

## ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET<sub>o</sub>) POR DIFERENTES FÓRMULAS EMPÍRICAS NO MUNICÍPIO DE CONFRESA-MT

### REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION (ET<sub>o</sub>) BY DIFFERENT EMPIRICAL FORMULAS IN THE MUNICIPALITY OF CONFRESA-MT

Kleber Oliveira da Silva <sup>1</sup> , José Antonio do Vale Santana <sup>2</sup> , João José da Silva Júnior <sup>3</sup>  e Yuri de Oliveira Castro <sup>4</sup> 

Recebido em 14 de Abril de 2021 | Aprovado em 31 de Maio de 2022.

#### RESUMO

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é importante para a agricultura irrigada e sua relação com o Kc da cultura determina a Evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) determinou como padrão o método de Penman Monteith para estimativa de ET<sub>o</sub>, porém existem diferentes fórmulas empíricas para tal aplicação, sendo assim o presente trabalho tem como objetivo avaliar a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) por diferentes fórmulas empíricas no município de Confresa-MT. Esses modelos foram utilizados para estimativa da ET<sub>o</sub> por requerer poucos elementos meteorológicos, em relação ao método padrão. Os dados climatológicos utilizados para o presente trabalho foram obtidos pela estação meteorológica instalada na área experimental do IFMT- Campus Confresa. Os métodos avaliados apresentam variações em relação ao padrão (FAO-56), assim necessitam de um fator de correção para determinação mais precisa na região de Confresa-MT. O método de Hargreaves-Samani é aquele que apresentaram melhor desempenho e conseqüentemente menor fator de correção para estimativa de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). O método Jensen-Haise se apresenta com uma segunda opção para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para o município de Confresa-MT com desempenho satisfatório e bem similar ao método de Hargreaves-Samani.

**Palavras-chave:** Manejo de irrigação; necessidade hídrica; estação meteorológica; métodos empíricos.

#### ABSTRACT

Reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) is important for irrigated agriculture since from its relationship with the Kc of the culture determines the Evapotranspiration of culture (ET<sub>c</sub>). The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) established the Penman Monteith method for estimating ET<sub>o</sub> as a standard, but there are different empirical formulas for this application, so the present work aims to evaluate the evapotranspiration estimate of reference (ET<sub>o</sub>) by different empirical formulas in the municipality of Confresa-MT. These models were used to estimate ET<sub>o</sub> because it requires few meteorological elements, compared to the standard method. The climatological data used for the present work were obtained by the meteorological station installed in the experimental area of the IFMT- Campus Confresa. The evaluated methods vary from the standard (FAO-56), so they need a correction factor for more precise determination in the region of Confresa-MT. The Hargreaves-Samani method is the one with the best performance and consequently the lowest correction factor for estimating reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). The Jensen-Haise method presents a second option for estimating reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for the municipality of Confresa-MT with satisfactory performance and very similar to the Hargreaves-Samani method.

**Keywords:** Irrigation management; water requirements; Meteorological station; empirical methods.

<sup>1</sup> Bacharel em Agronomia pela Instituição (IFMT). Endereço para correspondência: Rua Dom Pedro II, 7, Jardim do Éden, Confresa, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78652000. E-mail: kleberoliveira244@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras. Professor do IFMT, Campus Confresa. Endereço para correspondência: Av. Vilmar Fernandes, 300, Confresa, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78652000. E-mail: jose.santana@ifmt.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade de Lavras (UFLA). Professor na Universidade de Brasília (UNB), Brasília, Distrito Federal, Brasil. Endereço para correspondência: Campus Universitário Darcy Ribeiro, S/N, Brasília, Distrito Federal, Brasil, CEP: 70910900. E-mail: jjsjunior@unb.br

<sup>4</sup> Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Professor na Instituição (IFMT), Confresa, Mato Grosso, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Vilmar Fernandes, 300, Confresa, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78652000. E-mail: yuri.castro@ifmt.edu.br

## 1 Introdução

A irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem como objetivo o fornecimento de água na quantidade certa e no momento certo, pois o uso racional da água é favorável tanto para o ser humano quanto para a agricultura. “Em um projeto de irrigação, diversas variáveis são importantes quando se deseja o uso racional da água. Porém, a estimativa de consumo de água pelas culturas assume grande destaque, na medida em que se busca maximizar produção e minimizar custos” (MEDEIROS, 2002).

O produto do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) com a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) estima a evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc}$ ). Esses dados são de extrema importância para um bom manejo de irrigação melhorando aspectos, como o consumo de água e a produtividade” (LONGHI, 2013).

O  $K_c$  pode ser calculado ou obtido em tabela específicas e depende do estágio de desenvolvimento da cultura. “A Evapotranspiração de Referência ( $E_{To}$ ) é definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética com 0,12 m de altura, albedo de 0,23 e resistência ao transporte de vapor da superfície da folha para a atmosfera de  $70 \text{ s m}^{-1}$ ” (Bernardo e Mantovani, 2006).

Existem diversos métodos empíricos para determinação de evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ), porém alguns são citados na literatura com maior relevância, como a equação de Camargo, Hargreaves-Samani, Penman-Monteith, método de Jensen-Haise entre outros.

“As equações empregadas na estimativa da  $E_{To}$  são empíricas, o que as limita a serem usadas para locais e climas similares àqueles em que foi efetuada sua determinação” (CARVALHO *et al.*, 2018).

“Diferenças de clima e condições atmosféricas de cada região justificam as diferenças nas estimativas de cada método e demandam sejam feitos estudos regionais e sazonais para identificar o método de cálculo da  $E_{To}$  mais adequado às condições locais” (HALLAL *et al.*, 2017).

A organização das nações unidas para alimentação e agricultura (FAO) determinou o método de Penman-Monteith (PM-FAO56) como método padrão para determinação de  $E_{To}$ , porém é um método que necessita muitos parâmetros, que nem sempre estão disponíveis na propriedade. Portanto a identificação de um método empírico que necessite de poucos dados que seja de fácil obtenção é de total importância para a agricultura local e regional, tanto para

agricultura familiar quanto o agronegócio, pois Confresa se tornou o maior assentamento da reforma agrária de Mato Grosso.

O objetivo do presente trabalho é avaliar a estimativa de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) por diferentes métodos empíricos, bem como identificar o método que apresenta melhor desempenho no município de Confresa-MT em relação ao método padrão determinado pela FAO-56.

## 2 Metodologia

O presente trabalho tem como região de atuação o município Brasileiro localizado no Nordeste do Estado de Mato Grosso, denominado Confresa, situado na região Araguaia-Xingu latitude 10°38'38" sul e a uma longitude 51°34'08" oeste, estando a uma altitude de 237 metros.

O município de Confresa-MT é caracterizado por duas estações bem definidas, inverno e verão, onde apresenta clima de floresta tropical, com período de seca de três meses, de junho a agosto, podendo se estender até setembro, possui precipitação anual de 1900 mm com intensidade maior nos meses de janeiro, fevereiro e março. A temperatura média é de 28 °C, sendo a máxima 41 °C e a mínima 15 °C.

Os dados climatológicos diários necessários para determinação da ET<sub>o</sub> foram coletados da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso- Campus Confresa, durante o período de abril até setembro de 2017 (Período Seco) e outubro de 2017 até março de 2018 (Período Chuvoso).

A estimativa da Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) será determinada diariamente, semanalmente, quinzenalmente e mensalmente durante período seco e chuvoso.

O método utilizado como padrão para avaliação da estimativa de evapotranspiração de referência foi o modelo de Penman-Monteith (equação 1) que é determinado pela FAO-56 (ALLEN et al., 1998).

$$ET_0(\text{PM}) = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{(T + 273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Em que: ET<sub>o</sub> (PM) é a evapotranspiração de referência por Penman-Monteith, em mm dia-1; R<sub>n</sub> é a radiação líquida total, em MJ m-2 dia-1; G é a densidade do fluxo de calor no solo, em MJ m-2 dia-1; T é a temperatura média diária do ar, em °C; u<sub>2</sub> é velocidade do vento

média diária a 2 m de altura, em m s<sup>-1</sup>; es é a pressão de saturação de vapor, em kPa; ea é a pressão parcial de vapor, em kPa; es-ea é o déficit de saturação de vapor, em kPa; Δ é a declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T<sub>méd</sub>, em kPa °C<sup>-1</sup>; γ é o coeficiente psicrométrico, em kPa °C<sup>-1</sup>.

Os métodos empíricos utilizados para determinação de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foram: método de Camargo, método de Hargreaves-Samani, método de Jensen-Haise, método de Makkink.

### 2.1 Método Hargreaves e Samani (SEDYAMA; VILLA NOVA, 2013)

$$ET_o(HS) = 0,0009Ra(T_{\max} - T_{\min})^{0,5}(T + 17,8) \quad (2)$$

Em que, ET<sub>o</sub> (HS) evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>) estimada pelo método Hargreaves e Samani; T<sub>max</sub> é a temperatura máxima do ar, °C; T<sub>min</sub> é a temperatura mínima do ar, °C; T é a temperatura média do ar, °C ; Ra é a radiação solar no topo da atmosfera, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

### 2.2 Método de Camargo (SEDYAMA; VILLA NOVA, 2013)

$$ET_o(CA) = F \cdot R_{ax} \cdot T \cdot X \quad (3)$$

Em que, ET<sub>o</sub> (CA) é a evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>) estimada pelo método de Camargo (1971); R<sub>ax</sub> é a radiação solar extraterrestre (mm d<sup>-1</sup> de evapotranspiração equivalente); X é o número de dias do período (10 ou 30 dias); T (°C) é a temperatura média do período; F é um fator de ajuste que varia com a temperatura do ar média anual do local (F= 0,01 para T < 23 °C; F= 0,0105, para T = 24 °C; F= 0,011, para T = 25 °C; F= 0,0115, para T = 26 °C; e F= 0,012, para T > 26°C).

### 2.3 Método de Jensen-Haise (SEDYAMA; VILLA NOVA, 2013)

$$ET_o(JH) = R_s \cdot (0,0252 \cdot T + 0,078) \quad (4)$$

Onde, ETo (JH) é a evapotranspiração de referência (mm d-1) estimada pelo método de Jensen e Haise e Rs é a radiação solar incidente (mm d-1) e T é a temperatura média do período.

#### 2.4 Método de Makkink (SEDYAMA; VILLA NOVA, 2013)

$$ETo(MK) = 0,61 \cdot W \cdot Rs - 0,12 \quad (5)$$

$$W = (0,392 + 3 \cdot 10^{-5} Z) + 0,0172T - 0,0001 \cdot T^2 \quad (6)$$

Em que, ETo (MK) é a evapotranspiração de referência (mm d-1), Rs é radiação solar global (mm d-1) estimada pelo método de Makking e o W é o fator de ponderação (adimensional), que é calculado em função da temperatura média do período (T, °C) e da altitude local (Z, em m).

As estimativas de evapotranspiração de referência (ETo) serão comparadas por RMSE (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros, equação 7), “d” (índice de concordância de Willmott, equação 8) e o índice “c” (coeficiente de confiança, equação 9) adotado por Camargo e Sentelhas (1997).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2} \quad (7)$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (8)$$

$$c = r \times d \quad (9)$$

Em que,

n= número de dados;

O<sub>i</sub>= valor observado;

$\bar{O}$  = média do valor estimado;

E<sub>i</sub>= valor estimado;

r = Coeficiente de correlação.

O critério de interpretação do desempenho do modelo de acordo com índice “c” (equação 9) é :  $>0,85$  – Ótimo; 0,76 a 0,85 - Muito bom; 0,66 a 0,75 – Bom; 0,61 a 0,65 – Mediano; 0,51 a 0,60 – Sofrível; 0,41 a 0,50 – Mau e  $\leq 0,41$  – Péssimo.

Também foi utilizado a equação linear simples do tipo  $Y = aX$  (“a” é o coeficiente angular) para comparar os valores estimados pela equação de ETo (PM) e as demais equações empíricas avaliadas.

### 3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão relacionados os valores dos indicativos estatísticos obtidos das relações das estimativas de ETo pelo método de Penman-Monteith com os métodos empíricos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Camargo e Makkink em dois períodos (seco e chuvoso), obtidos diariamente, semanalmente, quinzenalmente e mensalmente.

**Tabela 1-** Valor dos indicativos estatísticos, RMSE (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros), “d” (índice de concordância de Willmott), equação linear simples do tipo  $Y = aX$  e o seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para período seco e chuvoso.

	Métodos	Período Seco				Período Chuvoso			
		RMSE	d	$Y = ax$	$R^2$	RMSE	d	$Y = ax$	$R^2$
Diário	ETo (HS)	0,706	0,997	1,1222x	0,916	0,174	1,000	1,0154x	0,960
	ETo (CA)	3,142	0,857	2,175x	0,581	2,400	0,901	1,8936x	0,828
	ETo (JH)	0,706	0,998	0,9074x	0,881	1,188	0,990	0,8119x	0,925
	ETo (MK)	1,894	0,962	1,4893x	0,929	1,342	0,976	1,3593x	0,967
Semanal	ETo (HS)	0,676	0,997	1,1224x	0,947	0,135	1,000	1,1224x	0,947
	ETo (CA)	3,153	0,849	2,1887x	0,620	2,573	0,880	2,1887x	0,620
	ETo (JH)	0,664	0,997	0,9081x	0,920	1,146	0,989	0,9081x	0,920
	ETo (MK)	1,884	0,960	1,489x	0,961	1,354	0,975	1,489x	0,961
Quinzenal	ETo (HS)	0,683	0,996	1,1245x	0,925	0,122	1,000	1,1245x	0,925
	ETo (CA)	3,134	0,838	2,2036x	0,551	2,560	0,872	2,2036x	0,551
	ETo (JH)	0,643	0,997	0,9102x	0,898	1,125	0,988	0,9102x	0,898
	ETo (MK)	1,876	0,956	1,4919x	0,939	1,350	0,972	1,4919x	0,939
Mensal	ETo (HS)	0,644	0,996	1,1117x	0,893	0,069	1,000	1,0067x	0,975
	ETo (CA)	3,117	0,826	2,1601x	0,416	2,524	0,863	1,967X	0,107
	ETo (JH)	0,746	0,995	0,8944x	0,871	1,254	0,982	0,8027x	0,959
	ETo (MK)	1,870	0,951	1,4808x	0,906	1,323	0,970	1,3506x	0,982

Fonte: Silva, Sant’Ana, Júnior e Castro (2021).

A estimativa de ETo para período seco e chuvoso apresentou dados aceitáveis, com RMSE inferior à 3,1, já que quanto menor esse valor, melhor é o ajuste para a estimativa, sendo corroborado pelo índice de concordância com valores muito próximo de 1,0, sinalizado bom desempenho para estimativa da evapotranspiração de referência.

O método de Camargo apresentou dados de RMSE elevado em comparação aos demais métodos para os dois períodos, seja ele diário, semanal, quinzenal e mensal, acima de 3,0 para período seco e acima de 2,0 para período chuvoso, além de apresentar de forma geral os menores índice de concordância para os período avaliados, conseqüentemente o método necessita de um fator de correção maior em relação aos demais, ou seja, apresentou os maiores coeficientes angulares e da regressão linear simples ( $Y = ax$ , em que ‘a’ é o coeficiente angular, ‘y’ é estimativa de evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-Monteith (FAO 56) e ‘x’ é a estimativa de evapotranspiração de referência estimada pelo modelos avaliados, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Camargo e Makkink.

. Hargreaves e Samani apresentou dados bem próximo do método padrão, onde obteve RMSE inferior a 0,7 em ambos os períodos, sendo assim fator de correção menor em relação aos demais.

De acordo com Oliveira e Júnior (2015), o método Hargreaves-Samani tende a superestimar o valor de ETo, principalmente em climas úmidos, sendo necessária uma calibração regional para o ajuste da precisão da mesma.

Observa-se que os valores de RMSE são inferiores a 1,2 para o método de Jensen-Haise, porém a estimativa de ETo é superior ao método da FAO-56 em todas as avaliações.

Verifica na Tabela 1 que o método de Makkink é o método que apresenta maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para ambos os períodos, conseqüentemente maior concordância entre o modelo e observação. Jensen-Haise e Hargreaves-Samani apresentam níveis satisfatórios de concordância e Camargo apresentam níveis baixos e conforme aumenta a quantidade de dados utilizados o nível de concordância começa a elevar.

Em geral, verifica-se que o método de Makkink teve um desempenho regular, tendo aproximado em algumas situações do desempenho dos modelos Hargreaves-Samani e Jensen-Haise que apresentaram os melhores desempenhos em todas as avaliações, onde no período chuvoso Hargreaves-Samani apresentaram o índice de concordância igual à 1,0 (Tabela 1).

Em relação ao desempenho de Makkink o mesmo está relacionado ao fato dos coeficientes utilizados na equação serem desenvolvidos em condições totalmente diferente (Holanda). De acordo com Vila Nova e Sedyama (1997), os coeficientes dessa equação podem variar de acordo com as condições climáticas de cada região.

A avaliação do desempenho dos métodos empíricos para determinação de ETo de acordo com o índice “c” é fundamental. Nota-se na Tabela 2 com as avaliações do desempenho (índice “c”) que o método de Camargo conforme reduz a quantidade de dados a ser utilizado na estimativa do modelo reduz seu desempenho.

**Tabela 2** - Avaliação e interpretação conforme Camargo e Sentelhas (1997) do desempenho dos modelos por meio do índice “c”.

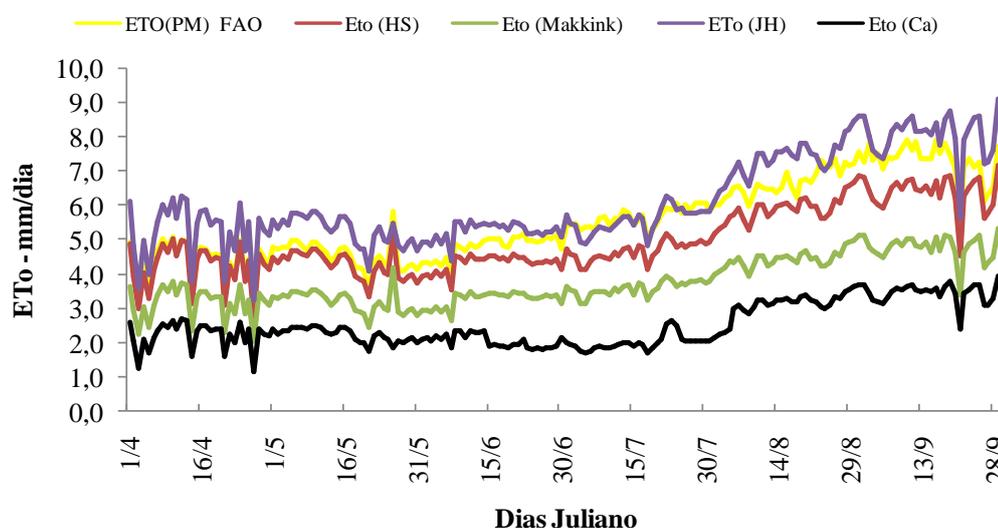
	Métodos	Diário		Semanal		Quinzenal		Mensal	
<b>P. Seco</b>	ETo (HS)	0,91	Ótimo	0,95	Ótimo	0,93	Ótimo	0,91	Ótimo
	ETo (Ca)	0,59	Sofrível	0,61	Mediano	0,59	Sofrível	0,52	Sofrível
	ETo (JH)	0,88	Ótimo	0,92	Ótimo	0,89	Ótimo	0,87	Ótimo
	ETo (Mk)	0,90	Ótimo	0,93	Ótimo	0,92	Ótimo	0,90	Ótimo
<b>P. Chuvoso</b>	ETo (HS)	0,99	Ótimo	0,99	Ótimo	0,99	Ótimo	0,98	Ótimo
	ETo (Ca)	0,86	Ótimo	0,55	Sofrível	0,54	Sofrível	0,49	Mal
	ETo (JH)	0,97	Ótimo	0,97	Ótimo	0,97	Ótimo	0,95	Ótimo
	ETo(Mk)	0,97	Ótimo	0,97	Ótimo	0,96	Ótimo	0,95	Ótimo

Fonte: Silva, Sant’Ana, Júnior e Castro (2021).

Os métodos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Makkink apresentaram desempenho ótimo de acordo com os dados diário, semanal, quinzenal e mensal para ambos os períodos. O método de Camargo diariamente apresentou desempenho sofrível em período seco e ótimo em período chuvoso, para avaliação semanal o mesmo apresentou desempenho mediano no período seco e sofrível para período chuvoso, a avaliação quinzenal apresentou desempenho sofrível para ambos os períodos, já a avaliação mensal caracterizou sofrível para período seco e mal para chuvoso.

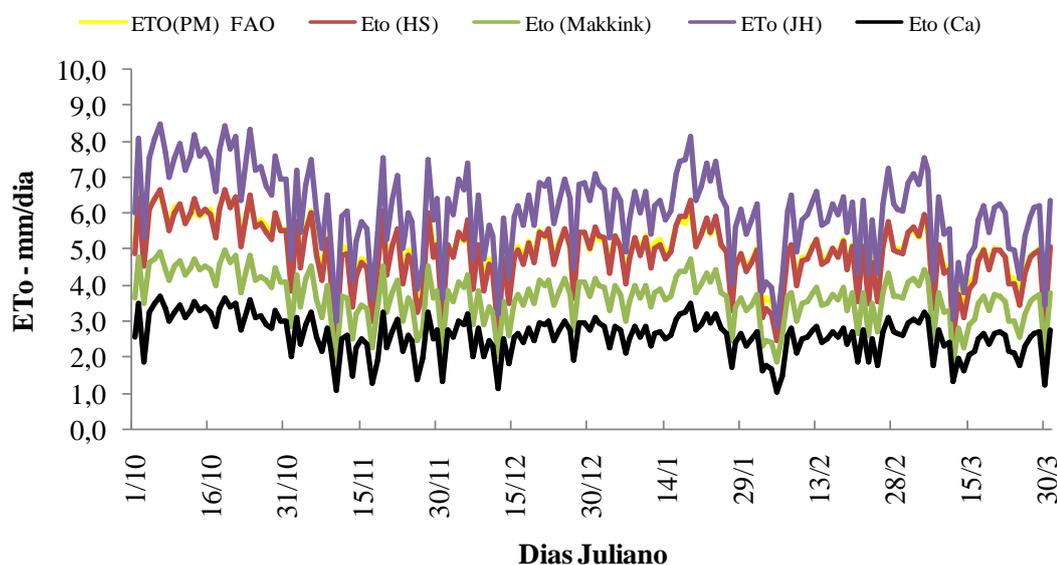
Na Figura 1 e 2, estão apresentados os respectivos valores de evapotranspiração de referência no município de Confresa-MT, de acordo com diferentes fórmulas empíricas em período seco e chuvoso.

**Figura 1-** Valores diários de ETo estimados pelos diversos métodos no período de abril a setembro de 2017 (período Seco).



Fonte: Silva, Sant'Ana, Júnior e Castro (2021).

**Figura 2.** Valores diários de ETo estimados pelos diversos métodos de outubro de 2017 a março de 2018 (período chuvoso).



Fonte: Silva, Sant'Ana, Júnior e Castro (2021).

Os métodos que apresentou dados compatíveis com o padrão para período seco diário foram os métodos de Jensen-Haise, Hargreaves e Samani que estimou respectivamente 1119,18 mm e 907,95 mm em termos total, onde o padrão estimou 1016,94 mm.

Segundo Pereira, Sedyama e Villa Nova (2013), o método de Jensen-Haise é semelhante ao método de Hargreaves e Samani, porém com uma sutil diferença.

De acordo com a Figura 2, o método que apresentou estimativa de ETo em termos total mais próximo do método padrão foi Hargreaves e Samani onde estimou 889,78 mm por período, onde o padrão apresentou 907,90 mm por período.

Os valores de evapotranspiração obtidos pelo modelo de Jensen-Haise foram sempre maiores quando comparado com os valores obtidos pelo modelo de Penman-Monteith/FAO 56, caracterizando assim uma superestimativa dos dados de ETo. Já os demais métodos (Hargreaves-Samani, Camargo e Makkink) estimaram valores sempre abaixo dos valores obtidos pelo modelo de Penman-Monteith/FAO, caracterizando assim uma subestimativa dos dados de ETo, ressaltando que métodos apresentaram diferente grau nessa subestimativa, tendo o método Hargreaves-Samani se destacado com valores mais próximo do método padrão (Penman-Monteith/FAO).

#### 4 Considerações

Os métodos avaliados apresentam variações em relação ao padrão (FAO-56), assim necessitam de um fator de correção para determinação mais precisa na região de Confresa-MT. O método de Hargreaves-Samani é aquele que apresentaram melhor desempenho e conseqüentemente menor fator de correção para estimativa de evapotranspiração de referência (ETo).

O método Jensen-Haise se apresenta com uma segunda opção para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para o município de Confresa-MT com desempenho satisfatório e bem similar ao método de Hargreaves-Samani

#### Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56)

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

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. Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CARVALHO, T. R. A. et al. Evaporação de referência para campos sales (CE): Modelos combinados e empíricos. **Revista Geonorte**, v.9, n.32, p.123-136, 2018.

HALLAL, M. O.; SCHÖFFEL, E. R.; BRIXNER, CUNHA, A. R. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p.1 – 10, 2017.

LONGHI, L. M. **Determinação do coeficiente de cultura (kc) e evapotranspiração da cultura do alho na região do planalto catarinense**. UFSC- Campus Curitibanos, 2013.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman- Monteith, de medidas simétricas e de equações empíricas, em Paraíba, CE**; 2002. 103p.Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, A. L. M.; JÚNIOR, J. C. B. calibração da equação de Hargreaves-Samani para a subbacia do rio verde grande, minas gerais. **XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**. 2015, UFS - São Cristóvão/SE

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas, SP: Fundag, 2013.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.