrográficas, modelagens meteorológicas e hidrológicas e principalmente no manejo hídrico da agricultura irrigada (FERRAZ, R. C., 2014).

Existem vários métodos bastante disseminados para estimar a evapotranspiração de referência. O método Penman-Monteith- FAO, parametrizado pela FAO, no qual se emprega o conceito de cultura hipotética, é considerado padrão, sendo recomendado por Allen et al. (1998), entretanto o requerimento de um conjunto amplo de dados como, medidas de saldo de radiação (R_n), fluxo de calor no solo ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$), temperatura ($^{\circ}C$), e umidade do ar (%), pressão atmosférica (kPa), e velocidade do vento a 2 m de altura ($m.s^{-1}$), impõe obstáculos à sua difusão (MENDOZA et al., 2016).

Dentre os métodos de estimativas, existem os conhecidos como empíricos que são o resultado entre os elementos meteorológicos e a evapotranspiração, ambos medidos sob condições padronizadas. Entretanto há os métodos combinados que reúnem os efeitos do balanço de energia e o poder evaporante do ar (SYPERRECK et al., 2008).

Os métodos empíricos para a estimativa da evapotranspiração são bastante utilizados em áreas onde o clima é seco ou semiárido, devido ao uso de uma menor quantidade de variáveis climáticas e meteorológicas, os tornando mais simples as suas aplicações e de grande significância, tendo em vista que se tem grandes déficits hídricos ao longo do ano, sendo este fator, um grande empecilho à produção agrícola. (DE AN HENRIQUE, 2007).

A ocorrência de grandes períodos de estiagens na região semiárida brasileira, associada à alta disponibilidade de energia, favorece a redução do nível de água nos reservatórios tornando a agricultura de sequeiro uma atividade de alto risco. Tendo o conhecimento da distribuição espacial e temporal da transferência de vapor d'água para a atmosfera facilita bastante o estabelecimento de políticas visando o uso racional da água (SANTOS et al., 2010).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência - E_{To} propostos por Priestley-Taylor, Hargreaves e Ivanov em relação ao método da FAO Penman-Monteith, para a região de Mossoró, Rio Grande do Norte.

METODOLOGIA

Foram utilizados registros meteorológicos diários cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação a qual os dados foram vinculados situa-se em Mossoró,

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Rio Grande do Norte (Latitude: -4.904087° Longitude: 37.366943°, 29 metros), referentes ao período de 01 Janeiro de 2008 à 31 de dezembro de 2013. Utilizaram-se dados diários de temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade de vento, radiação solar.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) através do método de Penman-monteith proposto por Allen et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \times \Delta(Rn - G) + \gamma \times \frac{900}{T_m + 273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times U_2)}$$

Em que: ET_o - evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); - declividade da curva de pressão de vapor na saturação versus temperatura do ar (kPa °C⁻¹); R_n - saldo de radiação na superfície do cultivo (MJ m⁻² d⁻¹); G - fluxo total de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ - coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹); U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s - pressão de vapor na saturação (kPa); e_a - pressão de vapor atual (kPa);

O método de Priestley-Taylor é um método, baseado no método original de Penman onde se retém o termo radiativo corrigido por um coeficiente, o qual considera que a ET_o é proveniente do termo aerodinâmico, ou seja, do poder evaporante do ar, é uma porcentagem da ET_o condicionada pelo termo energético. Assim, mesmo levando em consideração o balanço de energia.

$$ET_o = 1,26 \times W \times (Rn - G) / \lambda$$

W = fator de ponderação dependente da temperatura do ar (T); R_n = saldo diário de radiação; G = fluxo de calor no solo diário; λ: calor latente de vaporização a 20°C (2,45 MJ. kg⁻¹); W: fator de ponderação em função da temperatura (T) e do coeficiente psicrométrico. Pode ser calculado segundo as seguintes equações (W = 0,407 + 0,0145 T para 0 °C < T < 16 °C ou W = 0,483 + 0,0116 T para T > 16 °C).

A expressão que segue mostra o modelo de estimativa da ET_o proposto por Ivanov, de acordo com Jensen (1973):

$$ET_o = 0,006(25 + T_{méd})^2 \left(1 - \frac{UR_{méd}}{100}\right)$$

Em que: ET_o = Evapotranspiração de referência por Ivanov (mm dia⁻¹); T = Temperatura média do ar (°C); UR = Umidade relativa média do ar (%).

O método proposto de Hargreaves-Samani é uma alternativa para situações em que não se têm dados medidos de radiação solar à superfície, umidade relativa do ar e velocidade do vento:

$$ET_o = 0,0023R_o(T_{max} - T_{min})^{0,5} \times (T + 17,8)$$

Em que: E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_o = radiação solar extraterrestre ou no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹); $T_{máx}$ = temperatura máxima diária (°C); $T_{mín}$ = temperatura mínima diária (°C).

Os valores de E_{To} determinados pelo modelo de Penman-Monteith foram comparados com os obtidos pelos demais modelos, utilizando análise de correlação e regressão linear para obtenção dos coeficientes da equação ($Y = a + bx$) e do coeficiente de determinação (R^2). Para a exatidão dos métodos empíricos, foi realizada a análise para a determinação do índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985), do índice de desempenho (c) e da estimativa do erro padrão (EEP), descrita por Allen et al. (1986), e os valores do índice “ c ”, interpretados de acordo com a Tabela 1 (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

$$d = 1 - \left[\sum_{i=0}^n \frac{(E_i - O_i)^2}{(|E_i - O_i| + |O_i - O_i|)^2} \right]$$

Onde: d = coeficiente de concordância; E_i = evapotranspiração estimada pelo método testado (mm); O_i = evapotranspiração estimada pelo método padrão (mm); O = média dos valores observados pelo método padrão (mm).

Para estimar a confiabilidade das equações, foi testado o índice de confiança “ c ” proposta por Camargo e Sentelhas (1997) descrito da seguinte forma:

$$c = d \times r$$

Em que: c = índice de desempenho; d = índice de concordância proposto por Willmott et al., (1985); r = índice de Pearson.

Para estimativa de erro padrão têm-se a seguinte equação:

$$EEP = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}}{n-1}$$

Em que: EEP = Estimativa do erro padrão, em mm dia⁻¹; O_i = valores estimados pelo método padrão, em mm dia⁻¹; E_i = corresponde aos valores estimados pelos métodos comparados ao padrão, em mm.dia⁻¹; n = número de observações.

A confiabilidade c , proposto por Camargo e Sentelhas (1997), é interpretado de acordo com os referidos autores pela tabela 1, demonstrando o desempenho de cada método.

Tabela 1: Avaliação do desempenho pelo índice “c”, Sentelhas e Camargo (1997).

Valores de c	Desempenho
> 85	Ótimo
$0,76 < c < 0,85$	Muito Bom
$0,66 < c < 0,75$	Bom
$0,61 < c < 0,65$	Mediano
$0,51 < c < 0,60$	Sofrível
$0,41 < c < 0,50$	Mau
$\leq 0,40$	Péssimo

DESENVOLVIMENTO

Pareira et al., (2015) enfatiza que para um eficiente manejo e planejamento da irrigação, bem como o uso eficiente dos recursos hídricos, a equação de Penman-Monteith é considerada o método padrão servindo assim para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) e como base de estudos para validação de outras equações.

Keiiti e Lopes (2017) relatam que embora as vantagens de exatidão do método de estimativa de Penman-Monteith-FAO, uma das principais desvantagens é a complexidade e elevado número de variáveis meteorológicas que é preciso para a efetuar o cálculo, exigindo a estações meteorológicas com sensores específicos, tornando a prática onerosa e inviabilizando o uso deste. Os mesmos autores ainda afirmam a importância de realizar estudos para a comprovação de métodos de estimativa da ET_o que sejam mais simples e demandem menor número de elementos meteorológicos, as quais se destacam as equações empíricas, implicando assim em menores custos de operação assim como facilitando o acesso para as pequenas propriedades.

Tagliaferre et al. (2012) avaliando o desempenho de algumas equações empíricas utilizadas para estimar a ET_o dos municípios de Anagé, Piatã e Ilhéus, na Bahia, verificaram que os melhores métodos foram Blaney-Criddle, Penman Modificado - FAO 24, Radiação FAO 24, Turc, PriestleyTaylor e Hargreaves-Samani.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das comparações são mostrados na Tabela 2 e na Figura 1. Todos os métodos estudados apresentaram desempenho de mediano a muito bom. Entretanto os

métodos que apresentaram os melhores desempenhos foi o de Ivanov e Priestley-Taylor, com base nas variáveis descritas, as quais foram ($R^2 = 0,7368$; $r = 0,8583$; $d = 0,8992$; $c = 0,7718$) e (EEP = $0,7543 \text{ mm. Dia}^{-1}$; $R^2 = 0,6479$; $r = 0,8049$; $d = 0,8758$; $c = 0,7049$) e os desempenhos de acordo com o índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985) foi “Muito bom” e “Bom” respectivamente.

Junior (2008) encontrou resultados próximos ao desse trabalho em termos de números, quando estimou a ETo pelo método de Ivanov na cidade de Limoeiro do Norte – CE, onde os valores encontrados foram: índice de desempenho = $0,62$; correlação = $0,79$; índice de concordância = $0,78$; índice de desempenho = $0,62$, porém a classificação foi “mediana”. Em Bom Jesus – PI, Lucena et al (2016) usando o método de Priestley-Taylor, obtiveram índice de desempenho classificado como “ótimo”.

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) e índice de confiança (c) na escala diárias para o período anual, 01 Janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2013., para o município de Mossoró - RN

VARIÁVEIS					
Métodos	R^2	r	d	c	Desempenho
HS	0,6441	0,8025	0,7929	0,6363	Mediano
IVANOV	0,7368	0,8583	0,8992	0,7718	Muito Bom
PT	0,6479	0,8049	0,8758	0,7049	Bom

Para o método de HS obteve-se um desempenho de “mediano” e apresentou os índices: ($R^2 = 0,6441$; $r = 0,8025$; $d = 0,7929$; $c = 0,6363$) contidos na tabela 2. Mendoza et al., (2016) avaliando este método para a região de São Luís – MA também encontrou resultados parecidos no qual o levou a classificar o método com mediano nas condições testadas.

Santos et al., (2012) para o método de Hargreaves-Samani na mesma região, ou seja, Mossoró, encontrou desempenho muito bom para os meses de janeiro, março, abril, maio, junho e dezembro. Os mesmo autores afirmaram que o método de Hargreaves-Samani apresentou o melhor desempenho, sendo possível indicá-lo para ser usado na região de Mossoró/RN.

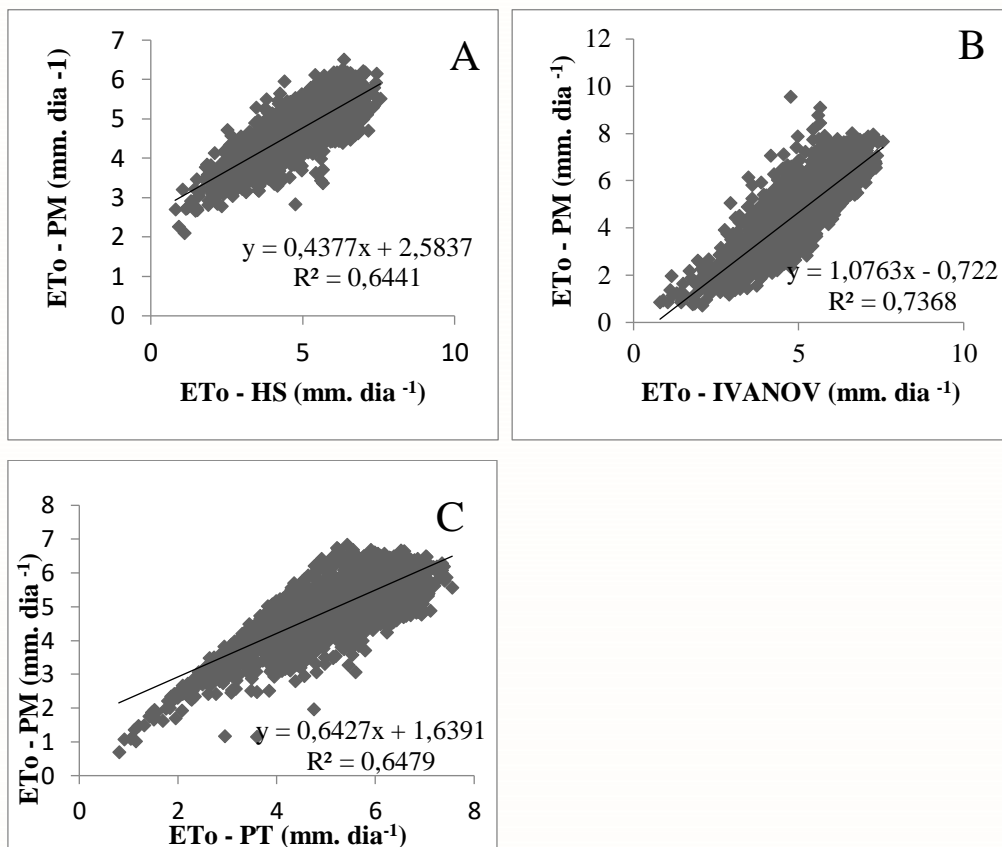


Figura 1. Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pela comparação dos métodos de Hargreaves-Samani (A), Ivanov (B), Priestley-Taylor (C) com o método padrão, Penman-Monteith, no período anual, 01 Janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2013 para o município de Mossoró – RN.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os métodos avaliados e nas condições testadas, todos podem ser indicados para estimar a ETo de referência para a região.

Dentre os métodos avaliados verificou-se que o melhor desempenho foi obtido com o método de Ivanov com base no índice de confiança “c”, e nas demais variáveis estimadas. Portanto o mesmo é o mais indicado para estimar a Evapotranspiração de referência para a região de Mossoró – RN

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 300p. (Irrigation and Drainage, n.56). 1998.

CAMARGO, A. P., SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, nov, 1997.

DE AN HENRIQUE, F. D., RENILSON T. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v. 11, n. 6, 2007.

FERRAZ, R. C.; Estimativa da evapotranspiração de referência utilizando redes neurais artificiais para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Tecnológica**. v.23, p.25-31, 2014.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

IDE, A. K.; SILVA, C. L. MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS CANAIS DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 526-539, 2017.

JENSEN, M.E. Consumptive use of water and irrigation water requirements. New York: **American Society of Civil Engineers**, 1973. 215p.

LIMA JUNIOR, F. E. B. de. **Análise comparativa da evapotranspiração de referência estimada por diferentes métodos em Limoeiro do Norte, Ceará**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MENDOZA, Christian José; MENEZES, Ronaldo Harold; DIAS, Antonio Solon. ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES MÉTODOS PARA O MUNICÍPIO DE SÃO LUIS--MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 3, 2016.

PEDROSA DE LUCENA, Filipe Augusto et al. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 3, 2016.

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

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), Mossoró-RN.

SANTOS, Wesley Oliveira et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de Referência (Eto) para a região de Mossoró-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5, p. 210-221, 2012.

TAGLIAFERRE, C. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 136-143, 2012

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5. p.8995-9005, 1985.