

Denise dos Santos Vila Verde
Luanna Alves Miranda
Isaquiél de Moura Ribeiro Azevedo
Silmare Nogueira do Nascimento Pereira
Schirley Costalonga
Organizadores

Produção Vegetal na Agronomia: abordagens e aplicações

Volume 2

 **Wissen**
editora
Teresina-PI, 2025

©2025 by Wissen Editora
 Copyright © Wissen Editora
 Copyright do texto © 2025 Os autores
 Copyright da edição © Wissen Editora
Todos os direitos reservados

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editores Chefe: Dr. Junielson Soares da Silva
 Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira
 Dra. Denise dos Santos Vila Verde
 Dra. Adriana de Sousa Lima

Projeto Gráfico e Diagramação: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Imagem da Capa: Canva

Edição de Arte: Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

Revisão: Os autores
 Os Organizadores

Informações sobre a Editora

Wissen Editora

Homepage: www.editorawissen.com.br

Teresina – Piauí, Brasil

E-mails: contato@wisseneditora.com.br

wisseneditora@gmail.com

Siga nossas redes sociais:



@wisseneditora

CAPÍTULO 17

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE TERESINA, PIAUÍ, POR MÉTODOS EMPÍRICOS

Gonçalves Albino Dauala   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Renato Oliveira de Sousa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ramón Yuri Ferreira Pereira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Selma Maria Dias de Moraes Costa   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Vânia Maria Gomes da Costa Lima   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Ana Alice Salmito Nolêto de Campos Ferreira   
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Edson Alves Bastos   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

Aderson Soares de Andrade Júnior   
Embrapa Meio-Norte e Universidade Federal do Piauí, Brasil

DOI: 10.52832/wed.169.978 

Resumo: A estimativa da evapotranspiração da referência (ET_o) é fundamental para o manejo eficiente da irrigação na agricultura. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo estimar a ET_o utilizando métodos empíricos de Hargreaves e Samani, Andrade Júnior e Tanque Classe A, comparando-os ao método padrão Penman-Monteith FAO 56, na escala diária, com o intuito de identificar métodos que apresentam melhor desempenho para às condições climáticas do município de Teresina, Piauí. Foram utilizados dados meteorológicos diários, referentes a um ano, obtidos da Embrapa Meio-Norte, incluindo temperaturas máxima, média e mínima do ar (°C), insolação (horas), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻²), pressão atmosférica (mbar) e evaporação do Tanque Classe A (mm). Para a comparação entre os métodos, foram aplicados indicadores estatísticos como coeficiente de determinação (R²), correlação linear de Pearson (r), erro absoluto médio (EAM), raiz do erro quadrático médio (REQM), erro percentual médio (EPM) razão entre as médias (RM) índice de concordância (d) e índice de desempenho (ICS). Os resultados indicaram que o método de Andrade Júnior apresentou o melhor desempenho na estimativa da ET_o para às condições climáticas de Teresina, enquanto os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A apresentaram desempenho classificado mediano e insatisfatório, respectivamente, revelando limitações na acurácia das estimativas de ET_o em relação ao método padrão. Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas para validar e generalizar os resultados deste trabalho.

Palavras-Chave: Métodos empíricos. Penman-Monteith-FAO 56. Manejo da irrigação. Demanda hídrica de cultivos.

1 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) desempenha um papel fundamental no balanço hídrico agrícola, sendo amplamente utilizada no dimensionamento de sistemas de irrigação, no planejamento do manejo da água e em estudos de produtividade de culturas (Paca *et al.*, 2019; Turcato; Minuzzi, 2024). A ET_o representa a evapotranspiração de uma cultura hipotética, caracterizada por altura padrão de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23, sob condições ideais, sem limitações hídricas e livres de doenças e pragas (Muhammad *et al.*, 2019; Paca *et al.*, 2019). A estimativa precisa da ET_o é essencial em regiões semiáridas, como Teresina, Piauí, onde o déficit hídrico e a variabilidade climática impõem desafios consideráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas para estimativa da ET_o, diferenciando-se quanto à complexidade e quantidade de dados meteorológicos exigidos. Essas metodologias são comumente classificadas em diretas e indiretas (Barro *et al.*, 2019). A lisimetria é o método tradicional de medição direta, podendo ser realizada por meio de lisímetros de pesagem, de drenagem ou lençol freático constante (Sales *et al.*, 2017). Ainda segundo os autores, as medições diretas apresentam custos elevados, demandam equipamentos sofisticados e exigem mão de obra altamente especializada, o que as torna inviáveis para utilização pelos produtores. Assim, sua aplicação fica geralmente restrita à calibração e validação de métodos indiretos.

Dentre os métodos indiretos, destacam-se os empíricos, os baseados no balanço hídrico, os aerodinâmicos, os de balanço de energia, os combinados, a razão de Bowen, a correlação de turbilhões e, mais recentemente, aqueles baseados em sensoriamento remoto, utilizando imagens de satélite ou drones (Sales *et al.*, 2017; Muhammad *et al.*, 2019). Entre esses, destaca-se o método combinado de Penman-Monteith (PM) padronizado pelo Boletim FAO-56, amplamente reconhecido como o mais confiável para a estimativa da ETo (Barro *et al.*, 2019; Mota *et al.*, 2020; Turcato; Minuzzi, 2024). O método PM-FAO 56 apresenta alta correlação com os valores obtidos por lisimetria, sendo utilizado como referência para calibração de outros métodos indiretos (Sales *et al.*, 2017; Paca *et al.*, 2019). Contudo, sua aplicação diária exige a coleta de diversas variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar, saldo de radiação, fluxo de calor no solo e insolação, as quais nem sempre são integralmente registradas nas estações meteorológicas (Santos *et al.*, 2021).

Diante da limitação na disponibilidade de dados meteorológicos, o uso de métodos empíricos que requerem um número reduzido de variáveis de entrada tem se tornado uma prática recorrente (Mota *et al.*, 2020). Entre esses métodos, destacam-se aqueles baseados apenas na temperatura do ar, como os propostos por Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (1950) e Hargreaves e Samani (1985); os que combinam temperatura e umidade relativa, como o método de Andrade Júnior (2003); além do método baseado na evaporação observada no Tanque Classe A (Mota *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021; Gomes Júnior *et al.*, 2024).

Os métodos de Thornthwaite (1948) e Blaney-Criddle (1950) são tradicionalmente recomendados para a estimativa da ETo na escala mensal. Por sua vez, os métodos de Hargreaves e Samani (HS, 1985), Andrade Júnior (AJ, 2003) e o Tanque Classe A (TCA) são mais indicados para estimativas diárias da ETo (Nandorf1, et al., 2020; Turcato e Minuzzi, 2024). O método de HS (1985) foi desenvolvido e calibrado para condições semiáridas da Califórnia, utilizando como variáveis de entrada a temperatura do ar e a radiação no topo da atmosfera (Santos *et al.*, 2021). Por outro lado, o método de AJ (2003) foi ajustado especificamente para as condições climáticas das cidades de Teresina e Parnaíba, baseando-se em dados de temperatura do ar e umidade relativa (Mota *et al.*, 2020). Já o método TCA destaca-se por sua simplicidade operacional e ampla utilização em diferentes regiões, sendo uma alternativa prática para a estimativa da ETo, embora apresente menor precisão quando comparado a métodos que utilizam múltiplos parâmetros meteorológicos (Nandorf1 *et al.*, 2020).

Entretanto, considerando que os métodos empíricos foram desenvolvidos sob condições climáticas e agronômicas específicas, que frequentemente diferem da realidade local, torna-se fundamental comparar seu desempenho em relação ao método padrão PM-FAO 56 (Gomes Júnior

et al., 2024). Ainda segundo os autores, a comparação visa avaliar a acurácia e a aplicabilidade local dos métodos simplificados, além de minimizar possíveis erros sistemáticos de subestimação ou superestimação da ETo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estimar a ETo utilizando métodos empíricos de Hargreaves e Samani, Andrade Júnior e Tanque Classe A, comparando-os ao método padrão de PM-FAO 56, na escala diária. Busca-se, com isso, identificar métodos que apresentam melhor desempenho para às condições climáticas do município de Teresina, Piauí, visando subsidiar o planejamento agrícola e promover o manejo eficiente da irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Teresina, Piauí, apresenta clima do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com a estação chuvosa concentrada no verão. Por outro lado, de acordo com a classificação de Thornthwaite e Mather (1995), o clima da região é definido como tropical subúmido seco e megatérmico (Andrade Júnior *et al.*, 2004; Bastos; Andrade Júnior, 2008).

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados meteorológicos diários de Teresina, correspondentes a um ano, disponibilizados pela Embrapa Meio-Norte. Os dados incluíram temperatura máxima, média e mínima do ar (°C), insolação (horas), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento a 2 metros de altura (m s^{-2}), pressão atmosférica (mbar) e evaporação medida pelo Tanque Classe A (mm). A qualidade dos dados utilizados foi validada pela Embrapa Meio-Norte e pelos autores, assegurando a confiabilidade das análises.

A estimativa da ETo foi realizada na escala diária, utilizando o método de PM-FAO 56 como padrão (Allen *et al.*, 1998), além dos métodos empíricos de Hargreaves e Samani (HS), Andrade Júnior (AJ) e Tanque Classe A (TCA). A ETo estimada por cada método empírico foi comparada à obtida pelo método padrão, por meio da análise de regressão linear. Na análise, os valores da ETo estimados por cada método empírico foram utilizados como variável dependente (Y), enquanto os valores da ETo calculados pelo método padrão PM-FAO 56 foram utilizados como variável independente (X), ajustando-se à equação linear do tipo: $Y = aX + b$.

Para análise de precisão entre os métodos avaliados (Y) e o método padrão (X) foram utilizados os seguintes indicadores estatísticos: erro absoluto médio (EAM) (Equação 1), raiz do quadrado médio do erro (RQME) (Equação 2), coeficientes de determinação (R^2), correlação linear de Pearson (r) (Equação 3), índice de concordância (d) proposto por Willmott *et al.* (1985) (Equação 4), cujos valores variam de 0,0 (nenhuma concordância) a 1,0 (concordância perfeita), conforme descrito por Camargo e Camargo (2000). O índice de desempenho (CS) de Camargo e

Sentelhas (1997), foi calculado pelo produto entre o (r) e índice (d), conforme a Equação 5. Além disso, o erro percentual médio (EPM) e a razão entre as médias (RM) foram determinados segundo as Equações 6 e 7, respectivamente.

Os indicadores estatísticos, assim como os gráficos foram calculados e elaborados com o auxílio do software Microsoft Office Excel® (2019). A interpretação do desempenho dos métodos, com base no índice CS, seguiu os critérios descritos na Tabela 1. Os critérios adotados para a comparação entre os métodos que melhor estimam a ETo em relação o método padrão PM-FAO 56 foram: coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e de determinação (R^2) mais próximos de 1, erro absoluto médio (EAM), raiz quadrada média do erro (RQME) e erro percentual médio (EPM) mais próximos de zero, razão entre as médias (RM) mais próxima de 100%, além dos valores dos índices de concordância (d) e o índice de desempenho (CS), também mais próximos de 1.

Tabela 1 – Interpretação do índice CS de Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de índice CS	Desempenho
> 0,85	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
< 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{med}) * (X_i - X_{med})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{med})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{med})^2}} \quad (\text{Equação 3})$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N [(X_i - Y_{med}) + (Y_i - Y_{med})]^2} \right] \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (\text{Equação 4})$$

$$ICS = r * d \quad (\text{Equação 5})$$

$$EPM = \frac{EAM}{X_{med}} * 100 \quad (\text{Equação 6})$$

$$RM = \frac{Y_{med}}{X_{med}} * 100 \text{ (Equação 7)}$$

Onde: EAM=erro absoluto médio. RQME= raiz do quadrado médio do erro. r = coeficiente de correlação linear de Pearson. d =índice de concordância de Willmott *et al.* (1985). Y_i = valores de ETo estimado pelos demais métodos (mm dia^{-1}). X_i =valores de ETo estimado por método padrão de Penman-Monteith-FAO 56. X_{med} = média dos valores de ETo estimados pelo método padrão de Penman-Monteith-FAO 56 (mm dia^{-1}). Y_{med} = média dos valores estimado de ETo por demais métodos. n =número de dias (365). EPM = erro percentual médio. RM = razão entre as médias (%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os índices estatísticos de desempenho referentes à análise comparativa entre os métodos empíricos de estimativa da ETo e o método padrão PM-FAO 56, na escala diária, para às condições climáticas de Teresina, Piauí. Os valores da ETo estimados pelo método PM variaram entre 2.512 e 8.326 mm dia^{-1} , com média (METo) de 5.292 mm dia^{-1} ao longo dos 365 dias avaliados. Para o método de Andrade Júnior (AJ), os valores oscilaram entre 3.036 e 6.280 mm dia^{-1} , com média de 4.433 mm dia^{-1} . No caso do método de Hargreaves e Samani (HS), a ETo variou de 1.760 a 7.308 mm dia^{-1} , com valor médio de 5.230 mm dia^{-1} . Por fim, o método do Tanque Classe A (TCA) apresentou estimativas variando entre 0.436 e 11.843 mm dia^{-1} , com média de 5.501 mm dia^{-1} .

O maior índice de concordância (d), foi observado na comparação entre PM x HS, enquanto o menor foi registrado entre PM x TCA. Os maiores valores dos coeficientes de determinação (R^2) e de coeficiente de correlação linear de Pearson (r) foram obtidos entre PM x AJ, ao passo que os menores ocorreram entre PM x TCA. Os menores valores do erro absoluto médio (EAM), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e do erro percentual médio (EPM) foram verificados entre PM x HS. Por outro lado, os maiores valores desses indicadores, bem como da razão entre as médias (RM), foram observados entre PM x TCA, seguidos de PM x

Os métodos de AJ e HS subestimaram a ETo em 0.859 mm dia^{-1} (16.24%) e 0.062 mm dia^{-1} (1.18%) respectivamente, enquanto o método de TCA superestimou a ETo 0.209 mm dia^{-1} (3.94%) em relação ao método padrão PM. Esses resultados estão relacionados aos valores relativamente elevados (mais distantes de zero) dos indicadores EAM, RQME e EPM, além de RM superiores/inferiores a 100%. Tais fatores contribuíram para a redução do desempenho dos métodos avaliados, refletindo em menores valores do índice CS (ICS) na escala diária, para às condições climáticas de Teresina.

Tabela 2 - Indicadores estatísticos das estimativas diárias da evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) para às condições climáticas de Teresina, Piauí.

Método	EPM	RM	R ²	r	EAM	RQME	d	ICS	Desempenho ⁽¹⁾	METo
PM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.292
AJ	17.27	83.76	0.749	0.866	0.914	1.067	0.765	0.662	Bom	4.433
HS	11.30	98.82	0.558	0.747	0.598	0.802	0.829	0.619	Mediano	5.230
TCA	19.95	103.94	0.385	0.621	1.056	1.407	0.748	0.464	Mau	5.501

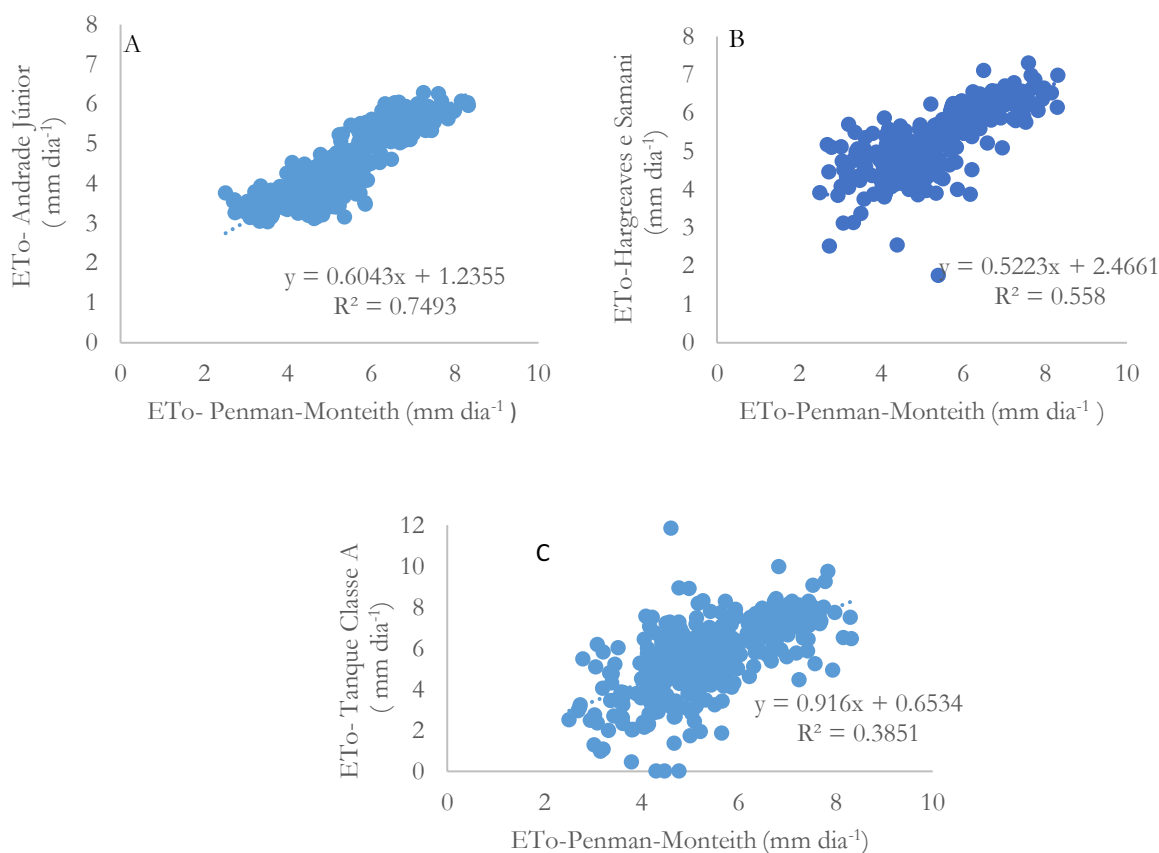
METo – valor médio ET_o (mm.dia⁻¹). PM - Penman-Monteith FAO 56. AJ = Andrade Júnior. HS - Hargreaves-Samani. TCA = Tanque Classe A. Desempenho ⁽¹⁾ do índice CS de Camargo e Sentelhas (1997).

Fonte: Autores, 2025.

O método Tanque Classe A (TCA) apresentou desempenho classificado como “mau”, devido aos elevados valores de EAM, RQME e EPM, além de RM superior a 100%. Esses resultados foram acompanhados por baixos coeficientes de determinação (R²) e de correlação linear de Pearson (r), indicando fraca precisão do método na estimativa da ET_o ao longo da série de dados analisada. Conforme ilustrado na Figura 1C, o método TCA mostrou a maior dispersão entre os dados, com pontos significativamente afastados da linha de tendência e da reta 1:1, revelando uma fraca correspondência entre os valores estimados e observados. Essa expressiva dispersão, associada ao fraco desempenho estatístico, reforça a inadequação do método às condições climáticas de Teresina, resultando em sua baixa eficácia.

O fraco desempenho do TCA já era esperado, conforme apontado por Carlesso et al. (2007), que ressaltam sua baixa precisão, com medições que frequentemente superestimam ou subestimam os valores acumulados da ET_o, comprometendo a acurácia das estimativas de evapotranspiração das culturas. De acordo com Mantovani *et al.* (2013), o método TCA apresenta limitações técnicas importantes, gera resultados menos confiáveis do que aqueles obtidos por métodos baseados em temperatura do ar e umidade relativa. Ainda assim, o método TCA permanece como uma ferramenta útil em áreas com restrições tecnológicas, devido à sua simplicidade operacional, baixo custo, longa série histórica de dados e precisão aceitável quando corretamente manejado (Allen *et al.*, 1998).

Figura 1- Evapotranspiração de referência (ET_o, mm dia⁻¹) estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 e pelos métodos empíricos avaliados, na escala diária para às condições climáticas de Teresina, Piauí.



Fonte: Autores, 2025.

Em relação o método de Hargreaves e Samani (HS) apresentou desempenho classificado como “mediano” devido aos menores valores de EAM, RQME, EPM e RM próximo a 100%, além de maior índice (d) e uma dispersão intermediária dos dados (Figura 1B), quando comparado ao método TCA. Tal desempenho pode ser explicado pelo número reduzido de variáveis exigidas pelo método, que se baseia apenas nas temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e na radiação no topo da atmosfera para estimar a ET_o (Santos *et al.*, 2021). Além disso, os resultados também podem estar associados à série de dados meteorológicos utilizada no estudo, a qual corresponde a apenas um ano de observações, o que pode limitar a representatividade das condições climáticas do local de estudo. Considerando as condições climáticas de Teresina, observou-se que a umidade relativa média do ar no período analisado (365 dias) foi de 67,3%, inferior à média histórica de 72,6% (Bastos; Andrade Júnior, 2008). Essa diferença ajuda a explicar as discrepâncias entre os resultados obtidos com o método HS e aqueles gerados pelo método padrão PM-FAO-56. Por ter sido originalmente desenvolvido para regiões semiáridas, o método HS tende a superestimar a ET_o em ambientes mais úmidos (Mota *et al.*, 2020). Adicionalmente, a temperatura mínima média

registrada no período analisado foi de 22,6 °C e a máxima de 34 °C, valores ligeiramente inferiores aos históricos registrados para Teresina.

Resultados semelhantes foram relatados por Pilau *et al.* (2012), que também classificaram o desempenho do método HS como “mediano” nos municípios de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, no Rio Grande do Sul. Santos *et al.* (2021) obtiveram avaliação semelhante no município de Januária (MG), ao comparar o método com o PM-FAO 56, na escala diária. Em contrapartida, Mota *et al.* (2020) classificaram o desempenho do método HS como “mau” para as condições de Teresina-PI. Já Fanaya Júnior *et al.* (2012) relataram desempenho “ótimo” do método para estimativa da ETo diária em Aquidauana-MS, evidenciando que a performance do modelo pode variar significativamente conforme as condições climáticas locais.

Já, o método de Andrade Júnior (AJ) apresentou desempenho classificado como “bom”, resultado justificado pelos elevados valores dos (R^2) e (r), os quais indicam boa capacidade de estimativa da ETo para as condições de Teresina. Entretanto, o método apresentou valores relativamente altos do EAM, RQME e EPM, além de uma RM inferior a 100%, o que comprometeu parcialmente seu desempenho, refletindo em uma redução do valor do índice CS (ICS). O bom desempenho apresentado pelo método de AJ, pode ser atribuído ao fato ter sido desenvolvido especificamente para às condições climáticas das regiões de Teresina e Parnaíba (Andrade Júnior *et al.*, 2003). Além disso, o método utiliza na sua fórmula variáveis como a temperatura média do ar, umidade relativa e o déficit de saturação de vapor de água, que são determinantes no processo de evapotranspiração (Allen *et al.*, 1998). O bom desempenho do método AJ é visualmente confirmado na Figura 1A, onde se observa uma menor dispersão dos dados em comparação aos demais métodos avaliados.

Entretanto, o desempenho observado neste estudo difere parcialmente dos resultados relatados por Mota *et al.* (2020), que classificaram o método de AJ como “muito bom” na estimativa da ETo diária em Teresina-PI, quando comparado ao método padrão PM-FAO 56. Essa diferença de desempenho pode estar relacionada à série de dados meteorológicos utilizada no estudo, a qual corresponde a apenas um ano de observações, o que pode limitar a representatividade das condições climáticas do local de estudo. Ainda assim, entre os três métodos empíricos avaliados neste trabalho, o método de AJ destacou-se como o mais adequado para a estimativa da ETo para o município de Teresina. De maneira semelhante, Mota *et al.* (2020) também identificaram o método de AJ como o de melhor desempenho entre os métodos analisados para o município de Teresina, o que reforça os achados deste estudo.

4 CONCLUSÃO

O método de Andrade Júnior apresentou bom desempenho na estimativa da ETo para às condições climáticas de Teresina, Piauí, destacando-se como uma alternativa ao método padrão de Penman-Monteith FAO 56 desde que haja disponibilidade de dados de temperatura do ar e umidade relativa.

Por outro lado, os métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A apresentaram desempenho classificado, respectivamente, como mediano e insatisfatório, revelando limitações na acurácia da estimativa de ETo em relação ao método padrão.

Recomenda-se a realização de novos estudos com séries temporais mais longas e sob diferentes condições climáticas, visando à validação e generalização dos resultados obtidos neste trabalho.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimentos são dirigidos aos Pesquisadores e Professores Aderson Soares de Andrade Júnior e Edson Alves Bastos, da Embrapa Meio-Norte, pelo fornecimento dos dados meteorológicos, no âmbito das atividades curriculares da disciplina Relação Solo-Água-Planta-Atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 306 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; DA SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. (2004). **Atlas climatológico do estado do Piauí.** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 150 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 101).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A. A. G. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.
- BARROS, A. C., Da SILVA, F. F., ARAUJO, P. H. V., de MEDEIROS, P. R. F., Neto, J. A. L. Estimativa diária da evapotranspiração de referência por Hargreaves-Samani e ajuste de parâmetros para Alagoas. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 527-537, 2019.
- BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. **Boletim Agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, Piauí.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, 181).
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, 2000.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M da; HELDWEIN, A. B. **Usos e Benefícios da Coleta Automática de Dados Meteorológicos na Agricultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2007 165p.

FANAYA JÚNIOR, E. D.; LOPES, A. S.; OLIVEIRA, G. Q.; JUNG, L. H. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência para Aquidauana, MS. **Irriga**, v. 17, n. 4, 2012.

GOMES JUNIOR, F. D. A.; SOUZA, I. C.; SILVA, M. G.; FILHO, J. V.; MOURA, C. S.; VIEIRA, A. F. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para os municípios de Paulistana e Piri-piri no estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Later Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 13, n. 1-3, p. 1-16, 2024.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação princípios e métodos**. 3ª edição. Ed. UFV. 2013. 355 p.

MOTA, A P. R. CARVALHO, M. W. W.L. SANTOSS, L. F.A. CRUZ, N.T.M. SETUBAL, J.W. Branco.S.B.C. Evapotranspiração de referência para a região de Teresina, Piauí, Brasil por diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 14, n. 3, 2020.

MUHAMMAD, M. K. I.; NASHWAN, M. S.; SHAHID, S.; ISMAIL, T. B.; SONG, Y. H.; CHUNG, E. S. Evaluation of Empirical Reference Evapotranspiration Models Using Compromise Programming: A Case Study of Peninsular Malaysia. **Sustainability**, v.11, p.426, 2019.

NANDORF, R. J., FEISBERTO, R. T., GARCIA, A. D. B., VIEIRA, G. H. S., VIEIRA, P. A. L. M., NETO, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de Referência no Oeste Baiano e Mesorregião Paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 3, p. 4058-4070, 2020.

PACA, V. H. M. da; ESPINOZA-DÁVALOS, G. E.; HESSELS, T. M.; MOREIRA, D. M.; COMAIR, G. F.; Bastiaanssen, W. G. The spatial variability of actual evapotranspiration across the Amazon River Basin based on remote sensing products validated with flux towers. **Ecological Processes**, v. 8, n. 1, p. 6, 2019.

PILAU, F. G.; BATTISTI, R; SOMAVILLA, L.; RIGHI, E. Z. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, RS. **Ciência Rural**, v.42, n.2, lev, 2012.

SALES, D. L. A.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, J. M. F. Estimativa de evapotranspiração e coeficiente de cultura do tomateiro industrial utilizando o algoritmo SAFER. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 517-529, 2017.

SANTOSS, L.C. FIGUEIRÓ, L. S. ANDRADE, A. X. R., NETO, A. C. F. BONFÁ, C. S. Estudo comparativo entre metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para localidades do Norte de Minas Gerais. **Irriga**, v. 1, n. 4, p. 714-721, 2021.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, baseada no método de Hargreaves – 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, 1997.

TURCATO, T; MINUZZI, R. B. Avaliação na Estimativa da Evapotranspiração de Referência Diária e Decendial nas Condições Climáticas do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 39, p. e39240046, 2024.

WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n.5, 1985.

