

Área de submissão: (Recursos Hídricos; Engenharia Agrícola; Climatologia; Tecnologia Rural)

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR
DIFERENTES MÉTODOS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA,
PARAÍBA**

Denis Miranda Lopes¹, Nardiele de Souza Souto Freitas¹, Inara da Silva Araujo¹, Victor Coelho do Nascimento¹, Pérciles de Farias Borges², Lazaro de Souto Araujo²

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: denismlopes96@gmail.com

²Docente da Universidade Federal da Paraíba. Campus II. CCA. Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais. Setor de Matemática e Estatística. Areia-PB.

Fonte de Financiamento: CAPES/CNPQ/UFPB

RESUMO

A evapotranspiração de referência é uma ferramenta muito importante na determinação de disponibilidade de recursos hídricos e caracterização climática. Para facilitar a obtenção da ET_0 são usados como alternativa, métodos empíricos, os quais são baseados em apenas alguns dados climáticos. O objetivo deste trabalho é, analisar o grau de precisão de três métodos empíricos de estimação da ET_0 , correlacionando com o método padrão de Penman-Monteith, para cidade de João Pessoa-PB no ano de 2011, indicando qual o mais preciso. Os valores de evapotranspiração de referencia (ET_0), foram estimados pelas equações de Penman-Monteith, Jensen, Hargreaves, e Makkink utilizando dados climáticos da estação do INMET. Para se determinar o método alternativo de maior ajuste ao método padrão, foi utilizado os parâmetros: coeficientes de determinação (R^2); índice de concordância (d), Índice de correlação de Pearson (r) e índice de confiabilidade (c). Para a cidade de João Pessoa os métodos que mostraram o melhor desempenho quando correlacionados com o método de Penman-Monteith, no ano analisado foram o de Jensen-Haise e Makkink. O método de Heagreaves foi o que apresentou os piores indicadores estatísticos. Os métodos de Jensen e Makkink são indicados para estimativa de evapotranspiração de referencia na cidade de João Pessoa diferente do método de Heagreaves que não se demonstrou preciso na avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos Hídricos, Penman-Monteith, Correlação,

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) é a perda de água pelos processos de evaporação e transpiração que ocorrem simultaneamente do sistema solo-planta para atmosfera. Como processo oposto à precipitação atua compondo o ciclo hidrológico (DENSKI, 2015).

A Evapotranspiração de referência (ET_0) é a mensuração da taxa de evapotranspiração (ET) para culturas de referência, a partir de dados climáticos. Sua quantificação é a base para um bom manejo dos recursos hídricos no campo, possibilitando calcular a demanda de água para determinada cultura através de seu coeficiente (K_c) e planejar a irrigação de maneira adequada (DEBNATH et al., 2015)

De acordo com Dantas (2018), o regime pluviométrico em algumas regiões da Paraíba é irregular. Nessas regiões a aplicação de irrigação para as culturas é indispensável. Para se obter uma produção agrícola sustentável é necessário que se planeje a irrigação de modo que se reponha a quantidade de água necessária para atender a demanda hídrica. Uma das formas de definir e quantificar essa necessidade é a estimativa da evapotranspiração

A mensuração direta da evapotranspiração não é simples, por isso, muitos métodos matemáticos foram desenvolvidos utilizando as variáveis climáticas para estimativa da ET_0 . O método aceito pela FAO como método padrão é o de Penman-Monteith que engloba grande quantidade de variáveis climáticas. Para facilitar a obtenção da ET_0 são usados como alternativa outros métodos empíricos, baseados em menor número de dados climáticos, mais simples de utilizar, embora não recomendados para todas as regiões (BACK, 2008).

O objetivo deste trabalho é, analisar o grau de precisão de três métodos empíricos de estimativa da ET_0 , correlacionando com o método Penman-Monteith, para cidade de João Pessoa-PB no ano de 2011, indicando qual o mais preciso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo da evapotranspiração de referência foram utilizados dados meteorológicos diários para o ano de 2011, que foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica 82798 da cidade de João Pessoa-PB, latitude: -7.10, longitude: -34.87 e altitude: 7.43m. Os dados meteorológicos coletados do INMET foram: Temperatura instantânea, máxima e mínima (°C); umidade relativa instantânea, máxima e mínima (%); temperatura do ponto de orvalho instantânea, máxima e mínima (°C); pressão instantânea, máxima e mínima (hPa); Velocidade do vento (m/s) e radiação global (kJ/m²).

Para o cálculo da evapotranspiração foi utilizado o software PMday com base na plataforma do Excel, no qual foi utilizado os dados meteorológicos e dados sobre as estações meteorológicas como a latitude, longitude e altitude.

Os valores de evapotranspiração de referência (ET_0) diária foram estimados pelas equações de Penman-Monteith (Eq.1), Jensen (Eq.2), Hargreaves (Eq.3), e Makkink (Eq.4),

Método de Penman-Monteith:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_{med} + 273} \right) U_{2m} (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_{2m})} \quad (\text{Eq.1})$$

Método de Jensen:

$$ET_0 = R_S * (0,025T + 0,078) \quad (\text{Eq.2})$$

Método de Hargreaves:

$$ET_0 = 0,0023R_0 (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} * (T + 17,8) \quad (\text{Eq.3})$$

Equação de Makkink:

$$ET_0 = 0,61 * W * R_s - 0,12 \quad (\text{Eq.4})$$

Em que: ET_0 = evapotranspiração de referência diária (mm dia^{-1}); R_n = saldo de radiação à superfície (MJ m^{-2}); G = fluxo de calor no solo (MJ m^{-2}), considerado nulo para período diário; T_{med} = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); U_{2m} = velocidade média diária do vento a 2 metros de altura (m s^{-1}); e_a = pressão parcial do vapor d'água (kPa) média diária; e_s = pressão de saturação do vapor d'água (kPa) média diária; Δ = inclinação da curva de pressão de saturação de vapor d'água ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ = é o fator psicrométrico ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$); T = temperatura média do período ($^{\circ}\text{C}$); R_o = radiação solar extraterrestre ou no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); $T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$); $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$); R_s = radiação solar global (MJ m^{-2}) e; W = fator de ponderação que depende da temperatura do bulbo molhado (T_u).

Análise dos dados

Os dados foram submetidos a análise de regressão linear entre os métodos alternativos de Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Makkink com o método de Penman-Monteith, utilizando as estimativas da evapotranspiração de referência.

Para se determinar o método alternativo de maior ajuste ao método padrão, foi utilizado os parâmetros: coeficientes de determinação (R^2); índice de concordância (d); Índice de correlação de Pearson (ρ); e índice de confiabilidade (c), calculados na plataforma excel. 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).

Valor de c	Desempenho
$c > 85$	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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cidade de João Pessoa (Tabela 2) os métodos que mostraram o melhor desempenho quando correlacionados com o método de Penman-Monteith, no ano analisado, de acordo com o critério sugerido por Sentelhas & Camargo (1997), foram os métodos de Jensen, com um desempenho “Ótimo”, com confiabilidade de 0,97; correlação com o método padrão de 0,98 e coeficiente de determinação de 0,96, com boa modelagem ao método padrão (Figura 1). Na sequência ficou o método de Makkink, com índice de confiabilidade de 0,96 demonstrando também um desempenho “Ótimo” para a análise com coeficiente de determinação de 0,95 e correlação de 0,96.

Tabela 2: Indicadores estatísticos da correlação dos modelos empíricos com o método padrão Penman Monteith para o ano de 2011, João Pessoa-PB.

Método	R ²	d	r	c	Desempenho
Jensen	0,96	0,9903	0,9803	0,9707	Ótimo
Hargreaves	0,40	0,7483	0,6337	0,4742	Mau
Mankkink	0,95	0,9887	0,9769	0,9659	Ótimo

Tais resultados corroboram com aqueles obtidos por Hallal (2013), que em suas análises, desempenhos satisfatórios foram obtidos da correlação feita para os mesmos métodos deste estudo, Mankkink, e Jensen-Haise, com o método de Penman-Monteith. Segundo Rosemberg et al. (1983), o método de Mankkink apresenta bons resultados em climas úmidos, no entanto, em regiões áridas não são observados resultados satisfatórios.

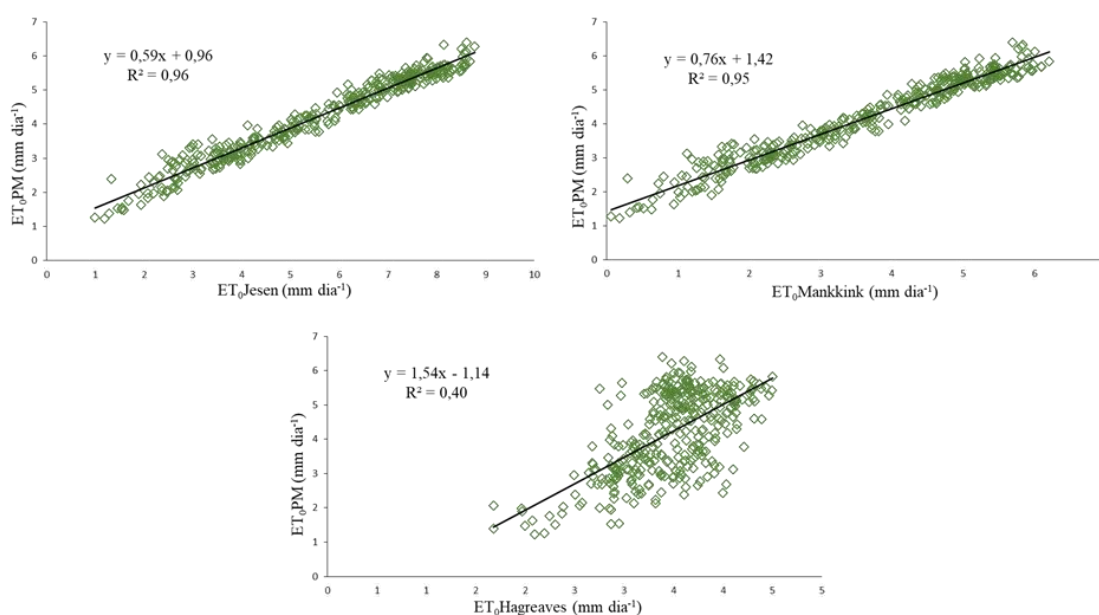


Figura1:Gráfico de dispersão da correlação entre o método de Penman-Monteith e os métodos empíricos de Jensen, Hargreaves e Mankkink na cidade de João Pessoa-PB, no ano de 2011.

O método de Hargreaves foi o que apresentou os piores indicadores estatísticos chegando a apresentar um “Mau” desempenho, coeficiente de determinação de 0,40 e correlação de 0,63, indicando que esse método não possui uma boa confiabilidade para estimar a evapotranspiração de referência quando comparado com o método de Penman-Monteith para João Pessoa.

Em seu trabalho, Valipour (2015), obteve resultados diferentes, em que o método de Hargreaves apresentou um R² de 0,99 produzindo resultados satisfatórios em estimar a evapotranspiração de referencia quando comparado com o método padrão, demonstrando que o método pode ser utilizado para determinadas regiões.

Como o método de Hargreaves utiliza basicamente dados de temperatura, e amplitude térmica, ele tende a subestimar os valores de ETo para regiões em climas ou

períodos úmidos, como no caso da cidade de João Pessoa que tem clima tropical úmida em região litorânea.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados expostos, pôde ser observado que o método de Jensen e Makkink demonstraram precisão na estimativa da ET_0 , sendo indicado a sua utilização para a estimativa da ET_0 para cidade de João Pessoa.

O método de Hargreaves apresentou baixa correlação com o método de estimativa padrão, com isso não se indica sua utilização para a estimativa da ET_0 para cidade de João Pessoa.

REFERÊNCIAS

BACK, A. J. Desempenho de Métodos Empíricos Baseados na Temperatura do Ar Para a Estimativa da Evapotranspiração De Referência em Urussanga, SC. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 449-466, 2008.

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, 1997.

DEBNATH, S.; ADAMALA, S.; RAGHUWANSHI, N. S. Sensitivity Analysis of FAO-56 Penman-Monteith Method for Different Agro-ecological Regions of India. **Environmental Processes**, v. 2, n. 4, p. 689-704, 2015.

DANTAS, G. F; OLIVEIRA, V. M. R; DALRI, A.B; PALARETTI, L.F; SANTOS, M.G; FARIA, R.T. Desempenho de Métodos na Estimativa de Evapotranspiração de Referência Para o Estado da Paraíba, Brasil. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 481, 2018.

DENSKI, A. P. N.; BACK, Á. J. Aderência de Distribuições de Probabilidades aos Dados de Evapotranspiração de Referência Decendial (Grib's Distribution Probabilities of Evapotranspiration data to Decendial Reference). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015

HALLAL, M. C.; BRIXNER, G.F; SCHOFFEL, E.R; RADUNZ, A.L. Estimativa Da Evapotranspiração De Referência E Sua Relação Com A Precipitação Ocorrida Na Região De Pelotas-Rs1. **Irriga**, V. 18, N. 1, P. 85, 2013.

ROSEMBERG, N. J.; BLADE, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1983. 495 p.

VALIPOUR, M. Temperature analysis of reference evapotranspiration models. **Meteorological Applications**, v. 22, n. 3, p. 385-394, 2015.