

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE MANICORÉ, AMAZONAS (*)

ARISTÓTELES DE JESUS TEIXEIRA FILHO¹; JOÃO VICTOR GOÉS BARBOSA²; E JOÃO CLEBER CAVALCANTE FERREIRA³

(*) Trabalho retirado do Relatório Final do Projeto de Iniciação Científica “Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de Referência no Município de Manicoré, AM”, Universidade Federal do Amazonas, agosto de 2019.

¹ Professor Associado do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Campus Itacoatiara, Av. Nossa Senhora do Rosário, 3863 - Bairro Tiradentes, Itacoatiara, Amazonas, Brasil, aristoteles@ufam.edu.br

² Engenheiros Agrônomos pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Campus Itacoatiara, derick.arruda@hotmail.com e joao_victor_goes96@hotmail.com

³ Doutorando pelo programa de pós-graduação em agronomia tropical, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, joao-cleber09@hotmail.com

1 RESUMO

Um dos fenômenos de grande importância na determinação das necessidades hídricas de uma cultura, constatando períodos de excessos ou escassez de água, é a evapotranspiração. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar métodos de evapotranspiração de referência de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, FAO 54 da Radiação e Blaney-Criddle-Frevert ao método de Penman-Monteith, recomendado pela FAO como método padrão, para o município de Manicoré, AM. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos na estação meteorológica convencional de Manicoré do Instituto Nacional de Meteorologia, compreendendo dados mensais de uma normal provisória de 10 anos. Os indicadores estatísticos utilizados foram, o coeficiente de correlação, coeficiente de determinação, índice de exatidão e o coeficiente de segurança ou desempenho. A classificação dos métodos de Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e FAO-24 da radiação tiveram desempenho “ótimo” na estimativa da evapotranspiração de referência, sendo recomendado para o município de Manicoré, AM, tendo sua utilização confiável para os agricultores da região caso não se tenha todas as variáveis necessárias para utilização do método Penman-Monteith FAO – 56. Os métodos de Blaney-Criddle-Frevert e Thornthwaite apresentaram bom e muito bom desempenho, respectivamente, podendo ser recomendado mediante ajustes locais.

Palavras-chave: irrigação, necessidade hídrica, Penman-Monteith.

**TEIXEIRA FILHO, A. de J.; BARBOSA, J. V. G.; FERREIRA, J. C. C.
PERFORMANCE EVALUATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION
ESTIMATION METHODS FOR THE CITY OF MANICORÉ, AMAZONAS**

2 ABSTRACT

One of the phenomena of great importance in determining the water needs of a crop, noting periods of excess or shortage of water, is evapotranspiration. Therefore, the objective of the study is to evaluate the reference evapotranspiration methods of Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, FAO 54 da Radiação and Blaney-Criddle-Frevert to the Penman-Monteith method, recommended by FAO as a standard method, for the municipality of Manicoré, AM. The meteorological data used were obtained from the conventional meteorological station of Manicoré of the Instituto Nacional de Meteorologia, comprising monthly data from a 10-year provisional normal. The statistical indicators used were the correlation coefficient, determination coefficient, accuracy index and safety or performance coefficient. The classification of the Jensen-Haise, Hargreaves-Samani and FAO-24 methods of radiation had an excellent performance in estimating the reference evapotranspiration, being recommended for the municipality of Manicoré, AM, having its reliable use for farmers in the region if it is not have all the variables needed to use the Penman-Monteith FAO – 56 method. The Blaney-Criddle-Frevert and Thornthwaite methods showed good and very good performance, respectively, and can be recommended through local adjustments, while the other methods did not show a good safety coefficient.

Keywords: irrigation, water requirements, Penman-Monteith.

3 INTRODUÇÃO

A água é considerada o recurso mais crítico para o desenvolvimento agrícola sustentável em todo o mundo (CHARTZOULAKIS; BERTAKI, 2015). As áreas irrigadas aumentarão nos próximos anos, e a decisão sobre o momento apropriado e a quantidade adequada de água a ser aplicada geralmente são baseadas em conceitos práticos do agricultor, o que quase sempre conduz ao excesso ou déficit hídrico para a cultura.

Além disso, a eficiência da irrigação é muito baixa, pois menos de 65% da água aplicada é efetivamente utilizada pelas lavouras (CHARTZOULAKIS; BERTAKI, 2015). Dessa forma, para assegurar a existência das próximas gerações é necessário gestão racional dos recursos hídricos, principalmente no uso agrícola.

A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma das principais variáveis para o planejamento e manejo da irrigação e para estudos hidrológicos e climatológicos

(ANDRADE *et al.*, 2016; ABRISHAMI; SEPASKHAH; SHAHROKHANIA, 2019). A ET_o refere-se à transferência de água para a atmosfera, evaporada da superfície do solo e transpiração das plantas (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2017; QUEJ *et al.*, 2019). Portanto, o conhecimento da evapotranspiração é fundamental para se determinarem as reais necessidades de água para a cultura, a fim de preservar esse líquido tão importante para a vida terrestre (FERNANDES; TURCO, 2003), ou melhor, determinando a evapotranspiração da cultura, a qual é estimada pela evapotranspiração de referência e pelo coeficiente da cultura (ALLEN; PEREIRA; RAES, 1998).

A determinação do consumo hídrico das culturas pode ser realizada através de medições diretas no campo ou por meio indireto através de equações empíricas. As medições diretas requerem a utilização de equipamentos sofisticados e caros (CAVALCANTE JUNIOR *et al.*, 2011). Dessa forma, tem-se recorrido à utilização

das equações empíricas, por serem mais práticas e viáveis de serem usadas.

Ao longo dos anos diversos métodos foram desenvolvidos para estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o). Isto acontece devido à três importantes situações: adequação do método às condições climáticas da região, simplicidade de uso e limitação de elementos meteorológicos ou climáticos que alimentam estes métodos (CARVALHO *et al.*, 2011).

Bernardo, Soares e Mantovani (2006) citam que existem várias equações baseadas em dados meteorológicos, para cálculo da ET. A maioria delas é de difícil aplicação, não só pela complexidade do cálculo, mas também por existir grande número de elementos meteorológicos, somente fornecidos por estações de primeira classe ou automáticas.

Dentre os vários métodos apontados nas literaturas, o de Penman-Monteith – FAO 56 é utilizado como padrão de comparação, que é aprimoramento do método original de Penman, pois diversos estudos realizados no Brasil e no mundo comprovam a sua precisão (YODER; ODHAMBO; WRIGHT, 2005; JABLOUN; SAHLI, 2008; BARROS *et al.*, 2009; CARVALHO *et al.*, 2011; CAPORUSSO; ROLIM, 2015). Todavia sua utilização é bastante limitada pela exigência de muitos dados que não podem ser prontamente obtidos (MARTINEZ; THEPADIA, 2010; QUEJ *et al.*, 2019). Como alternativa, particularmente nos países em desenvolvimento nos trópicos, faz uso de equações com quantidades menores de variáveis, que é o caso de Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Camargo e Jensen-Haise (OLIVEIRA *et al.*, 2005; AYOADE, 2013).

Para aplicar um método para determinado local, é necessário não somente observar o desempenho deste nas condições climáticas da região (ARAÚJO; COSTA; SANTOS, 2007); mas também se há

limitações de elementos meteorológicos ou climáticos que alimentam estes métodos; bem como a simplicidade do uso e, quando necessário, fazer calibrações a fim de minimizar erros de estimativa (CARVALHO *et al.*, 2011).

Scaloppi, Villa Nova e Salati (1978) informam que a finalidade precípua da irrigação é impedir que as plantas cultivadas sofram déficits de água, daí a necessidade de encontrar modelos ajustáveis a quantidades menores de variáveis e que atenda a região de interesse do estudo. A disponibilidade de água para uma cultura pode ser melhor explicada, pelo intervalo no qual o clima permitirá à planta, manter uma razão de transpiração igual a razão de absorção de água pelas raízes. Enquanto a absorção de água pela planta for mantida à mesma razão de perda, não haverá déficit, caso contrário, haverá redução irreversivelmente na produção.

Diante da necessidade de se buscar métodos mais simples para estimativa da ET_o e que melhor se ajuste as condições climáticas do município de Manicoré, AM, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho dos métodos indiretos para estimar a evapotranspiração de referência, tais como: Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, FAO 54 da Radiação e Blaney-Criddle-Frevert e comparar com o método padrão de Penman-Monteith FAO.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir de dados oriundos da estação meteorológica convencional de uma normal provisória de 2001 a 2010, obtidas do Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023) para a localidade de Manicoré, AM (Organização Meteorológica Mundial – OMM: 82533),

latitude 5,817732° Sul e longitude 61,290736° Oeste, a 40,1 metros de altitude.

De acordo com Köppen e Geiger, a classificação do clima de Manicoré, AM, é do tipo tropical, Af, com pluviosidade significativa ao longo do ano, em torno de 2.941 mm e temperatura média anual de 26°C (CLIMATE DATA, 2023).

As variáveis meteorológicas consideradas nesta investigação foram: precipitação pluviométrica; temperaturas do bulbo seco e úmido; temperaturas máxima e mínima do ar; umidade relativa do ar; pressão atmosférica; insolação e direção e velocidade do vento, necessárias às estimativas da ETo diária pelo método padrão, FAO - 56 Penman-Monteith, e pelos métodos avaliados, Blaney-Criddle, Hargreaves, Jensen-Haise e Camargo. Os valores para essas variáveis foram tabulados utilizando-se planilhas do Microsoft Excel.

A estimativa da ETo diária pelo método da FAO-56 (Penman-Monteith) é sintetizada na Equação 1 (ALLEN; PEREIRA; RAES, 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que: ETo é a evapotranspiração potencial de referência (mm d⁻¹); Δ é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C⁻¹); R_n é o radiação líquida diária (MJ m⁻² d⁻¹); G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); γ é a constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); T é a temperatura média compensada do ar (°C) (INMET, 2022); U₂ é a velocidade do vento medido a altura de 2 m (m s⁻¹); e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa); e e_a é a pressão de vapor atual do ar (kPa).

$$ET_o = 0,0135 * KT * (T_m + 17,8) * R_a * 0,408 * (T_x - T_n)^{1/2} \quad (4)$$

Em que: ET_o é a evapotranspiração potencial de referência (mm mês⁻¹); KT é o coeficiente de transmissividade atmosférica

A estimativa da ETo diária pelo método de Blaney e Criddle (1950), conhecido como Blaney-Criddle FAO 24, é sintetizada na Equação 2 (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

$$ET_o = (0,457 * T + 8,13) * p * c \quad (2)$$

Em que: ETo é a evapotranspiração potencial de referência (mm mês⁻¹); T é a temperatura média compensada do ar (°C) (INMET, 2022); “p” é a percentagem mensal das horas anuais de luz solar; e “c” é o coeficiente regional de ajuste da equação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A estimativa da ETo diária pelo método de Camargo (1971) foi calculada com a Equação 3 (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997; PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

$$ET_o = R_T * T * k_f * ND \quad (3)$$

Em que: ETo é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); R_T é a radiação solar extraterrestre (mm d⁻¹ de evapotranspiração equivalente); T é a temperatura do ar média compensada do ar (°C) (INMET, 2022); k_f é o fator de ajuste que varia com a média da temperatura anual local (k_f = 0,01 para T < 23 °C; k_f = 0,0105, para T = 24 °C; k_f = 0,011, para T = 25 °C; k_f = 0,0115, para T = 26 °C; e k_f = 0,012, para T > 26°C); e ND é o número de dias do período analisado.

A estimativa da ETo diária pelo método de Hargreaves e Samani (1985) foi obtida pela Equação 4.

global, cujo valor para uma região interiorana é de 0,162; e igual a 0,19 para uma região costeira; T_m é a temperatura

média compensada do ar ($^{\circ}\text{C}$) (INMET, 2022); R_a é a radiação no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); T_x é a temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$); e T_n é a temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$).

A estimativa da E_{To} diária pelo método de Jensen-Haise (1963) foi obtida pela Equação 5 (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

$$E_{To} = R_s(0,0252 * T + 0,078) \quad (5)$$

Em que: E_{To} é a evapotranspiração potencial de referência (mm mês^{-1}); R_s é a radiação solar global (mm d^{-1}); e T é a temperatura média compensada do ar ($^{\circ}\text{C}$) (INMET, 2022).

A estimativa da E_{To} diária pelo método de Thornthwaite (1948) foi obtida pela Equação 6 (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

$$E_{To} = E_{T_{\text{Padrão}}} * Cor \quad (6)$$

Em que: E_{To} é a evapotranspiração potencial de referência (mm mês^{-1}); $E_{T_{\text{Padrão}}}$ é a evapotranspiração padrão (mm mês^{-1}); e Cor é o fator de.

A estimativa da E_{To} diária pelo método de Thornthwaite (1948) simplificado por Camargo (1962) foi obtida pela Equação 7 (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

$$E_{To} = 30 * E_{T_T} * Cor \quad (7)$$

Em que: E_{To} é a evapotranspiração potencial de referência (mm mês^{-1}); E_{T_T} é a evapotranspiração potencial diária (mm d^{-1}); e Cor é o fator de correção.

A estimativa da E_{To} diária pelo método da FAO-24 da radiação, adaptação feita por Doorenbos e Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassam (1994) para o método de Makink, foi obtida pela Equação 8.

$$E_{To} = c * W * R_s \quad (8)$$

Em que: E_{To} é a evapotranspiração potencial de referência (mm d^{-1}); “c” é o coeficiente angular de regressão; W , é um fator de ponderação, que inclui os efeitos da temperatura e da altitude na relação entre a radiação da superfície do solo e da evapotranspiração de referência (DOORENBOS; PRUITT, 1977); e R_s , a radiação global (mm d^{-1}).

A estimativa da E_{To} diária pelo método de Blaney e Criddle (1950) adaptado Frevert, Hill e Braaten (1983) foi obtida pela Equação 9 (FERNANDES *et al.*, 2010).

$$E_{To} = a + b * p(0,457 * T + 8,13) \quad (9)$$

Em que: E_{To} é a evapotranspiração potencial de referência (mm d^{-1}); “a” e “b” são os coeficientes; “p” é a percentagem mensal das horas anuais de luz solar; e T é a temperatura média compensada do ar ($^{\circ}\text{C}$) (INMET, 2022).

As estimativas de E_{To} foram analisados por regressão linear (Equação 10), tendo como variável dependente (Y), os métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, FAO-24 da radiação e Blaney-Criddle-Frevert como variável independente (X), os valores de E_{To} estimados pelo método de Penman- Monteith-FAO 56.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (10)$$

Em que: Y é o valor estimado para os métodos empíricos; β_0 é o coeficiente angular; β_1 é o coeficiente linear; e X é o valor estimado pelo método padrão Penman-Monteith-FAO 56.

A correlação entre o método de Penman-Monteith-FAO 56 e os métodos empíricos foi realizada com base em indicadores estatísticos a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de

correlação (r) que está associado ao desvio entre os valores estimados e medidos, indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, utilizando-se a Equação 11.

$$r = \sqrt{\frac{[\sum(Y_e - \bar{Y})(Y - \bar{Y})]^2}{\sum(Y_e - \bar{Y})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (11)$$

Em que: Y_e é o valor estimado do método avaliado; Y é o valor estimado do método Penman-Monteith FAO 56; e \bar{Y} é a média dos valores do método padrão.

A exatidão na estimativa da ETo em relação ao modelo padrão foi obtida por meio do cálculo do índice “d” (Equação 12), que varia 0 a 1 (WILLMOTT; CKLESON; DAVIS, 1985).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(Y_e - \bar{Y})^2}{\sum(|Y_e - \bar{Y}| + |Y - \bar{Y}|)} \right] \quad (12)$$

O coeficiente de segurança ou desempenho “c” (Tabela 1), foi calculado pelo produto de r e d ($c = r*d$) (CAMARGO; SENTELHAS, 1997).

Tabela 1. Valores do coeficiente de desempenho conforme Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de “c”	Desempenho
> 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
≤ 0,40	Péssimo

Os métodos mais adequados para a estimativa da ETo foram baseados nos menores valores do erro padrão de estimativa (EPE) (Equação 13). E a quantificação dos erros proporcionados pelas estimativas foi obtida pelo EPE e por meio da relação dos valores médios (Equação 14), expressa em porcentagem (%).

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum(Y_e - \bar{Y})^2}{n}} \quad (13)$$

$$\% = \left(\frac{\bar{Y}_e}{\bar{Y}} \right) * 100 \quad (14)$$

Em que: Y_e é a média do método estimado; \bar{Y} é a média do método padrão; e n é o número de observações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a normal provisória de 10 anos (Tabela 2), médias mensais, notou-se que as temperaturas, mínima (T_n) e a máxima (T_x) variaram de 21,65°C a 23,16°C e entre 32,06°C a 34,53°C, respectivamente. A menor amplitude foi observada nas mínimas, com valor de 1,51°C. Em pesquisa análoga realizada com o município de Maués, AM, Barbosa *et al.* (2022), verificaram que a menor amplitude nas temperaturas mínimas, com valor de 0,94°C. A baixa amplitude das temperaturas mínimas são características de regiões de baixas latitude e altitude, como acontece com Boa Vista, RR (ARAÚJO; CONCEIÇÃO; VENANCIO, 2012). Notou-se também que a umidade relativa média do ar, mantiveram-se sempre acima de 78,57%, mesmo nos meses com menor precipitação pluviométrica.

Tabela 2. Média mensal da temperatura mínima (T_n), máxima (T_x) e média compensada (T_{MC}), umidade relativa (UR), velocidade do vento (U_2), radiação solar global (Q_g) e insolação (n) do município de Manicoré, AM.

Meses	T_n	T_x	T_{MC}	UR	U_2	Q_g	n
	°C			%	$m\ s^{-1}$	$MJ\ m^{-2}$	h
Jan.	22,96	32,23	26,33	86,89	0,44	15,77	3,73
Fev.	22,98	32,06	26,31	87,20	0,49	15,07	3,25
Mar.	22,96	32,17	26,38	87,08	0,47	14,02	2,91
Abr.	22,93	32,28	26,50	86,80	0,44	14,17	3,73
Mai.	22,80	32,08	26,46	87,05	0,43	13,53	4,02
Jun.	21,96	32,44	26,23	84,51	0,45	16,04	6,13
Jul.	21,65	33,54	26,62	80,32	0,44	18,57	7,37
Ago.	21,90	34,53	27,08	78,57	0,44	18,14	6,05
Set.	22,59	34,31	27,19	79,72	0,49	17,86	5,26
Out.	22,96	33,77	27,15	82,10	0,48	17,28	4,77
Nov.	23,16	33,28	27,06	83,05	0,46	16,88	4,63
Dez.	23,08	32,26	26,49	85,28	0,47	15,36	3,63

É possível perceber que a velocidade de vento (Tabela 2) não alcançou, em nenhum mês, $1,0\ m\ s^{-1}$, sendo sua velocidade máxima registrada em fevereiro e setembro, $0,49\ m\ s^{-1}$ ($1,76\ km\ h^{-1}$) e a mínima em maio com $0,43\ m\ s^{-1}$ ($1,55\ km\ h^{-1}$), mantendo-se praticamente constante durante o ano todo. Estes valores de velocidade de vento se enquadram na escala 1, com categoria quase calmo (Beaufort), o que pode favorecer as atividades de planejamento agrícola na região, bem como a tomada de decisão nas operações a serem realizadas na agricultura.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias da evapotranspiração de referência (ET_o) para o município de Manicoré, AM, obtidas pelos métodos avaliados. Tais modelos, à exceção o método de Blaney-Criddle no período de julho a outubro, superestimaram a ET_o durante todos os meses do ano, com a diferença entre os valores médios de ET_o variando de $3,14\ mm\ d^{-1}$ em maio (método de Blaney-Criddle-

Frevert) a $5,68\ mm\ d^{-1}$ em julho (método de Jensen-Haise). Este fato pode ser confirmado no boletim 56 da FAO onde Allen *et al.* (2006) afirmam que também é importante ressaltar que o modelo de Hargreaves-Samani tende a subestimar os valores de ET_o sob condições de vento forte ($U_2 > 3\ m\ s^{-1}$) e superestimar ET_o sob condições de alta umidade relativa do ar, o que de fato se verificou na região de Manicoré (Tabela 2). Além disto, os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Back (2008), Ferraz (2008), Carvalho e Delgado (2016), Souza e Sousa (2020), Ferreira *et al.* (2020) e Barbosa *et al.* (2022), que encontraram durante todos os meses do ano, tendência de superestimação da evapotranspiração de referência pelos métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, FAO 54 da Radiação e Blaney-Criddle-Frevert.

Tabela 3. Médias da evapotranspiração de referência (ET_o) estimadas pelos métodos de Penman-Monteith [$ET_{o(P-M)}$], Blaney-Criddle [$ET_{o(B-C)}$], Camargo [$ET_{o(C)}$], Hargreaves-Samani [$ET_{o(H-S)}$], Jensen-Haise [$ET_{o(J-H)}$], Thornthwaite [$ET_{o(T)}$], Thornthwaite-Camargo [$ET_{o(T-C)}$], FAO 54 da Radiação [$ET_{o(R)}$] e Blaney-Criddle-Frevert [$ET_{o(B-C-F)}$] para Manicoré, AM, 2001 a 2010.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	ME- PM*
	mm d ⁻¹													
ET_{OPM}	3,3	3,2	3,0	2,9	2,8	3,1	3,5	3,6	3,7	3,6	3,5	3,3	3,3	-
ET_{OBC}	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6	0,3
ET_{OC}	5,0	5,0	4,8	4,4	4,1	4,0	4,3	4,7	5,0	5,1	5,0	4,9	4,7	1,4
ET_{OHS}	4,6	4,6	4,4	4,1	3,8	3,9	4,5	5,1	5,2	5,1	4,8	4,6	4,6	1,3
ET_{OJH}	4,8	4,6	4,2	4,3	4,1	4,8	5,7	5,6	5,6	5,4	5,2	4,7	4,9	1,6
ET_{OT}	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,3	4,5	4,7	4,8	4,8	4,8	4,7	4,6	1,3
ET_{OTC}	4,6	4,0	4,5	4,4	4,5	4,2	4,5	4,7	4,7	4,9	4,7	4,7	4,5	1,2
ET_{OM}	2,8	2,7	2,5	2,5	2,4	2,9	3,3	3,3	3,2	3,1	3,0	2,7	2,9	-0,4
ET_{OR}	3,9	3,7	3,5	3,5	3,4	4,0	4,6	4,5	4,5	4,3	4,2	3,8	4,0	0,7
ET_{OBCF}	3,3	3,2	3,1	3,2	3,3	4,0	4,5	4,2	3,9	3,9	3,7	3,3	3,7	0,3

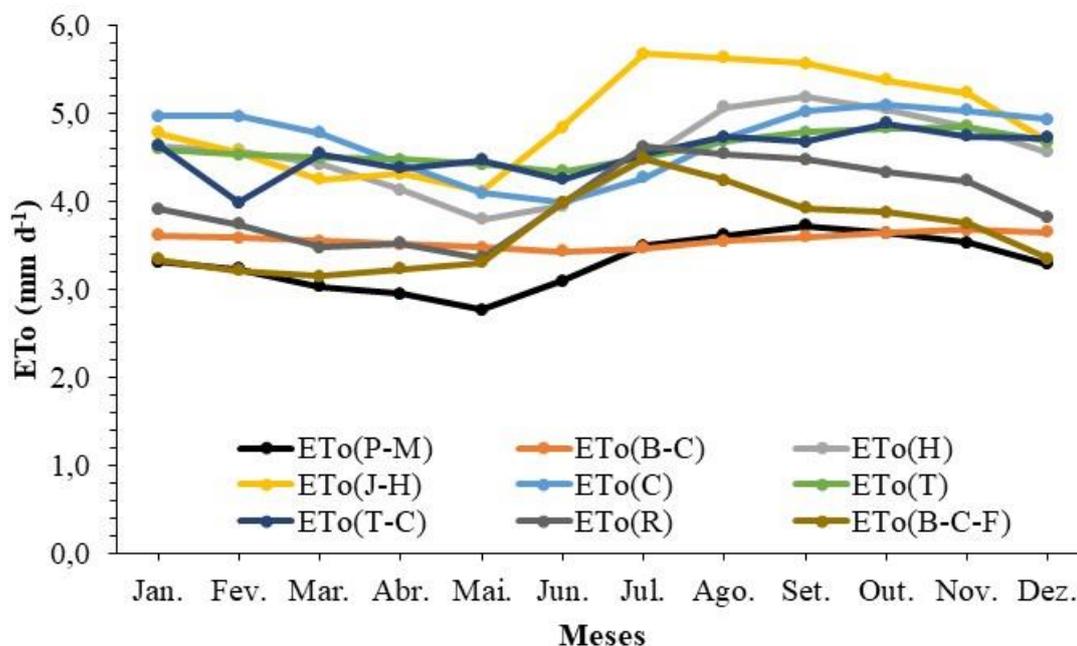
(*) Diferença entre as médias da evapotranspiração de referência dos métodos empíricos com a média do método padrão da FAO-56.

Os métodos avaliados (Tabela 3, Figura 1) superestimaram a ET_o em relação ao método de Penman-Monteith FAO - 56, sendo que o de Blaney-Criddle [$ET_{o(B-C)}$] (Figura 1) foi o que menos superestimou a ET_o durante todos os meses do ano. O método de Jensen-Haise [$ET_{o(J-H)}$] foi o que mais superestimou a ET_o durante os meses de junho a novembro, período de verão Amazônico e nos meses de janeiro a maio, período de inverno amazônico, foi o método de Camargo [$ET_{o(C)}$]. Segundo Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997), o método de Jensen-Haise foi desenvolvido em regiões do semiárido americano, contrário a região de Manicoré, AM, de clima tropical. Contudo, entre os modelos investigados, este

modelo apresentou maior elevação da ET_o durante os meses de menor precipitação pluviométrica, em comparação aos meses com maior precipitação pluviométrica na região de Manicoré, AM. O mesmo comportamento foi verificado por Ferreira *et al.* (2020) no município de Parintins, AM e por Barbosa *et al.* (2022) no município de Maués, AM.

Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Mendonça *et al.*, (2003), Fietz, Silva e Urchei (2005), Syperreck *et al.*, (2008) e Souza e Sousa (2020) que observaram que os modelos avaliados superestimaram a ET_o , a exemplo de método de Camargo e Thornthwaite.

Figura 1. Valores médios da evapotranspiração de referência (ET_o , $mm\ d^{-1}$) estimados pelos métodos: Penman-Monteith [$ET_{o(P-M)}$], Blaney-Criddle [$ET_{o(B-C)}$], Camargo [$ET_{o(C)}$], Hargreaves-Samani [$ET_{o(H-S)}$], Jensen-Haise [$ET_{o(J-H)}$], Thornthwaite [$ET_{o(T)}$], Thornthwaite-Camargo [$ET_{o(T-C)}$], FAO 54 da Radiação [$ET_{o(R)}$] e Blaney-Criddle-Frevert [$ET_{o(B-C-F)}$] para o município de Manicoré, AM.



Na Tabela 4 constam os valores médios diários da ET_o estimados por cada método, as percentagens de variação da ET_o em relação ao método padrão (%), o erro-padrão de estimativa (EPE), o coeficiente de

correlação (r), o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (d), o coeficiente de desempenho (c) e a classificação baseada no coeficiente de desempenho.

Tabela 4. Percentagem em relação ao método-padrão (%), erro-padrão de estimativa (EPE, $mm\ d^{-1}$), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), coeficiente de desempenho (c) e classificação baseada no coeficiente de desempenho para a cidade de Manicoré, AM.

Método	%	EPE ($mm\ d^{-1}$)	d	r	R^2	c	Classificação de Desempenho
Blaney-Criddle	107,75	0,07	1,00	0,52	0,27	0,51	Sofrível
Camargo	141,90	0,33	0,97	0,60	0,36	0,58	Sofrível
Hargreaves-Samani	137,82	0,18	0,97	0,92	0,85	0,90	Ótimo
Jensen-Haise	148,75	0,22	0,96	0,93	0,86	0,89	Ótimo
Thornthwaite	139,11	0,10	0,97	0,80	0,64	0,78	Muito bom
Thornthwaite-Camargo	137,53	0,22	0,97	0,57	0,32	0,55	Sofrível
FAO-24 da Radiação	121,01	0,18	0,99	0,92	0,84	0,91	Ótimo
Blaney-Criddle-Frevert	110,53	0,35	1,00	0,66	0,44	0,66	Bom

Analisando o erro-padrão de estimativa (EPE, Tabela 4) é possível afirmar que o método de Blaney-Criddle estimou melhor a ET_o , quando comparado com os outros modelos testados, apesar de seu desempenho “sofrível”. Fernandes *et al.* (2010) citam que o método de Blaney e Criddle (1950) foi desenvolvido para a região oeste dos Estados Unidos, uma região semiárida dos estados do Novo México e Texas e acrescentaram que Doorenbos e Pruitt (1984), fizeram a inserção de um fator de correção, possibilitando sua aplicação em várias condições climáticas. Ainda na Tabela 4 os valores de EPE apresentaram uma variação de $0,07 \text{ mm d}^{-1}$ a $0,35 \text{ mm d}^{-1}$, com o menor valor apresentado pelo método de Blaney-Criddle e o maior valor pelo método de Blaney-Criddle-Frevert, o que pode ser atribuído as modificações feitas com os coeficientes “a” e “b” de Frevert.

Os métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Thornthwaite-Camargo e Blaney-Criddle-Frevert apresentaram valores mais dispersos (R^2), enquanto os métodos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite e FAO-24 da radiação apresentaram valores menos dispersos. Sampaio (1998) afirma que a ocorrência de coeficiente de determinação (R^2) reduzido, faz com que as estimativas propostas não sejam confiáveis, seja pela instabilidade da variável estudada ou pelo fato de o modelo testado não estar adequado à dispersão dos resultados observados. Para superar tais limitações, nestes casos, Bonomo (1999) informa que quando os modelos apresentam baixos valores de R^2 , indica a necessidade de ajuste regional. Carvalho *et al.* (2015) recomendam a realização de calibrações locais dos coeficientes parametrizados das equações avaliadas. Portanto, para utilização dos modelos avaliados na região de Goiânia, GO, bem como em qualquer outra região, há necessidade de maiores ajustes nos modelos mais dispersos com o objetivo de torná-los confiáveis. Os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos avaliados em relação a

$ET_{o(P-M)}$ apresentaram valores entre 0,27 e 0,86 (Figuras 2). Souza e Sousa (2020) avaliando o desempenho de métodos empíricos para a estimativa da evapotranspiração de referência em Rio Branco, Acre, verificaram que com exceção do método de Turc- ET_{oTC} , os demais modelos exibiram baixos valores para o coeficiente de determinação (R^2), inferiores a 0,52, evidenciando que os ajustes das equações a partir do método padrão- ET_{oPM} , foram insatisfatórios, ou seja, indicando a necessidade de ajuste regional.

Os métodos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Thornthwaite e FAO-24 da radiação (Tabela 4) apresentaram boa correlação em relação ao método padrão Penman-Monteith FAO 56, com valor de EPE de 0,18, 0,22, 0,10 e $0,18 \text{ mm dia}^{-1}$ e índice de confiança “c” de 0,90, 0,89, 0,78 e 0,91, respectivamente, e que segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) é considerado “ótimo”, “ótimo”, “muito bom” e “ótimo”, nessa ordem. Contrariando Araújo, Costa e Santos (2007), que afirmam que os métodos de Thornthwaite e Hargreaves-Samani não estimaram de forma satisfatória a evapotranspiração de referência ao longo do ano, para a região de Boa Vista, RR. Ribeiro *et al.* (2015), ao comparar vários métodos em escala diária, para o município de Sobral, CE, encontrou “c” de 0,53 para Hargreaves, justificável, uma vez que este modelo foi desenvolvido em condições áridas dos Estados Unidos.

Ferraz (2008) classificou como “sofrível” e “péssimo” os métodos de Hargreaves e Jensen-Haise, respectivamente, na estimativa da ET_o para a cidade de Rio Branco, AC, divergindo do resultado encontrado neste trabalho, que obteve classificação “ótimo” para ambos os métodos (Tabela 4). Ferreira *et al.* (2020) encontraram com os métodos de Hargreaves classificação “mau” no município de Parintins, AM e Barbosa *et al.* (2022) encontraram classificação “ótimo” no município de Maués, AM. Já Araújo,

Conceição e Venancio (2012) trabalhando com o método de Hargreaves em Boa Vista, RR obtiveram classificação “regular”. Gonçalves *et al.* (2009), compararam métodos de ET_o com o padrão PM FAO 56 para o município de Sobral e encontraram para o método de Hargreaves e Samani (1985) um índice de confiança de 0,76, que de acordo com a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) é considerado “muito bom”.

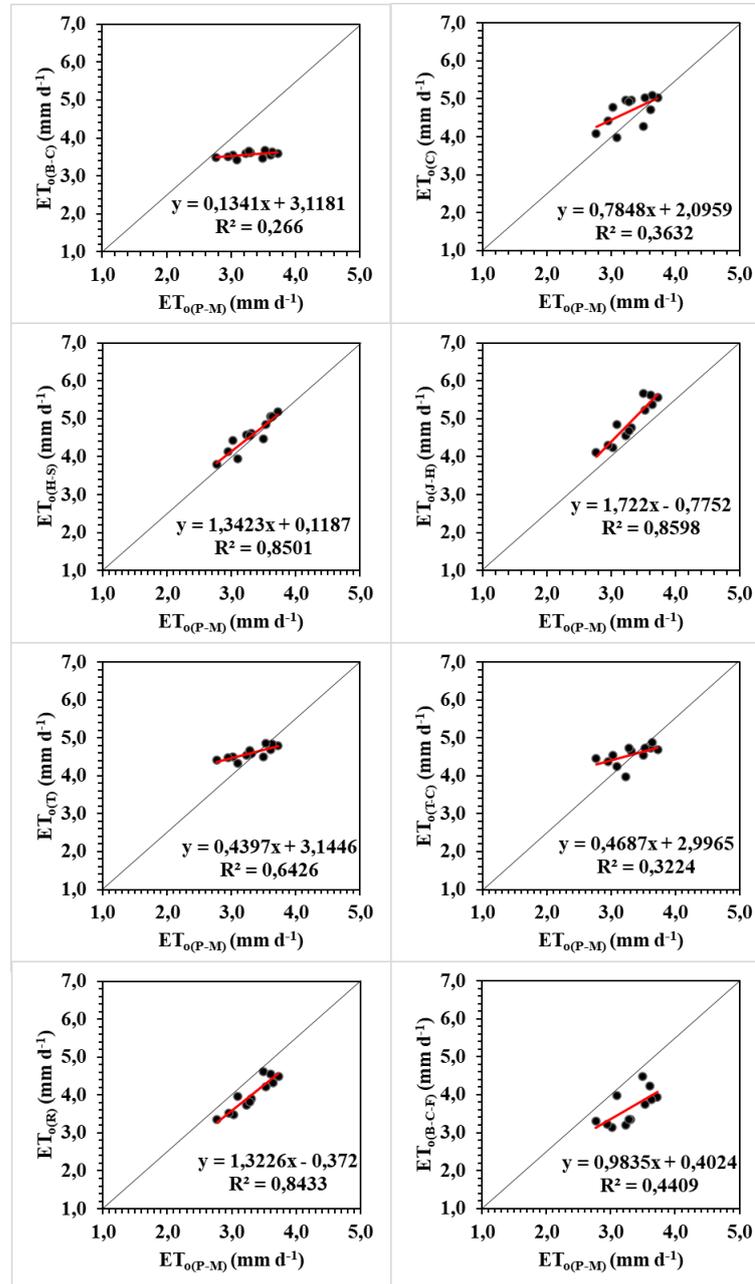
Analisando a classificação de desempenho, o método de Camargo apresentou classificação “Sofrível” e índice de concordância (d) de 0,97 e coeficiente de desempenho (c) de 0,58, corroborando com Araújo, Conceição e Venancio (2012) que classificaram a ET_o estimada pelo método de Camargo como “ruim” para Rio Branco, AC, ressaltando, contudo, que é possível um melhor desempenho desse método em condições de maior nebulosidade.

Os métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Thornthwaite-Camargo apresentaram classificação “Sofrível” e coeficiente de desempenho (c) de 0,51, 0,58 e 0,55, respectivamente, contrariando o resultado obtido por Araújo, Costa e Santos (2007) com o método de Blaney-Criddle em Boa Vista, RR que obtiveram classificação “ótimo”, e contrariando também Ferreira *et al.* (2020), que encontraram com os métodos de Blaney-Criddle e Jensen-Haise classificação “muito bom” e “ótimo” no município de Parintins, AM, respectivamente, Barbosa *et al.* (2022)

encontraram para os métodos de Blaney-Criddle e Jensen-Haise classificação “ótimo” no município de Maués, AM. Back (2008) obteve desempenho “péssimo” no método de Blaney-Criddle, em estudo realizado em Urussanga, SC e atribuiu o fraco desempenho ao fato de o método ter sido desenvolvido para condições semiáridas, diferindo das condições da região estudada, de clima tropical.

Na Figura 2, são apresentados os resultados da correlação entre os métodos de estimativa da ET_o em relação ao método padrão, Penman-Monteith. O método de Blaney-Criddle-Frevert obteve o coeficiente angular (+0,9835), sendo o mais próximo de 1, seguido pelos métodos de Thornthwaite (+0,4397), Thornthwaite-Camargo (+0,4687), Camargo (+0,7848), FAO 54 da Radiação (+1,3226), Hargreaves-Samani (+1,3423) e Jensen-Haise (+1,7220). O que mostra que a evapotranspiração potencial de referência dos métodos empíricos avaliados cresceu com os aumentos da evapotranspiração de referência do método padrão Penman-Monteith-FAO 56. Por outro lado, esses coeficientes dizem mais, mostram que para cada 1 mm d^{-1} de água evapotranspirada, no intervalo da série histórica considerada, a ET_o cresce 0,4397 mm d^{-1} a 1,7220 mm d^{-1} , em média. O método de Hargreaves-Samani alcançou um coeficiente linear de 0,1187, sendo o mais próximo de 0, seguido pelos métodos da FAO 54 da Radiação de -0,3720 e Blaney-Criddle-Frevert de 0,4024.

Figura 2. Regressão linear entre os valores da evapotranspiração de referência (ET_o , mm d^{-1}) estimados pelos métodos de Blaney-Criddle [$ET_{o(B-C)}$], Camargo [$ET_{o(C)}$], Hargreaves-Samani [$ET_{o(H-S)}$], Jensen-Haise [$ET_{o(J-H)}$], Thornthwaite [$ET_{o(T)}$], Thornthwaite-Camargo [$ET_{o(T-C)}$], FAO 54 da Radiação [$ET_{o(R)}$] e Blaney-Criddle-Frevert [$ET_{o(B-C-F)}$], com o método padrão, Penman-Monteith [$ET_{o(P-M)}$], Manicoré, AM.



6 CONCLUSÕES

A classificação dos métodos de Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e FAO-24 da radiação tiveram desempenho “ótimo”

na estimativa da evapotranspiração de referência, sendo recomendado para o município de Manicoré, AM. Desta forma, a utilização destes modelos é considerada confiável para os agricultores da região, caso

não se tenha todas as variáveis necessárias para utilização do método Penman-Monteith FAO –56.

Os métodos de Blaney-Criddle-Frevert e Thornthwaite apresentaram “bom” e “muito bom desempenho”, respectivamente, podendo ser recomendado mediante ajustes locais.

Os métodos de Blaney-Criddle, Camargo e Thornthwaite-Camargo apresentaram desempenho “sofrível”, não sendo recomendados por apresentarem baixa exatidão e precisão.

7 REFERÊNCIAS

- ABRISHAMI, N.; SEPASKHAH, A. R.; SHAHROKHANIA, M. H. Estimating wheat and maize daily evapotranspiration using artificial neural network. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 135, p. 945-958, 2019.
- ALLEN R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 323 p. (Estudio Fao Riego y Drenaje, 56).
- ANDRADE, A. D.; MIRANDA, W. L.; CARVALHO, L. G.; FIGUEIREDO, P. H. F.; SILVA, T. B. S. Desempenho de métodos de cálculo do coeficiente de tanque para estimativa da evapotranspiração de referência. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 119-119, 2016.
- ARAÚJO, W. F.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; VENANCIO, J. B. Evapotranspiração de referência diária em Boa Vista (RR) com base na temperatura do ar. **Irriga**, Botucatu, v. 17, edição especial, p. 155-169, 2012. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/444>. Acesso em: 10 out. 2023.
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para Boa Vista, RR. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para trópicos**. 17. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 350 p.
- BACK, A. J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 449-466, 2008. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2008v13n4p449-466>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3383>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BARBOSA, J. V. G.; ARRUDA, D. A.; TEIXEIRA FILHO, A. J.; FERREIRA, J. C. C. Avaliação do desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de maués, Amazonas. **Irriga**, Botucatu, v. 27, n. 1, p. 79-91, jan./mar. 2022.
- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 198-203, abr./jun. 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.** Washington, DC: United States Department of Agriculture Soil Conservation Service, 1950. 48 p.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em área de cerrado de Minas Gerais.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 12, p. 163-213, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051962000100012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/nvq3yszWN C78k9nmRytBTcJ/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2023.

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

CAPORUSSO, N. B.; ROLIM, G. D. S. Reference evapotranspiration models using different time scales in the Jaboticabal region of São Paulo, Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, São Paulo, v. 37, n. 1, p 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i1.18277>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Acta%20aSciAgron/article/view/18277>. Acesso em: 09 mar. 2023.

CARVALHO, L. G. D.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de

estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/12760>. Acesso em: 11 jun. 2021

CARVALHO, R. L. S.; DELGADO, A. R. S. Estimativas da evapotranspiração de referência do município de Ariquemes (RO) utilizando os métodos Penman-Monteith-FAO e Hargreaves-Samani. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 6, p. 1038-1048, 2016. DOI: 10.7127/RBAI.V10N600497. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/497>. Acesso em: 09 mar. 2023.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, B. M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011.

CHARTZOULAKIS, K.; BERTAKI, M. Sustainable water management in agriculture under climate change. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Enschede, v. 4, p. 88-98, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784315000741?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1. Acesso em: 09 mar. 2023.

CLIMATE DATA. **Clima Manicoré** (Brasil). Oedheim: AM Online Projects, 2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amazonas/manicore-44146/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1984. 178 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O. **Evapotranspiração: uma revisão sobre os métodos empíricos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 44 p. (Documentos, 263).
- FERNANDES, E. J.; TURCO, J. E. P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 132-141, maio/ago. 2003. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2003v8n2p132-141>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3129>. Acesso em: 10 out. 2023.
- FERRAZ, P. A. **Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para Região de Rio Branco - Acre**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2008.
- FERREIRA, J. C. C.; BARBOSA, J. V. G.; ARRUDA, D. A.; TEIXEIRA FILHO, A. de J. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no município de Parintins, AM**. Ciências exatas e da terra: aprendizado, integração e necessidades do país. Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.
- FIETZ, C. R.; SILVA, F. C.; URCHEI, M. A. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 250-255, 2005.
- FREVERT, D. K.; HILL, R. W.; BRAATEN, B. C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 109, n. 2, p. 265-270, 1983.
- GONÇALVES, F. M.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JÚNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 71-77, 2009.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A., Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v. 1 n. 2, p. 96-99, 1985. DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773>. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1225457](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1225457). Acesso em: 10 out. 2023.
- INMET. **Banco de dados meteorológico para ensino e pesquisa de estação convencional de Manicoré/AM**. Destinatário: Aristóteles de Jesus Teixeira Filho. Itacoatiara, 13 mar. 2023. 1 mensagem eletrônica.
- INMET. **Normais climatológicas do Brasil**. Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em:

<https://portal.inmet.gov.br/normais#>.
Acesso em: 14 mar. 2023.

JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, n. 6, p. 707-715, 2008. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.01.009>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377408000243?via%3DiHub>. Acesso em: 10 out. 2023.

JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 89, p. 15-41, 1963.

MARTINEZ, C. E.; THEPADIA, M. “Estimativa de evapotranspiração com dados mínimos na Flórida”. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 136, n. 7, p. 494-501, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000214](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000214). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29IR.1943-4774.0000214>. Acesso em: 10 out. 2023.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o) para a Região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

OLIVEIRA, R. Z.; OLIVEIRA, L. F. C.; WEHR, T. H.; BORGES, L. B.; BONOMO, R. Comparação de metodologia de estimativa da evapotranspiração de referência para Goiânia, GO. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 19-27, 2005.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. edição revista e ampliada. Piracicaba: ESALQ, 2007. 202 p. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf. Acesso em: 05 abr. 2023.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

QUEJ, V. H.; ALMOROX, J.; ARNALDO, J. A.; MORATIEL, R. Evaluation of temperature-based methods for the estimation of reference evapotranspiration in the Yucatán peninsula, Mexico. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v. 24, n. 2, p. 05018029-1- 05018029-10, 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001747. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001747>. Acesso em: 10 out. 2023.

RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; SOARES, L. M.; MOURA, R.S. Avaliação de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência em Sobral, CE. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 71-81, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v7n42015660>. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/660/pdf_22. Acesso em: 10 out. 2023.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221 p.

SCALOPPI, E. J.; VILLA NOVA, N. A.; SALATI, E. Estimativa da evapotranspiração através de fórmulas

relacionadas à temperatura média do ar atmosférico. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 35, p. 93-112, 1978.

SILVA JÚNIOR, R. O.; SOUZA, E. B.; TAVARES, A. L.; MOTA, J. A.; FERREIRA, D.; SOUZA-FILHO, P. W.; ROCHA, E. J. D. Three decades of reference evapotranspiration estimates for a tropical watershed in the eastern Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89 n. 3, p. 1985-2002, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170147>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/cpJbFTqQ3RSRDGc9XCC3hkr/?lang=en>. Acesso em: 10 out. 2023.

SOUZA, M. L. A.; SOUSA, J. W. Avaliação do desempenho de métodos empíricos para a estimativa da evapotranspiração de referência em Rio Branco, Acre. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 2, n. 1, p. 254-267, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/issue/view/174>. Acesso em: 09 mar. 2023.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30 n. 5, p. 603-609, 2008.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Philadelphia, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.

YODER, R. E.; ODHIAMBO, L. O.; WRIGHT, W. C. Evaluation of methods for estimating daily reference crop evapotranspiration at a site in the humid Southeast United States. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 21, n. 2, p. 197-202, 2005. DOI: 10.13031 / 2013.18153. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp??JID=3&AID=18153&CID=aeaj2005&v=21&i=2&T=1>. Acesso em: 10 out. 2023.