

# Coeficientes de Tanque Classe A para estimativa da evapotranspiração de referência diária na região de transição Cerrado-Amazônica

A. P. Souza<sup>1</sup>; F. T. Almeida<sup>1</sup>; K. R. Arantes<sup>1</sup>; C. C. Martim<sup>1</sup>; J. O. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Campus Universitário de Sinop, 78557-267, Sinop-MT, Brasil.  
adilsonpacheco@ufmt.br

(Recebido em 25 de novembro de 2014; aceito em 22 de março de 2015)

Este trabalho objetivou avaliar diferentes metodologias de obtenção do coeficiente do tanque Classe A ( $K_p$ ) e propor coeficientes numéricos de  $K_p$  para estimativas simplificadas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), em diferentes agrupamentos de dados (anual, sazonal e mensal), nas condições climáticas de Sinop, região Médio-Norte de Mato Grosso ( $11^{\circ}58' S$  e  $55^{\circ}38'57'' W$ ), entre 01/08/2010 e 30/06/2013. Foram avaliadas oito metodologias de obtenção de  $K_p$  e as correlações entre a  $ET_0$  estimada pela evaporação do tanque Classe A (ECA) e por Penman-Monteith FAO 56 (PMF). Na avaliação do desempenho estatístico foram empregados os indicativos erro absoluto médio (MBE), raiz quadrada do quadrado médio do erro (RMSE), índice de ajustamento (d), coeficiente de correlação (r) e índice de desempenho (c). Pelo método de PMF, as médias mensais oscilaram entre  $3,18 \pm 0,49$  (junho) e  $4,83 \pm 0,69$  (dezembro). Para os métodos baseados na ECA, os maiores valores de  $ET_0$  ocorreram no inverno/primavera e os menores no verão. As correlações geradas em agrupamentos anuais apresentaram as melhores estimativas, sendo recomendadas para a região as correções de  $K_p$  por Cuenca (0,7795) e Snyder (0,7517) ou as correções diretas da ECA por  $K_p = 0,7585$ .

Palavras-chave: tanques evaporimétricos; manejo de irrigação; indicativos estatísticos.

## Class "A" Pan coefficients to estimate of daily reference evapotranspiration in transitional Amazon-Cerrado Forest, Brazil

This study aimed to evaluate different methodologies to estimates of Class A pan coefficients ( $K_p$ ) and propose numerical coefficients for simplified estimates of daily reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) in different database groupings (annual, seasonal and monthly), at climate conditions of Sinop, Central North of Mato Grosso State, Brazil (in  $11^{\circ}58' S$  and  $55^{\circ}38'57'' W$ ), between 01/08/2010 at 30/06/2013. Were evaluated eight methods of  $K_p$  estimates and the correlations were found between estimated  $ET_0$  by pan Class A and Penman- Monteith FAO 56 (PMF). To evaluate the statistical performance were employed the mean relative error (MBE), root mean square error (RMSE), adjustment index (d), correlation coefficient (r), performance index (c) and position value (Vp). According to the PMF method, the monthly averages of  $ET_0$  ranged from  $3.18 \pm 0.49$  (June) and  $4.83 \pm 0.69$  (December). However, by methods based on evaporation, higher values of  $ET_0$  occurred in Winter (August and September) and Spring (October) and the lowest values were in Summer (February). The correlations in annual groupings showed the best estimates, and it is being recommended for this region the  $K_p$  corrections by Cuenca (0.7795) and Snyder (0.7517) or corrections by direct evaporation with  $K_p$  equal to 0.7585.

Keywords: evaporimeters; irrigation management; indicative statistical.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os diversos usos consuntivos, o emprego da água na agricultura tem se caracterizado como aquele de maior expressão, em virtude da grande quantidade de água normalmente utilizada na irrigação. A determinação do consumo hídrico das culturas agrícolas é um dos principais parâmetros para o planejamento, dimensionamento e manejo de sistemas hidroagrícolas, permitindo assim, o emprego de técnicas e metodologias que visem aperfeiçoar e/ou garantir os níveis adequados de produção, com o máximo aproveitamento da água [1, 2].

Nesse sentido, a estimativa de perda conjunta de água por meio da evaporação e/ou transpiração (evapotranspiração), pode ser considerada como uma excelente ferramenta para auxílio na elaboração de projetos de irrigação, dimensionamento e planejamentos de outorga de uso da água e gerenciamento de reservatórios, dentre várias outras aplicações [3]. A

evapotranspiração potencial pode ser considerada como a perda de água de uma superfície com qualquer tipo de vegetação e sob qualquer condição de umidade, todavia, sem restrições nutricionais e fitossanitárias. Por conseguinte, muitos conceitos foram desenvolvidos ao longo do tempo, caracterizados em função do tipo de vegetação e disponibilidade hídrica do solo.

Os métodos empregados na quantificação da evapotranspiração de referência podem ser diretos ou indiretos. Os métodos considerados indiretos baseiam-se em equações parametrizadas que empregam dados meteorológicos, muitas vezes não disponíveis na propriedade ou na região de interesse. Dentre esses métodos, destaca-se o método do Tanque Classe A, que em virtude da simplicidade de operação e do custo, tem sido muito difundido para a obtenção da evapotranspiração de referência.

Nessa metodologia, obtêm-se a evaporação direta da água em determinado intervalo de tempo em tanques evaporimétricos padrões, e posteriormente, são aplicadas correções baseadas nos coeficientes de tanque ( $K_p$ ), que apresentam dependência das condições do local de instalação (cobertura vegetal) e de elementos meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento). Na literatura são encontradas várias metodologias para obtenção de  $K_p$ , todavia, estas podem apresentar diferentes valores para as mesmas condições climáticas [4-10]. Em geral, as pesquisas regionais são fundamentais para definições específicas de metodologias e de valores de  $K_p$  para aplicações no manejo racional da água na agricultura irrigada [11-13].

O município de Sinop situa-se na região do Médio-Norte de Mato Grosso e apresenta grande potencialidade para a agricultura irrigada, principalmente para culturas anuais em sistemas de aspersão, em função da disponibilidade hídrica superficial e das características climáticas regionais (duas estações bem definidas – chuvosa: outubro a abril; seca: maio a setembro). Contudo, existe carência de informações sobre parâmetros hidrológicos como a evapotranspiração de referência e precipitações pluviiais. Portanto, este trabalho teve como propósito facilitar a obtenção de medidas meteorológicas regionais, aplicadas nas rotinas de manejo de sistemas hidroagrícolas.

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se avaliar diferentes metodologias de estimativa do coeficiente de tanque ( $K_p$ ) empregado na correção da evaporação do tanque classe “A” para obtenção da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) diária (média mensal, sazonal e anual), e ainda, propor coeficientes numéricos de  $K_p$  para estimativas simplificadas da  $ET_0$ , nas condições climáticas da região de Sinop, Médio-Norte do Estado de Mato Grosso.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram empregados os dados meteorológicos médios diários coletados na Estação Meteorológica Automática da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop (11,85° S e 55,6492° W e com altitude de 371 m), no período de setembro de 2010 a junho de 2013. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (clima tropical) com duas estações bem definidas: chuvosa (outubro a abril) e seca (maio a setembro). Ocorre pequena amplitude térmica anual com temperaturas médias mensais oscilando entre 22,96 e 25,76 °C e precipitações em torno de 2000 mm ano<sup>-1</sup> [14, 15].

A estação meteorológica se encontra instalada em uma área delimitada de 10 x 10 m, com cobertura vegetal de grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.), automatizada com um sistema de aquisição de dados CR 1000 e sensores de radiação solar global (piranômetro CS300), radiação PAR (Licor), velocidade e direção do vento (anemômetro, 03002-L RM YOUNG), psicrômetro com abrigo termométrico (CS 215) e pluviógrafo (TE 525), nas alturas de 2,0; 2,0; 10,0; 2,0 e 1,5 m, respectivamente.

O tanque Classe A utilizado possuía formato circular, construído em aço galvanizado chapa nº 22, com 121 cm de diâmetro e 25,5 cm de profundidade, instalado sobre um estrado de madeira, a 15 cm da superfície do solo. Durante o período experimental, buscou-se manter o nível da água entre 5,0 e 7,5 cm da borda superior. Para as medidas da evaporação diária (padronizada no TMG de 09h00min) empregaram-se parafusos micrométricos e poço tranquilizador nivelado e centralizado.

A evapotranspiração de referência diária ( $ET_0$ ), considerada como padrão, foi obtida pelo método Penman Montheith FAO 56 – PMF [10], considerando a resistência estomática de  $70 \text{ s m}^{-1}$  e o albedo de 23% [2, 16, 17]. Na estimativa da  $ET_0$  pelo método do Tanque Classe A, são fundamentais as definições da evaporação (ECA) e do coeficiente do tanque ( $K_p$ ), sendo que o  $K_p$  depende do tipo de tanque, das condições climáticas e do local de instalação. Foram avaliadas as seguintes metodologias:

i) Snyder [4] - SNY:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(B) - 0,000376 \cdot U_2 + 0,0045 \cdot URm \quad (01)$$

em que: B = bordadura da área (m);  $U_2$  = velocidade do vento a 2 metros de altura ( $\text{km dia}^{-1}$ ); URm = umidade relativa média do ar (%).

ii) Pereira et al. [5] - PER: evidenciaram que o  $K_p$  depende da relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor d'água e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante e da temperatura do ar que determina o valor de declividade da curva de pressão de saturação de vapor, de acordo com a equação:

$$K_p = \frac{0,85 \cdot (\Delta + \gamma)}{\left[ \Delta + y \cdot \left( 1 + \frac{rc}{ra} \right) \right]} \quad (02)$$

em que:  $rc/ra$  = relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor d'água ( $rc$ ) e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante ( $ra$ ), onde  $rc/ra$  pode ser considerado igual a  $0,33 U_2$  ( $\text{m s}^{-1}$ );  $\Delta$  = declividade da curva de pressão de saturação de vapor ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\gamma$  = constante psicrométrica ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) que varia de acordo com a altitude. O valor de  $\Delta$  é obtido através da equação:

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp \left( \frac{17,27T}{T + 237,3} \right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (03)$$

em que: T = temperatura do ar média diária ( $^\circ\text{C}$ ), obtida entre 0h00min e 23h59min59seg.

iii) Raghuwanshi & Wallender [6] - RW:

$$K_p = 0,5944 + 0,024X_1 - 0,0583X_2 - 0,1333X_3 - 0,2083X_4 + 0,0812X_5 + 0,1344X_6 \quad (04)$$

em que:  $X_1$  = distância da bordadura (B);  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$  = categorias de velocidade do vento de 175-425, 425-700, e  $>700 \text{ km d}^{-1}$ , respectivamente, e foram atribuídos valores 1 ou 0, dependendo de sua ocorrência (um valor zero para essas variáveis representou uma velocidade do vento  $<175 \text{ km d}^{-1}$ );  $X_5$  e  $X_6$  = categorias de URm de 40-70% e  $>70\%$ , respectivamente (um valor zero para estas variáveis representam URm  $<40\%$ ).

iv) Cuenca [7] – CUE (variáveis descritas equação 01):

$$K_p = 0,415 - 2,4 \cdot 10^{-4} \cdot U_2 + 5,16 \cdot 10^{-3} \cdot URm + 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot B - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot (URm)^2 - 1,01 \cdot 10^{-6} \cdot B^2 - 8,0 \cdot 10^{-9} \cdot (URm)^2 \cdot U_2 - 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot (URm)^2 \cdot B \quad (05)$$

v) Orang [8] – OR (variáveis descritas equação 01):

$$K_p = 0,51206 - 0,000321 \cdot U_2 + 0,002889 \cdot URm + 0,031886 \cdot \ln(B) - 0,000107 \cdot URm \cdot \ln(B) \quad (06)$$

vi) FAO 56 “Caso A”: considera-se que o tanque está situado sobre solo gramado e cercado por solo nu, e o valor do  $K_p$  é obtido pela equação proposta por Allen et al. [10] (variáveis descritas equação 01):

$$K_p = 0,108 - 0,0286 \cdot U_2 + 0,0422 \cdot \ln(B) + 0,1434 \cdot \ln(URm) + 0,000631 \cdot [\ln(B)]^2 \cdot \ln(URm) \quad (07)$$

vii) FAO 24: nesse método, a determinação do coeficiente do tanque Classe A ( $K_p$ ) é baseada na umidade relativa média do ar, velocidade do vento e comprimento da bordadura e obtida por meio de valores tabelados de  $K_p$ , conforme proposta de Doorenbos & Pruitt [9].

viii) Evaporação –  $K_p$  direto -  $K_p$ DIR: os valores simplificados de  $K_p$  podem ser obtidos pela razão entre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) obtida por PMF e a evaporação do Tanque Classe “A” (ECA), conforme recomendações de Doorembos & Pruitt [9].

Na avaliação do desempenho estatístico das metodologias de obtenção de  $K_p$  foram empregados os indicativos estatísticos do erro médio do desvio (MBE - Mean Bias Error), quadrado médio do desvio (RMSE - Root Mean Square Error), índice de concordância (d) ou índice de Willmott [18] e coeficiente de desempenho (produto entre o coeficiente de correlação (r) e o de concordância), conforme descrito por Souza et al. [2]. Por fim, empregou-se o método dos valores de posição ( $V_p$ ) dos indicativos estatísticos para classificar e definir o melhor método para a estimativa de  $K_p$  e de  $ET_0$ . Para a obtenção do valor de  $V_p$  atribuiu-se pesos de 1 a “n” (número de modelos avaliados) para cada indicador estatístico, sendo atribuído o peso 1 ao melhor modelo e o peso “n” ao pior, e conseqüentemente, o melhor modelo apresentará menor valor de  $V_p$  acumulado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os modelos baseados no Tanque Classe A os maiores valores de  $ET_0$  tendem a ocorrer nos meses de agosto e setembro (inverno), enquanto que para PMF 56 ocorrem em outubro e dezembro (Tabela 1). Esse comportamento para PMF justifica-se em função do método combinar termos energéticos e aerodinâmicos na estimativa da  $ET_0$ , ou seja, ocorre o aumento dos níveis de energia disponível (saldo de radiação) decorrentes da diminuição dos ângulos zenitais em outubro. Por conseguinte, os modelos baseados no Tanque Classe A são caracterizados pelo poder evaporante do ar (umidade do ar e temperatura do ar) e pela evaporação direta que ocorre no período diurno promovida pelo aumento da transmissividade atmosférica no inverno. Os desvios indicam o grau de dispersão estatística quando comparado com a média, sendo que menores valores perfazem em maiores proximidades da média, e vice-versa.

A Figura 1 apresenta as correlações entre a  $ET_0$  estimada por PMF (variável dependente) e pelos métodos baseados na evaporação do Tanque Classe A (variável independente), em agrupamentos anuais de dados. Em geral, para esse tipo de correlação, coeficientes angulares próximos de 1,0 (um) indicam que os valores de  $ET_0$  estimados pelos dois métodos são semelhantes. Com exceção do método PER, notou-se que a tendência de superestimativas da  $ET_0$  pelos modelos baseados na evaporação, visto que os coeficientes angulares são inferiores a 1,0. Para esses agrupamentos, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variaram de 0,52 a 0,63, com maiores valores obtidos pelo método SNY.

Esteves et al. [12] compararam diferentes métodos para se obter o  $K_p$  em Campos dos Goytacazes (21°18'47" S, 41° 18'24" W, 118 m) e verificaram que os métodos CUE, FAO 56 e SNY apresentaram coeficientes angulares próximos de 1,0 (um) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) na ordem de 81%. No entanto, a adoção apenas do  $R^2$  não é recomendada para critérios de definição de qualidade dos métodos, visto que esse índice estatístico não estabelece o tipo e a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa [17].

Tabela 1. Valores médios mensais, sazonais e anuais da evaporação e da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) diária estimada pelo método de Penman- Monteith FAO 56 e por métodos baseados na evaporação do Tanque Classe A ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), em Sinop-MT, entre 09/2010 e 06/2013.

Período	Evaporação	Modelos de estimativa da $ET_0$								
		Penmam Montheit FAO 56	Snyder	Pereira et al.	Raghuwanshi & Wallender	Cuenca	Orang	FAO 56	FAO 24	Kp Direto
<b>Janeiro</b>	4,61 ± 2,30	3,80 ± 1,27	4,32 ± 2,16	3,48 ± 1,72	4,65 ± 2,27	3,80 ± 1,90	3,78 ± 1,89	3,79 ± 1,88	3,82 ± 1,87	3,47 ± 1,73
<b>Fevereiro</b>	3,58 ± 2,32	4,19 ± 1,42	3,28 ± 2,11	2,70 ± 1,76	3,71 ± 2,46	2,91 ± 1,87	2,89 ± 1,89	2,91 ± 1,88	3,02 ± 1,98	3,27 ± 2,13
<b>Março</b>	4,43 ± 2,17	4,27 ± 1,20	4,05 ± 1,97	3,38 ± 2,31	4,63 ± 2,31	3,59 ± 1,75	3,57 ± 1,74	3,61 ± 1,77	3,76 ± 1,86	3,97 ± 1,95
<b>Abril</b>	4,47 ± 2,14	3,86 ± 0,75	3,99 ± 1,92	3,44 ± 1,66	4,68 ± 2,25	3,56 ± 1,72	3,55 ± 1,70	3,61 ± 1,74	3,72 ± 1,80	3,80 ± 1,82
<b>Mai</b>	5,34 ± 1,64	3,58 ± 0,76	4,71 ± 1,42	4,03 ± 1,23	5,57 ± 1,73	4,23 ± 1,28	4,21 ± 1,28	4,26 ± 1,29	4,46 ± 1,38	3,92 ± 1,20
<b>Junho</b>	6,28 ± 1,75	3,18 ± 0,49	5,33 ± 1,41	4,68 ± 1,29	6,47 ± 1,86	4,85 ± 1,30	4,83 ± 1,30	4,90 ± 1,32	4,93 ± 1,30	3,08 ± 0,86
<b>Julho</b>	7,40 ± 1,62	3,47 ± 0,57	5,91 ± 1,27	5,47 ± 1,23	7,51 ± 1,71	5,46 ± 1,17	5,47 ± 1,18	5,55 ± 1,20	5,49 ± 1,19	3,82 ± 0,84
<b>Agosto</b>	8,39 ± 1,88	3,88 ± 0,32	6,39 ± 1,44	6,16 ± 1,44	8,22 ± 2,12	5,96 ± 1,34	6,02 ± 1,35	6,07 ± 1,38	6,14 ± 1,42	6,14 ± 1,38
<b>Setembro</b>	7,91 ± 2,59	4,33 ± 0,44	6,07 ± 1,85	5,93 ± 1,97	7,87 ± 2,70	5,64 ± 1,74	5,70 ± 1,78	5,77 ± 1,81	5,89 ± 1,89	5,52 ± 1,81
<b>Outubro</b>	5,69 ± 2,36	4,63 ± 0,92	4,90 ± 1,87	4,22 ± 1,69	5,62 ± 2,30	4,44 ± 1,71	4,41 ± 1,71	4,43 ± 1,72	4,45 ± 1,74	4,17 ± 1,65
<b>Novembro</b>	4,71 ± 2,58	4,22 ± 0,89	4,32 ± 2,36	3,50 ± 1,90	4,75 ± 2,55	3,83 ± 2,09	3,81 ± 2,08	3,80 ± 2,07	3,90 ± 2,10	4,66 ± 2,55
<b>Dezembro</b>	4,58 ± 2,19	4,83 ± 0,69	4,19 ± 1,99	3,48 ± 1,68	4,76 ± 2,35	3,72 ± 1,77	3,70 ± 1,76	3,73 ± 1,78	3,87 ± 1,88	3,77 ± 1,80
<b>Outono</b>	5,17 ± 2,09	3,60 ± 0,77	4,55 ± 1,79	3,92 ±	5,39 ± 2,21	4,09 ± 1,62	4,06 ± 1,61	4,12 ± 1,64	4,24 ± 1,67	4,05 ± 1,64
<b>Inverno</b>	7,85 ± 2,05	3,81 ± 0,58	6,10 ± 1,50	5,82 ± 1,55	7,84 ± 2,14	5,66 ± 1,41	5,70 ± 1,43	5,77 ± 1,45	5,81 ± 1,50	5,60 ± 1,46
<b>Primavera</b>	5,19 ± 2,45	4,50 ± 0,89	4,57 ± 2,08	3,86 ± 1,83	5,17 ± 2,47	4,10 ± 1,89	4,08 ± 1,88	4,09 ± 1,89	4,15 ± 1,91	4,58 ± 2,16
<b>Verão</b>	4,67 ± 2,28	4,27 ± 1,26	4,29 ± 2,09	3,54 ± 1,74	4,82 ± 2,37	3,80 ± 1,85	3,78 ± 1,84	3,81 ± 1,86	3,92 ± 1,92	3,49 ± 1,71
<b>Anual</b>	6,05 ± 2,51	3,97 ± 0,89	5,07 ± 1,94	4,52 ± 1,187	6,12 ± 2,56	4,61 ± 1,80	4,61 ± 1,81	4,66 ± 1,83	4,73 ± 1,86	4,59 ± 1,91

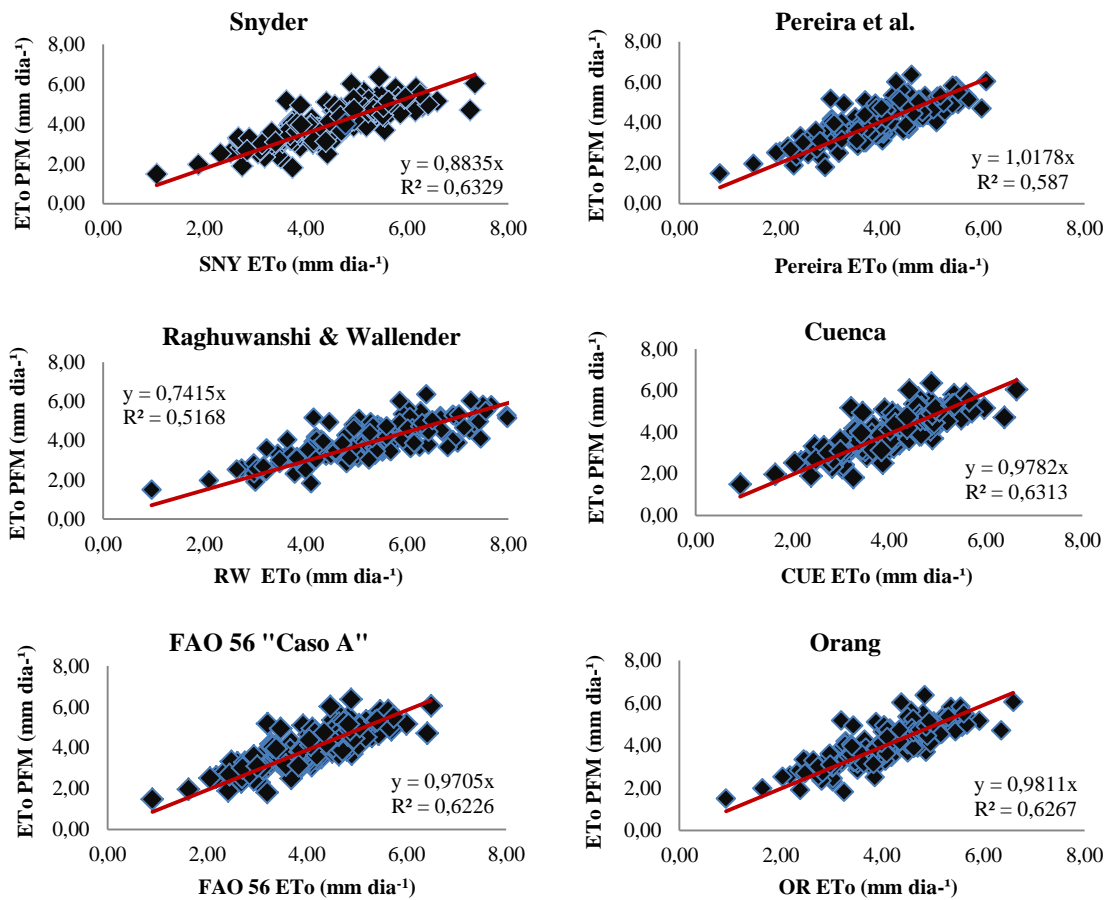


Figura 1. Regressões lineares entre a evapotranspiração estimada por Penman- Monteith FAO 56 e estimada por métodos empíricos baseados na evaporação do Tanque Classe A, na região de Sinop, MT.

Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de regressão para estimativas da evapotranspiração de referência quando empregados os Tanques Classe A. Nesse caso, observa-se que os valores de  $R^2$  tendem a variabilidade similar ao longo do ano (entre 0,42 e 0,83), sendo que em todos os meses, no mínimo um modelo avaliado apresentou coeficientes de correlação superiores a 0,65. Esses resultados foram semelhantes aos valores obtidos por Sentelhas & Folegatti [19] e por Conceição [20] para valores diários médios mensais. Esteves et al. [12], estudando a comparação de diferentes métodos para obtenção de  $K_p$  em Campos dos Goytacazes (21°18'47" S, 41° 18'24" W, 11 m de altitude), verificaram que os métodos CUE, FAO 56 e SNY apresentaram coeficientes angulares próximos de 1,0 (um) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) na ordem de 81%.

Contudo, ressalta-se que ambos não são suficientes para definir qual o melhor método a ser usado, porém os coeficientes angulares indicam as tendências de sub ou superestimar a  $ET_0$  nas condições climáticas regionais e época do ano. Os parâmetros ajustados para cada correlação mensal oscilaram entre 0,577 e 1,420, sendo estes resultados, semelhantes aos valores obtidos por Sentelhas & Folegatti [19].

Tabela 2. Coeficientes angulares e coeficientes de determinação das correlações entre a evapotranspiração de referência estimada por Penman- Monteith FAO 56 e por métodos baseados na Evaporação do Tanque Classe A (ECA), para a região de Sinop-MT, entre 09/2010 e 06/2013.

Período	Snyder		Pereira et al.		Raghuwanshi & Wallender		Cuenca		Orang		FAO 56		FAO 24		Kp Direto	
	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>	a	R <sup>2</sup>
Janeiro	0,813	0,56	0,977	0,59	0,717	0,62	0,920	0,58	0,925	0,58	0,914	0,58	0,886	0,62	0,753	0,62
Fevereiro	1,172	0,82	1,420	0,82	1,029	0,83	1,325	0,82	1,332	0,82	1,322	0,82	1,271	0,83	0,915	0,82
Março	1,019	0,72	1,204	0,70	0,875	0,72	1,141	0,73	1,149	0,73	1,136	0,72	1,081	0,78	0,897	0,67
Abril	0,975	0,66	1,137	0,69	0,828	0,70	1,089	0,67	1,096	0,69	1,079	0,69	1,033	0,62	0,851	0,60
Mai	0,840	0,69	0,934	0,56	0,706	0,72	0,931	0,69	0,937	0,69	0,923	0,66	0,883	0,63	0,734	0,65
Junho	0,809	0,62	0,924	0,70	0,657	0,60	0,890	0,65	0,895	0,65	0,882	0,70	0,906	0,74	0,490	0,51
Julho	0,905	0,72	0,991	0,69	0,716	0,61	0,982	0,72	0,982	0,72	0,969	0,72	0,985	0,70	0,516	0,93
Agosto	0,960	0,63	0,993	0,48	0,778	0,68	1,029	0,60	1,018	0,51	1,011	0,42	1,028	0,61	0,732	0,57
Setembro	0,852	0,61	0,879	0,67	0,577	0,69	0,912	0,59	0,901	0,54	0,883	0,52	0,893	0,60	0,699	0,81
Outubro	0,836	0,59	0,984	0,71	0,728	0,51	0,929	0,64	0,935	0,65	0,93	0,66	0,914	0,56	0,733	0,70
Novembro	0,883	0,77	1,063	0,73	0,782	0,68	0,988	0,75	0,995	0,75	0,992	0,76	0,955	0,73	0,988	0,75
Dezembro	0,895	0,71	1,089	0,64	0,781	0,72	1,010	0,72	1,016	0,72	1,011	0,69	0,969	0,66	0,823	0,73
Outono	0,896	0,59	1,036	0,50	0,754	0,54	0,995	0,57	1,001	0,57	0,985	0,55	0,971	0,60	0,784	0,51
Inverno	0,891	0,69	0,962	0,71	0,709	0,51	0,967	0,72	0,965	0,73	0,953	0,73	0,968	0,67	0,713	0,73
Primavera	0,915	0,42	1,101	0,42	0,805	0,45	1,034	0,44	1,041	0,44	1,029	0,43	0,994	0,72	0,883	0,60
Verão	0,862	0,64	1,018	0,61	0,742	0,46	0,958	0,65	0,961	0,63	0,955	0,63	0,935	0,61	0,749	0,51
Anual	0,884	0,63	1,018	0,59	0,742	0,52	0,978	0,63	0,981	0,63	0,971	0,62	0,957	0,63	0,759	0,55

Na avaliação dos indicadores estatísticos de desempenho das equações dos agrupamentos anuais aplicadas para esses mesmos agrupamentos de dados (Tabela 3), observa-se que todos os métodos superestimaram a evapotranspiração de referência, com máximos de 0,15 mm para PER. Notou-se comportamentos semelhantes quanto aos espalhamentos gerados (RMSE inferiores a 0,428 mm) e ajustamentos superiores a 87,1%, que perfizeram desempenhos superiores a 62,6% (acima da classe “mediano”). Segundo Duarte et al. [21] a tendência de superestimativas da ET<sub>0</sub> por métodos de evaporação, decorre da área relativamente pequena do Tanque Classe A, da absorção da radiação pelas paredes do recipiente e pelo fato dele criar seu próprio ambiente aerodinâmico ao ficar exposto acima do solo, permite a obtenção de valores exagerados de evaporação, proporcionando uma superestimativa da ET<sub>0</sub>.

Tabela 3 – Indicativos estatísticos de desempenho das estimativas da ET<sub>0</sub> diária média anual por métodos de obtenção do coeficiente de tanque (Kp), para a região de Sinop-M, entre 09/2010 e 06/2013.

Métodos	MBE (mm dia <sup>-1</sup> )	RMSE (mm dia <sup>-1</sup> )	d	r	c	Vp*
<b>Cuenca (1989)</b>	0,122 (5)	0,427 (5)	0,883 (2)	0,795 (1)	0,702 (2)	(15)
<b>FAO 56 (Caso A)</b>	0,113 (3)	0,425 (2)	0,883 (2)	0,789 (4)	0,696 (5)	(16)
<b>Snyder (1992)</b>	0,106 (2)	0,425 (2)	0,883 (2)	0,789 (4)	0,696 (5)	(15)
<b>Orang (1998)</b>	0,127 (6)	0,427 (5)	0,883 (2)	0,792 (3)	0,699 (3)	(19)
<b>Pereira et al. (1995)</b>	0,150 (7)	0,426 (4)	0,882 (6)	0,766 (6)	0,676 (7)	(30)
<b>Raghuwanshi &amp; Wallender</b>	0,097 (1)	0,428 (7)	0,871 (7)	0,719 (8)	0,626 (8)	(31)
<b>FAO 24</b>	0,121 (4)	0,423 (1)	0,878 (8)	0,794 (2)	0,697 (4)	(19)
<b>Evaporação (Kp direto)</b>	0,245 (8)	1,979 (8)	0,995 (1)	0,741 (7)	0,737 (1)	(25)

MBE: erro médio do desvio; RMSE: raiz quadrada do quadrado médio do erro; d: índice de ajustamento; r: coeficiente de correlação; c: coeficiente de desempenho; Vp: valor de posição; Variações de posição para cada estatística, são atribuídos ao cálculo da estatística Vp (menor Vp – melhor modelo em cada indicador estatístico; maior Vp – pior modelo em cada indicador estatístico); \*\* Valores de Vp acumulados para todos os indicadores estatísticos (menor Vp – melhor modelo).

Os maiores coeficientes de correlação ( $r$ ) foram obtidos para os métodos de OR, CUE e FAO 24. Os resultados encontrados para o método SNY foram inferiores quando comparados com os dados obtidos por Conceição [20] para a região de Jales – SP (19°53' S, 50°19' W, 445 m de altitude), cujo coeficiente de correlação variou entre 0,89 e 0,93; de Peixoto [24] na região de Mossoró – RN, com valores de “ $r$ ” entre 0,87 a 0,95; Mendonça et al. [11], com valores de “ $r$ ” entre 0,87 a 0,89. Contudo, ressalta-se que em ambos os trabalhos, foram realizadas correlações com a  $ET_0$  média diária mensal estimada pelos métodos de Tanque classe A e PMF. Esses desempenhos estatísticos para esse tipo de média são esperados e corroboram com a literatura. Irmak et al. [22] nas condições climáticas de Gainesville (Florida, US) obtiveram RMSE de 0,50 mm dia<sup>-1</sup> para o método CUE e espalhamentos de até 0,80 mm dia<sup>-1</sup> para o método SNY. Já Gundekar et al. [23] obtiveram os menores valores de erro absoluto médio (MBE) igual a 0,39 mm dia<sup>-1</sup> e RMSE de 0,47 mm dia<sup>-1</sup>, para correlações com a  $ET_0$  mensal estimada pelos métodos do tanque Classe A e a  $ET_0$  obtida por PMF para as condições da região de Marathwada na Índia.

Como os valores de “ $d$ ” representa o índice de concordância ou similaridade, expressando o índice de ajustamento entres os modelos de estimativas em relação aos valores observados, indicando que 0 (zero) perfaz a falta de concordância e 1 (um) que indica perfeita concordância [18], têm-se que para valores diários médios anuais, o método com melhores resultados foi o de Cuenca [7], com ajustamento de 88,31%. Nesse caso, o valor de “ $d$ ” foi superior aos resultados encontrados por Peixoto et al. [24] para a região de Mossoró – RN (5°11'S; 37°20' W; altitude de 18m), no qual os maiores ajustamentos foram para o método de Snyder [4], com valores de “ $d$ ” iguais a 0,805.

Com base nos valores de “ $d$ ” e “ $r$ ” pode-se indicar que em valores diários médios anuais, o método CUE permitiu estimar os valores de  $ET_0$  com maior êxito em relação aos demais, havendo menor desvio entre os valores observados e estimados, com maior índice de confiança e desempenho considerado “bom” (0,702). No entanto, as demais metodologias também apresentaram índices de desempenho considerados “bom”, com exceção do modelo RW. Esse resultado corrobora com Lopes et al. [13], que na região de Aquidauana – MS (20°20' S, 55°48' W, 155 m), obtiveram índices de desempenho iguais a 0,669 para CUE. Já Esteves et al. [12], em Campo de Goytacazes, observaram que o método CUE apresentou eficiência de 81% na estimativa da  $ET_0$  diária.

Os menores agrupamentos de dados, como os mensais (Tabela 4), permitem avaliar o comportamento das estimativas com base nas variações específicas de cada mês, como os efeitos de nebulosidade, aerossóis, temperatura, ventos, umidade do ar, dentro outros. Nesse caso, independentemente do método de obtenção de  $K_p$ , observou-se superestimativas da  $ET_0$  entre maio e agosto (outono/inverno) e subestimativas nos meses de primavera/verão.

Para estimativas mensais (Tabela 4) foram obtidos MBE variando entre -1,838 (janeiro) e 0,890 mm dia<sup>-1</sup> (agosto), sendo os melhores valores de MBE encontrados em fevereiro. Por conseguinte, os valores de RMSE oscilaram entre 1,056 a 2,440 mm dia<sup>-1</sup>, indicando que para um mesmo valor de  $ET_0$  estimada com base no tanque Classe A podem ser obtidos grandes espalhamentos quando aplicadas equações anuais. Porém, as aplicações específicas em agrupamentos mensais permitiram melhorias significativas do índice de concordância ( $d$ ), visto que as variações foram de 0,846 a 0,990. Os coeficientes de correlação ( $r$ ) foram semelhantes para os métodos avaliados. Quando analisa-se os índices de desempenho, têm-se em fevereiro, maiores valores obtidos pelos métodos FAO 24, OR e RW).



Tabela 4 – Indicativos estatísticos de desempenho das estimativas da  $ET_0$  diária média mensal por métodos de obtenção do coeficiente de tanque (Kp), para a região de Sinop-MT.

Métodos	Meses	MBE (mm dia <sup>-1</sup> )	RMSE (mm dia <sup>-1</sup> )	d	R	c	Vp**	Meses	MBE (mm dia <sup>-1</sup> )	RMSE (mm dia <sup>-1</sup> )	d	R	c	Vp**
CUE		-1,574 (3)*	2,420 (3)	0,863 (3)	0,762 (5)	0,658 (5)	(19)		0,607 (5)*	1,072 (4)	0,868 (6)	0,849 (4)	0,738 (3)	(22)
FAO 56		-1,630 (5)	2,419 (2)	0,862 (5)	0,759 (6)	0,654 (7)	(25)		0,609 (6)	1,083 (6)	0,868 (6)	0,851 (2)	0,838 (2)	(17)
SNY		-1,551 (1)	2,422 (6)	0,862 (5)	0,745 (8)	0,643 (8)	(28)		0,610 (7)	1,076 (5)	0,868 (6)	0,850 (3)	0,737 (4)	(25)
OR	Jan	-1,569 (2)	2,420 (3)	0,863 (3)	0,759 (6)	0,655 (6)	(20)	Jul	0,603 (3)	1,068 (3)	0,868 (6)	0,849 (4)	0,737 (4)	(20)
PER		-1,705 (6)	2,421 (5)	0,936 (1)	0,769 (4)	0,720 (1)	(17)		0,589 (2)	1,066 (2)	0,877 (3)	0,830 (7)	0,728 (6)	(20)
RW		-1,838 (8)	2,440 (8)	0,846 (8)	0,785 (1)	0,664 (4)	(29)		0,624 (8)	1,153 (8)	0,876 (4)	0,778 (8)	0,682 (8)	(36)
FAO 24		-1,756 (7)	2,423 (7)	0,854 (7)	0,785 (1)	0,670 (3)	(25)		0,605 (4)	1,093 (7)	0,872 (5)	0,835 (6)	0,728 (6)	(28)
KpDireto		-1,605 (4)	2,417 (1)	0,864 (2)	0,785 (1)	0,678 (2)	(10)		0,111 (1)	0,545 (1)	0,971 (2)	0,967 (1)	0,938 (1)	(06)
CUE		-0,289 (3)	1,303 (5)	0,893 (6)	0,908 (3)	0,811 (6)	(23)		0,846 (5)	1,458 (4)	0,868 (2)	0,773 (4)	0,671 (5)	(20)
FAO 56		-0,318 (4)	1,259 (4)	0,902 (5)	0,906 (5)	0,818 (5)	(23)		0,824 (2)	1,435 (2)	0,868 (2)	0,651 (8)	0,565 (8)	(22)
SNY		-0,288 (2)	1,351 (7)	0,880 (8)	0,903 (8)	0,794 (8)	(33)		0,837 (3)	1,446 (3)	0,868 (2)	0,792 (2)	0,688 (3)	(13)
OR	Fev	-0,287 (1)	1,311 (6)	0,984 (1)	0,907 (4)	0,892 (2)	(14)	Ago	0,861 (5)	1,477 (6)	0,868 (2)	0,716 (6)	0,622 (6)	(26)
PER		-0,351 (5)	1,153 (3)	0,924 (4)	0,906 (5)	0,838 (4)	(21)		0,845 (4)	1,464 (5)	0,868 (2)	0,693 (7)	0,601 (7)	(25)
RW		-0,436 (7)	1,056 (1)	0,943 (3)	0,911 (1)	0,859 (3)	(15)		0,729 (1)	1,372 (1)	0,856 (8)	0,826 (1)	0,707 (2)	(13)
FAO 24		-0,383 (6)	1,113 (2)	0,981 (2)	0,911 (1)	0,894 (1)	(12)		0,890 (7)	1,526 (7)	0,866 (7)	0,782 (3)	0,677 (4)	(28)
KpDireto		-0,886 (8)	1,531 (8)	0,882 (7)	0,904 (7)	0,797 (7)	(37)		1,759 (8)	2,076 (8)	0,941 (1)	0,756 (5)	0,712 (1)	(23)
CUE		-0,560 (3)	2,049 (5)	0,872 (2)	0,852 (2)	0,743 (3)	(15)		-0,291 (2)	1,519 (3)	0,878 (6)	0,765 (6)	0,672 (7)	(24)
FAO 56		-0,582 (4)	2,050 (6)	0,871 (7)	0,846 (6)	0,737 (7)	(30)		-0,383 (5)	1,512 (1)	0,978 (1)	0,720 (8)	0,705 (4)	(19)
SNY		-0,514 (1)	2,071 (8)	0,872 (2)	0,848 (5)	0,739 (6)	(22)		-0,214 (1)	1,527 (4)	0,877 (7)	0,779 (4)	0,683 (5)	(21)
OR	Mar	-0,553 (2)	2,053 (7)	0,872 (2)	0,852 (2)	0,743 (3)	(16)	Set	-0,344 (4)	1,514 (2)	0,879 (5)	0,733 (7)	0,644 (8)	(26)
PER		-0,650 (7)	2,033 (3)	0,870 (8)	0,837 (7)	0,728 (8)	(33)		-0,513 (7)	1,537 (6)	0,891 (3)	0,817 (3)	0,728 (3)	(22)
RW		-0,645 (6)	2,038 (4)	0,872 (2)	0,850 (4)	0,741 (5)	(21)		-0,911 (8)	1,629 (8)	0,890 (4)	0,832 (2)	0,740 (2)	(24)
FAO 24		-0,639 (5)	2,032 (2)	0,872 (2)	0,882 (1)	0,769 (1)	(11)		-0,404 (6)	1,528 (5)	0,875 (8)	0,775 (5)	0,678 (6)	(30)
KpDireto		-0,689 (8)	2,014 (1)	0,917 (1)	0,819 (8)	0,751 (2)	(20)		-0,302 (3)	1,586 (7)	0,914 (2)	0,898 (1)	0,821 (1)	(14)
CUE		-0,712 (3)	2,216 (6)	0,920 (6)	0,821 (5)	0,755 (5)	(25)		-0,371 (2)	1,217 (2)	0,919 (3)	0,801 (7)	0,736 (7)	(21)
FAO 56		-0,744 (4)	2,209 (5)	0,922 (5)	0,828 (4)	0,763 (3)	(21)		-0,383 (7)	1,255 (6)	0,915 (6)	0,814 (5)	0,745 (5)	(29)
SNY		-0,669 (1)	2,227 (8)	0,919 (8)	0,810 (6)	0,744 (6)	(29)		-0,376 (5)	1,229 (4)	0,920 (2)	0,769 (8)	0,707 (8)	(27)
OR	Abr	-0,710 (2)	2,216 (6)	0,920 (6)	0,829 (3)	0,762 (4)	(21)	Out	-0,372 (3)	1,217 (2)	0,919 (3)	0,803 (6)	0,738 (6)	(20)
PER		-0,817 (6)	2,195 (2)	0,925 (1)	0,838 (1)	0,775 (1)	(11)		-0,382 (6)	1,250 (5)	0,913 (8)	0,840 (3)	0,766 (4)	(26)
RW		-0,833 (7)	2,202 (3)	0,925 (1)	0,838 (1)	0,775 (1)	(13)		-0,338 (1)	1,214 (1)	0,914 (7)	0,853 (2)	0,780 (3)	(14)
FAO 24		-0,791 (5)	2,205 (4)	0,924 (3)	0,788 (7)	0,728 (7)	(26)		-0,373 (4)	1,263 (7)	0,917 (5)	0,956 (1)	0,876 (1)	(18)
KpDireto		-0,850 (8)	2,183 (1)	0,923 (4)	0,775 (8)	0,715 (8)	(29)		-0,438 (8)	2,211 (8)	0,967 (1)	0,838 (4)	0,811 (2)	(23)
CUE		0,487 (6)	1,839 (6)	0,921 (6)	0,831 (4)	0,766 (3)	(25)		-0,615 (3)	1,560 (3)	0,918 (5)	0,867 (4)	0,796 (8)	(23)
FAO 56		0,474 (4)	1,796 (4)	0,925 (5)	0,811 (6)	0,750 (6)	(25)		-0,624 (4)	1,585 (4)	0,918 (5)	0,874 (2)	0,802 (5)	(20)
SNY		0,530 (8)	1,880 (8)	0,919 (8)	0,833 (3)	0,765 (4)	(31)		-0,598 (1)	1,551 (1)	0,918 (5)	0,877 (1)	0,805 (5)	(13)
OR	Mai	0,486 (5)	1,840 (7)	0,921 (6)	0,831 (4)	0,765 (4)	(26)	Nov	-0,614 (2)	1,559 (2)	0,918 (5)	0,868 (3)	0,797 (7)	(19)
PER		0,267 (1)	1,652 (1)	0,931 (1)	0,848 (1)	0,784 (1)	(05)		-0,628 (5)	1,619 (6)	0,990 (1)	0,855 (7)	0,847 (2)	(21)
RW		0,439 (3)	1,781 (3)	0,926 (2)	0,848 (1)	0,784 (1)	(10)		-0,666 (7)	1,629 (7)	0,990 (1)	0,822 (8)	0,813 (4)	(27)
FAO 24		0,491 (7)	1,805 (5)	0,926 (2)	0,792 (8)	0,733 (8)	(30)		-0,656 (6)	1,605 (5)	0,955 (4)	0,857 (6)	0,818 (3)	(24)
KpDireto		0,399 (2)	1,763 (2)	0,926 (2)	0,805 (7)	0,746 (7)	(20)		0,327 (8)	1,856 (8)	0,988 (3)	0,867 (4)	0,857 (1)	(24)
CUE		0,547 (2)	1,037 (5)	0,954 (4)	0,804 (1)	0,767 (2)	(14)		-0,511 (8)	1,912 (7)	0,878 (3)	0,762 (8)	0,669 (8)	(34)
FAO 56		0,560 (6)	1,035 (3)	0,954 (4)	0,804 (1)	0,767 (2)	(16)		-0,070 (4)	0,209 (3)	0,874 (4)	0,833 (5)	0,728 (7)	(23)
SNY		0,549 (4)	1,044 (7)	0,996 (1)	0,804 (1)	0,801 (1)	(14)		-0,076 (6)	0,228 (5)	0,872 (5)	0,840 (4)	0,732 (6)	(26)
OR	Jun	0,548 (3)	1,038 (6)	0,954 (4)	0,804 (1)	0,767 (2)	(16)	Dez	-0,071 (5)	0,213 (4)	0,872 (5)	0,846 (3)	0,737 (5)	(22)
PER		0,577 (7)	1,033 (2)	0,955 (3)	0,804 (1)	0,767 (2)	(15)		-0,103 (7)	0,310 (6)	0,939 (2)	0,802 (7)	0,752 (2)	(24)
RW		0,550 (5)	1,036 (4)	0,954 (4)	0,804 (1)	0,767 (2)	(16)		-0,063 (3)	0,188 (2)	0,872 (5)	0,847 (2)	0,739 (4)	(16)
FAO 24		0,760 (8)	1,232 (8)	0,947 (8)	0,804 (1)	0,761 (7)	(32)		-0,038 (2)	0,115 (1)	0,985 (1)	0,814 (6)	0,802 (1)	(11)
KpDireto		-0,524 (1)	0,829 (1)	0,960 (2)	0,713 (8)	0,684 (8)	(20)		-0,036 (1)	1,957 (8)	0,872 (5)	0,852 (1)	0,743 (3)	(18)

Na avaliação dos desempenhos estatísticos para estimativas de  $ET_0$  em valores diários médios sazonais, notou-se no outono pela avaliação do MBE e RMSE, que os métodos CUE e FAO 56 subestimam a  $ET_0$  de PMF em  $-0,187$  e  $-0,075$  mm dia<sup>-1</sup> e apresentaram espalhamento de 1,901 e 1,931 mm dia<sup>-1</sup> (Tabela 5) As demais metodologias superestimam a  $ET_0$ , com valores de MBE e RMSE próximos entre si, contudo em função dos maiores índices de concordância ocorrerem para os métodos supracitados, estes por sua vez, apresentaram os melhores desempenhos.

Durante o inverno, todas as metodologias superestimaram a evapotranspiração  $ET_0$  de PMF, corroborando com as observações de Vescove & Turco [25], para a região de Araraquara-SP. Avaliando apenas o índice de desempenho, observou-se bons ajustes para todas as metodologias (com exceção do método RW), com desempenhos classificados com “muito bom”, com destaque para o método PER com valor “c” igual 0,843. Esse resultado diverge do obtido por Lopes et al. [13], que definiram que o método CUE apresentou os melhores resultados para a região de Aquidauana (MS), com desempenho considerado “bom”.

Tabela 5 – Indicativos estatísticos de desempenho das estimativas da  $ET_0$  diária média sazonal por métodos de obtenção do coeficiente de tanque (Kp), para a região de Sinop-M, entre 09/2010 e 06/2013.

Estação	Métodos	MBE (mm dia <sup>-1</sup> )	RMSE (mm dia <sup>-1</sup> )	d	r	c	Vp**
Outono	Cuenca (1989)	-0,187 (3)	1,901 (6)	0,976 (3)	0,804 (1)	0,785 (1)	(14)
	FAO 56 (FAO A)	-0,075 (1)	1,931 (8)	0,977 (1)	0,742 (6)	0,725 (2)	(18)
	Snyder (1992)	0,106 (5)	0,425 (3)	0,883 (4)	0,789 (4)	0,696 (5)	(21)
	Orang (1998)	0,127 (7)	0,427 (4)	0,883 (4)	0,792 (3)	0,699 (3)	(21)
	Pereira et al (1995)	0,150 (8)	0,426 (2)	0,882 (6)	0,766 (5)	0,676 (7)	(28)
	Raghuwanshi & Wallender (1998)	0,097 (4)	0,428 (5)	0,871 (8)	0,719 (7)	0,626 (8)	(32)
	Doorenbos & Puit (1977)	0,121 (6)	0,423 (1)	0,878 (7)	0,794 (2)	0,697 (4)	(20)
	Evaporação TCA	-0,133 (2)	1,913 (7)	0,977 (1)	0,711 (8)	0,695 (6)	(24)
Inverno	Cuenca (1989)	1,163 (2)	1,661 (2)	0,985 (3)	0,848 (4)	0,836 (5)	(16)
	FAO 56 (FAO A)	1,174 (3)	1,674 (3)	0,985 (3)	0,855 (1)	0,842 (2)	(12)
	Snyder (1992)	1,146 (1)	1,643 (1)	0,985 (3)	0,833 (6)	0,820 (6)	(17)
	Orang (1998)	1,178 (4)	1,676 (4)	0,985 (3)	0,853 (3)	0,840 (4)	(18)
	Pereira et al (1995)	1,205 (6)	1,722 (5)	0,998 (1)	0,845 (5)	0,843 (1)	(18)
	Raghuwanshi & Wallender (1998)	1,186 (5)	1,748 (7)	0,998 (1)	0,713 (8)	0,712 (8)	(29)
	Doorenbos & Puit (1977)	1,278 (8)	1,788 (8)	0,985 (3)	0,817 (7)	0,805 (7)	(33)
	Evaporação TCA	1,225 (7)	1,740 (6)	0,985 (3)	0,854 (2)	0,841 (3)	(21)
Verão	Cuenca (1989)	-0,466 (4)	2,044 (4)	0,964 (4)	0,661 (4)	0,638 (4)	(20)
	FAO 56 (FAO A)	-0,498 (5)	2,032 (3)	0,965 (2)	0,653 (6)	0,630 (6)	(22)
	Snyder (1992)	-0,464 (2)	2,053 (6)	0,964 (4)	0,650 (7)	0,626 (8)	(27)
	Orang (1998)	-0,465 (3)	2,045 (5)	0,964 (4)	0,659 (5)	0,636 (5)	(22)
	Pereira et al (1995)	-0,538 (6)	2,012 (1)	0,966 (1)	0,651 (8)	0,629 (7)	(23)
	Raghuwanshi & Wallender (1998)	-0,566 (7)	2,013 (2)	0,965 (2)	0,670 (3)	0,647 (3)	(17)
	Doorenbos & Puit (1977)	1,873 (8)	3,615 (8)	0,950 (8)	0,851 (1)	0,809 (1)	(26)
	Evaporação TCA	-0,295 (1)	2,074 (7)	0,964 (4)	0,771 (2)	0,744 (2)	(16)
Primavera	Cuenca (1989)	-0,729 (2)	1,791 (1)	0,986 (2)	0,804 (1)	0,793 (1)	(07)
	FAO 56 (FAO A)	-0,884 (6)	1,819 (5)	0,986 (2)	0,795 (4)	0,784 (4)	(21)
	Snyder (1992)	-0,739 (5)	1,792 (2)	0,986 (2)	0,802 (2)	0,791 (2)	(13)
	Orang (1998)	-0,742 (4)	1,793 (3)	0,986 (2)	0,796 (3)	0,786 (3)	(15)
	Pereira et al (1995)	-0,738 (3)	1,804 (4)	0,987 (1)	0,779 (6)	0,769 (6)	(20)
	Raghuwanshi & Wallender (1998)	-1,834 (8)	2,228 (8)	0,986 (2)	0,677 (8)	0,668 (8)	(34)
	Doorenbos & Puit (1977)	-0,965 (7)	1,827 (6)	0,986 (2)	0,781 (5)	0,771 (5)	(25)
	Evaporação TCA	-0,502 (1)	2,008 (7)	0,985 (8)	0,715 (7)	0,704 (7)	(30)

MBE: erro médio do desvio; RMSE: raiz quadrada do quadrado médio do erro; d: índice de ajustamento; r: coeficiente de correlação; c: coeficiente de desempenho; Vp: valor de posição.

Nas diferenças nos valores médios de Kp para as metodologias e períodos do ano avaliados (mensais, sazonais e anuais) ocorreram variações de 0,49 (KpDireto – junho) a 1,05 (RW – dezembro), com exceção da média anual (Tabela 6), visto que os valores de Kp foram próximos independentemente do método. O emprego de Kp direto (método da evaporação) propiciou

melhores resultados nos meses de janeiro, julho e setembro, enquanto que, o método RW sobressaiu-se nos meses de abril, agosto e outubro; o método FAO 24 gerou melhores resultados em fevereiro, março e dezembro; e por fim, SNY possibilitou melhores estimativas da  $ET_0$  em novembro e agosto. Para os valores diários médios sazonais, o método CUE se destacou nas estações de outono e verão, FAO 56 para o inverno, a KpDireto no verão. Por conseguinte, nos valores diários médios anuais, os melhores resultados foram obtidos por CUE e SNY.

Tabela 6. Valores dos coeficientes do tanque ( $K_p$ ) diários médios mensais, sazonais e anuais para diferentes metodologias na região de Sinop, MT, entre 09/2010 e 06/2013.

Mês	Cuenca	FAO 56	Snyder	Orang	Pereira et al.	Raghuwanshi & Wallender	FAO 24	KpDireto
<b>Janeiro</b>	0,8297	0,8140	0,9484	0,8267	0,7343	0,9350	0,7900	0,7528
<b>Fevereiro</b>	0,8172	0,8119	0,9252	0,8132	0,7468	1,0021	0,8250	0,9147
<b>Março</b>	0,8254	0,8222	0,9401	0,8219	0,7555	1,0261	0,8375	0,8965
<b>Abril</b>	0,8206	0,8201	0,9304	0,8162	0,7597	1,0340	0,8417	0,8513
<b>Mai</b>	0,8054	0,8113	0,9029	0,8000	0,7616	1,0500	0,8500	0,7339
<b>Junho</b>	0,7756	0,7860	0,8540	0,7713	0,7538	1,0500	0,8056	0,4897
<b>Julho</b>	0,7358	0,7528	0,7958	0,7372	0,7459	1,0409	0,7476	0,5164
<b>Agosto</b>	0,7005	0,7083	0,7497	0,7100	0,7221	0,9260	0,7176	0,7319
<b>Setembro</b>	0,7742	0,7764	0,8525	0,7704	0,7427	0,9803	0,7727	0,6985
<b>Outubro</b>	0,7821	0,7755	0,8640	0,7771	0,7375	1,0034	0,7917	0,7334
<b>Novembro</b>	0,8176	0,8083	0,9251	0,8131	0,7408	0,9977	0,8227	0,9881
<b>Dezembro</b>	0,8084	0,8135	0,9080	0,8030	0,7640	1,0500	0,8500	0,8233
<b>Outono</b>	0,8075	0,8115	0,9074	0,8027	0,7601	1,0407	0,8378	0,7836
<b>Inverno</b>	0,7338	0,7458	0,7948	0,7365	0,7398	1,0030	0,7491	0,7134
<b>Primavera</b>	0,7917	0,7855	0,8804	0,7868	0,7392	0,9990	0,8010	0,8830
<b>Verão</b>	0,8191	0,8142	0,9283	0,8149	0,7495	1,0074	0,8278	0,7488
<b>Anual</b>	0,7795	0,7117	0,7517	0,7112	0,7249	0,8584	0,7000	0,7585

Para a definição do valor de  $K_p$  recomendado para a região, propôs-se a utilização de valores de posição ( $V_p$ ), que permite agrupar todos os indicativos estatísticos, dos diferentes agrupamentos de dados (coeficientes angulares das correlações anuais aplicadas em bases de dados anuais, sazonais e mensais; sazonais em bases de dados sazonais e mensais; e mensais em bases de dados mensais). Esse ordenamento consiste em atribuir valores de acordo com o número de métodos de estimativa da  $ET_0$  avaliados (1 a 8) para um mesmo indicativo estatístico, sendo o menor valor atribuído a melhor metodologia para o período analisado. Sequencialmente, a definição da melhor metodologia a ser recomendada para região é dada pelo somatório dos valores agregados para cada método durante todo o ano, sendo que, o menor valor acumulado encontrado reflete no método com o melhor desempenho estatístico.

Nesse contexto, a aplicação dos coeficientes angulares das correlações apresentadas na Tabela 2, indicaram que em agrupamentos mensais, os métodos KpDIR, CUE e OR apresentaram  $V_p$  acumulados de 40, 41 e 49, respectivamente. Nos agrupamentos anuais, quando aplicados em bases de dados mensais e sazonais, os menores valores de  $V_p$  acumulados foram obtidos pelos métodos CUE, SNY e FAO 24 (28, 31 e 47). Esses resultados indicam que podem ser empregados os valores médios anuais de  $K_p$  (Tabela 7) para obtenção de  $K_p$  e da  $ET_0$  diária na região Norte e do Médio-Norte do Mato Grosso.

Tabela 7. Recomendação de metodologias de correção do coeficiente de Tanque Classe A ( $K_p$ ) para estimativa da  $ET_0$  diária ( $mm\ dia^{-1}$ ), para a região de Sinop, MT, entre 09/2010 e 06/2013.

Período	Métodos	$K_p$ médio
<b>Janeiro</b>	Evaporação TCA	0,7528
<b>Fevereiro</b>	FAO 24	0,8250
<b>Março</b>	FAO 24	0,8375
<b>Abril</b>	Pereira et al., (1995)	0,7997
<b>Mai</b>	Pereira et al., (1995)	0,7616
<b>Junho</b>	Cuenca (1989)	0,7756
<b>Julho</b>	FAO 56 (Caso A)	0,7528
<b>Agosto</b>	Snyder (1992)	0,7497
<b>Setembro</b>	Evaporação TCA	0,6985
<b>Outubro</b>	FAO 24	0,7917
<b>Novembro</b>	Snyder (1992)	0,9251
<b>Dezembro</b>	FAO 24	0,8500
<b>Outono</b>	Cuenca (1989)	0,8075
<b>Inverno</b>	FAO 56 (Caso A)	0,7458
<b>Primavera</b>	Cuenca (1989)	0,7488
<b>Verão</b>	Evaporação TCA	0,8278
<b>Anual</b>	Cuenca (1989); Snyder (1992); FAO 24	0,78; 0,75; 0,70

#### 4. CONCLUSÃO

As estimativas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) por meio do tanque Classe A, na região de Sinop-MT, apresentaram comportamentos e sazonalidades semelhantes ao método de Penman Montheit FAO 56, com dependência de correções do coeficiente do tanque ( $K_p$ ).

A utilização da Evaporação do Tanque Classe A ( $K_p$  direto) pode ser considerado como uma ótima ferramenta para os agricultores no manejo da irrigação, tanto nos veranicos da estação chuvosa como em toda a estação seca da região (maio a setembro).

Para a região de Sinop-MT são recomendados o emprego dos métodos de Cuenca (1989), Snyder (1992) e FAO 24 (Doorenbos & Pruitt, 1977), com valores médios de  $K_p$  de 0,78; 0,75 e 0,70, respectivamente, em todos os meses e estações do ano.

- Oliveira GM, Leitão MMVB, Bispo LC, Santos IMS, Almeida AC. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia. *Rev Bras Agric Irrigada* 2010; 4(2): 104-109.
- Souza AP, Carvalho DF, Silva LBD, Almeida FT, Rocha HS. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. *Pesq Agropec Bras*. 2011; 46(3): 219-228.
- Borges AC, Mendiondo EM. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. *Rev Bras Eng Agric Ambient*. 2007; 11(3): 293-300.
- Snyder RL. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *J Irrig Drainag Eng*. 1992; 118(6): 977-980.
- Pereira AR, Villa Nova NA, Pereira AS, Barbieri V. A model for the class A pan coefficient. *Agric For Meteorol*. 1995; 76(1): 75-82.
- Raghuwanshi NS, Wallender WW. Converting from pan evaporation to evapotranspiration. *J Irrig Drainag Eng*. 1998; 124(5): 275-277.
- Cuenca RH. *Irrigation system design: an e engineering approach*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. 1989. 133p.
- Orang M. Potential accuracy of the popular non-linear regression equations for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables. Unpublished California Department of Water Resources Report, Sacramento, Califórnia, 1998.
- Doorenbos J, Pruitt WO. *Crop Water Requirements*. Rome: FAO (Irrigation and Drainage Paper,

- 24), 1977.
10. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO (Irrigation and Drainage Paper, 56). 1998 [acesso em 25 nov 2014]; Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>>.
  11. Mendonça JC, Sousa EF, Andre RGB, Bernardo S. Coeficientes do tanque Classe “A” para estimativa da evapotranspiração de referência em Campo dos Goytacazes, RJ. *Rev Bras Agrometeorologia* 2006; 14(1): 123-128.
  12. Esteves BS, Mendonça JC, Sousa EF, Bernardo S. Avaliação de Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev Bras Eng Agric Ambient.* 2010; 14(3): 274-278.
  13. Lopes AS, Oliveiera GQ, Jung LH, Pacheco A. Avaliação do coeficiente do tanque classe A para estimativa da evapotranspiração de referência em Aquidauana-MS. *Irriga* 2012; 1-11.
  14. Souza AP, Mota LL, Zamadei T, Martim CC, Almeida FT, Paulino J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Pesq Agr Ambient.* 2013; 1(1): 34-43.
  15. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 2013; 22(6): 711-728.
  16. Pereira AR, Villa Nova NA, Sedyama GC. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ. 1997.
  17. Barros VR, Souza AP, Carvalho DF, Silva LDB. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. *Rev Bras Cienci Agrarias* 2009; 4(1): 198-203.
  18. Wilmott CJ. On the validation of models. *Phys Geography* 1981; 2(1): 184-194.
  19. Sentelhas PC, Folegatti MV. Classe A coeficientes de tanque (K<sub>p</sub>) para a estimativa da evapotranspiração de referência diária (ET<sub>o</sub>). *Rev Bras Agrometeorologia* 2003; 7(1): 111-115.
  20. Conceição MAF. Reference evapotranspiration based on class A pan evaporation. *Sci Agricola* 2002; 59(3): 417-42.
  21. Duarte WO, Barros DDL, Assunção WL. Comparação entre as leituras diárias do tanque classe "A" e o evaporímetro de piché, da estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia. In: *SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA: PERSPECTIVAS PARA O CERRADO NO SÉCULO XXI*, 2. Anais... Uberlândia: UFU, 2003. p.1-5.
  22. Irmak S, Haman DZ, Jones JW. Evaluation of class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. *J Irrig Drainag Eng* 2002; 128(3): 153-159.
  23. Gundekar HG, Khodke UM, Sarkar S, Rai RK. Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrig Science* 2008; 26(1): 169-175.
  24. Peixoto TDC, Levien SLA, Bezerra AHF, Silva STA. K<sub>p</sub>ClasseASIM: uma ferramenta para estimativa do coeficiente do Tanque Classe A. *Rev Bras Agric Irrigada* 2012; 6(4): 296-302.
  25. Vescove VH, Turco JEP. Comparação de três métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. *Eng Agricola* 2005; 25(3): 713-721.