



**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE
TEMPERATURAS MÉDIAS PARA CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE
REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE SOBRAL/CE**

Eugenio Paceli de Miranda¹, Gilbenes Bezerra Rosal², Tatiana Belo de Sousa Custodio²

RESUMO: Esse trabalho teve como objetivo verificar o desempenho de diferentes métodos de determinação da temperatura média para cálculo da evapotranspiração de referência para o município de Sobral, localizado no norte do estado do Ceará. Considerou-se como método padrão a média entre a temperatura máxima e mínima do ar, método esse recomendado pela FAO 56. O desempenho dos métodos foi verificado utilizando o Índice de Concordância de Camargo e Sentelha (c), o Erro Padrão Estatístico (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM). Com relação ao Índice de Concordância de Camargo e Sentelha (c) todos os métodos analisados obtiveram valores superior a 0,99, classificados como “ótimo”. Em relação ao Erro Padrão Estatístico (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM), o método que apresentou maior valor foi o método da média das temperaturas das 24 horas, respectivamente, 0,225 e 0,185, enquanto os demais métodos variaram entre 0,031 e 0,053.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura média do ar, Penman-Monteith, índice de concordância.

**PERFORMANCE EVALUATION OF METHODS OF DETERMINATION OF
AVERAGE TEMPERATURES TO CALCULATE THE REFERENCE
EVAPOTRANSPIRATION FOR THE MUNICIPALITY OF SOBRAL-CE**

ABSTRAC: This work had as objective to verify the performance of different methods of determination of the average temperature. The research was done for the city of Sobral/Brasil, located in the north of the state of Ceará. The average method between the maximum and minimum air temperature, as recommended by the FAO 56, was considered as the standard method. The performance of the methods was verified using the Camargo and Sentelha Concordance Index (c), the Statistical Standard Error (EPE) and the Mean Absolute Error (EAM). Regarding the Camargo and Sentelha Concordance Index (c), all the analyzed methods obtained values greater than 0.99, classified as "optimal". In relation to the Statistical Standard Error (EPE) and the Mean Absolute Error (EAM) the method that presented the highest value was the method of the average temperature of 24 hours, respectively, 0.225 and 0.185, while the other methods ranged from 0.031 to 0.053.

KEYWORDS: Average air temperature, Penman-Monteith, concordance index.

INTRODUÇÃO

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em animais e principalmente vegetais (Valeriano & Picini, 2000).

¹ Prof. Doutor IFCE, Iguatu - Ceará, Email: eu.paceli@yahoo.com.br

² Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, IFCE- Campus Iguatu-CE

A temperatura é um dos mais importantes elementos meteorológicos, pois a mesma traduz os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e consequentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos (Dantas et al., 2000).

A verificação da confiabilidade de métodos utilizados para estimar a temperatura média do ar é importante, visto que valores de temperatura são frequentemente utilizados para avaliar efeitos positivos ou negativos em atividades agrícolas como produção agropecuária, irrigação, zoneamentos agroclimáticos, estudos de mudança climática, entre outras (Jerszurki & Souza, 2010).

Na estimativa da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith (FAO 56) pode-se utilizar a temperatura média diária do ar determinada a partir da média das temperaturas máxima e mínima diária (Allen et al., 1998).

Conhecer a temperatura média do ar e os efeitos que ela pode causar é de extrema importância para obter cada vez mais precisão na evapotranspiração, com o intuito de avaliar a variabilidade que se pode obter em cada particularidade o presente trabalho tem por objetivo avaliar diferentes métodos de determinação da temperatura média do ar, usando o método padrão da FAO 56 para estimativa da temperatura média e avaliar os demais métodos.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Sobral está localizado na região norte do estado do Ceará, entre as coordenadas geográficas: latitude (sul) 3° 41' 10" e longitude (Wgr) 40° 20' 59", com uma área de aproximadamente 2.122,98 Km². De clima semiárido, com períodos chuvosos concentrados de janeiro a maio, com temperaturas variando de 21°C a 39°C e médias entre 26°C e 28°C.

Calculou-se a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith FAO-56, considerada como método padrão (Equação 1) para diferentes valores de temperaturas médias de acordo com as Equações 2, 3, 4, 5 e 6 para o ano de 2017.

$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot v_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_{oPM} – evapotranspiração de referência Penman-Monteith (mm dia⁻¹); Δ – declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹); R_n – radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹); G – densidade do fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ – constante psicrometria (kPa °C⁻¹);

T_{med} – temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$); v_2 – velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s^{-1}); e_a – pressão parcial de vapor (kPa); e_s – pressão de saturação de vapor (kPa).

$$T_{med} (FAO) = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (2)$$

$$T_{med1} = \frac{T^{9h} + T_{max} + T_{min} + 2 \cdot T^{21h}}{5} \quad (3)$$

$$T_{med2} = \frac{T^{7h} + T^{14h} + 2 \cdot T^{21h}}{4} \quad (4)$$

$$T_{med3} = \frac{\sum_{i=1}^{24} T_i}{24} \quad (5)$$

$$T_{med4} = \frac{\sum_{i=1}^8 T_{3i}}{8} \quad (6)$$

em que: T_{max} – temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$); T_{min} - temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$); T^{7h} - temperatura do ar medido as 7 horas ($^{\circ}\text{C}$); T^{9h} - temperatura do ar medido as 9 horas ($^{\circ}\text{C}$); T^{14h} - temperatura do ar medido as 14 horas ($^{\circ}\text{C}$); T^{21h} - temperatura do ar medido as 21 horas ($^{\circ}\text{C}$); T_i - temperatura do ar medido a cada 1 hora ($^{\circ}\text{C}$) e T_{3i} - temperatura do ar medido a cada 3 horas ($^{\circ}\text{C}$).

A análise dos dados foi feita através do índice de concordância de Camargo e Sentelha (Equação 7).

$$c = d \cdot r \quad (7)$$

em que: c – índice de concordância de Camargo e Sentelha (adimensional); d – índice de Willmott (adimensional) e r – coeficiente de correlação de Pearson (adimensional).

A determinação do índice de Willmott (d) foi feita através da Equação 8, com o coeficiente de determinação (r) definida pela Equação 9.

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

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{P}|)(|O_i - \bar{O}|)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2] \cdot [\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2]}} \quad (9)$$

em que: d – índice de concordância de Willmott; r – coeficiente de determinação; P_i – i -ésimo valor do método a ser ajustado; O_i – i -ésimo valor do método padrão; $\bar{O}$ – valor médio do método padrão.

A classificação do desempenho do índice de concordância de Camargo e Sentelha (c) é feita de acordo com a Tabela 1.



Tabela 1. Critérios de classificação do índice de desempenho (c).

Índice de desempenho (c)	Classificação
> 0,85	Ótimo
0,76 – 0,85	Muito Bom
0,66 – 0,75	Bom
0,61 – 0,65	Mediano
0,51 – 0,60	Sufrível
0,41 – 0,50	Mal
<= 0,40	Péssimo

Ainda para avaliar o desempenho das metodologias de cálculos das temperaturas médias, utilizou-se o Erro Padrão de Estimativa (EPE) e o Erro Absoluto Médio (EAM) mostrado, respectivamente, nas equações 10 e 11.

$$EPE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (10)$$

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{n} \quad (11)$$

em que: EPE – erro padrão de estimativa; EAM – erro absoluto médio; O_i – estimativa pelo método padrão (mm dia^{-1}); P_i – estimativa do método avaliado (mm dia^{-1}); n – número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de concordância (c), com sua devida classificação, do Erro Padrão Estatístico (EPE) e do Erro Absoluto Médio (EAM) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Índices de concordância (c), classificação, Erro Padrão Estatístico (EPE) e Erro Absoluto Médio (EAM) para os métodos comparados ao método padrão da FAO 56.

MÉTODO	c	Classificação	EPE	EAM
Tmed1	0,999752	Ótimo	0,045	0,033367
Tmed2	0,999402	Ótimo	0,045	0,031525
Tmed3	0,993896	Ótimo	0,225	0,185780
Tmed4	0,999524	Ótimo	0,053	0,039124

Tmed1 = média ponderada da temperatura máxima, mínima, 9 h e 21 h; tmed2 = média ponderada da temperatura as 7 h, 14 h e 21 h; Tmed3 = média aritmética da temperatura média de hora em hora para as 24 horas do dia; Tmed4 = média aritmética da temperatura média de 3 em 3 horas.

Para interpretação dos resultados é necessário entender que à medida em que o índice de concordância de Camargo e Sentelha (c) se aproxima de um indica maior confiabilidade da equação. Para compreensão do erro absoluto médio (EAM) e erro padrão estatístico (EPE) entenda que quanto mais próximo a zero maior será a confiabilidade da equação.



O índice de desempenho de Camargo e Sentelha (c) mostra que todos os resultados tem concordância ótima. Os mesmos resultados são corroborados por Ledo (2011) e Vieira (2012). Com relação aos índices EPE e EAM os resultados estão próximos a zero para todas as metodologias, observa-se que a metodologia da média aritmética das 24 horas, Equação 5 (Tmed3) foi a que mais se distanciou da unidade no índice de desempenho de Camargo e Sentelha (c) e apresentou valores maiores nos índices EPE e EAM, indicando assim menos precisão quanto aos demais métodos.

Embora a equação Tmed3 apresente menor confiabilidade isso não apresenta que ela é inviável apenas é menos precisa, note que ambas tem valor de concordância ótimos e a diferença entre elas não é um valor exageradamente grande que impeça de usar no cálculo da evapotranspiração na ausência de outros dados de temperatura do ar.

CONCLUSÃO

Considerando simultaneamente o índice de desempenho de Camargo e Sentelha (c) e os índices de erros (EPE e EAM) as Equações Tmed1 (média ponderada da temperatura máxima, mínima, 9 h e 21 h), Tmed2 (média ponderada da temperatura as 7 h, 14 h e 21 h) e Tmed4 (média aritmética da temperatura média de 3 em 3 horas) e Tmed3 (média aritmética da temperatura média de hora em hora para as 24 horas do dia) comparados ao método padrão da FAO 56 obtiveram respectivamente os melhores desempenhos para a estimativa da evapotranspiração em Sobral - CE.

REFERÊNCIAS

- ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper**, 56. Rome: FAO, 1998.
- DANTAS, R. T.; NÓBREGA, R. S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. Estimativas das temperaturas máxima e mínima do ar em Campina Grande-PB. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA; Rio de Janeiro, **Anais...** p. 534-537, 2000.
- JERSZURKI, D.; SOUZA, J. L. M. Estimativa da temperatura média diária do ar em distintas regiões brasileiras empregando métodos alternativos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 407-416, Sept./Oct. 2010.
- LEDO, E.R.F.; SILVA, M.G.; NOGUEIRA, D.H.; MIRANDA, E.P.; ARAÚJO, E.M.; ARAÚJO, E.M. Avaliação de metodologias empregadas no cálculo da temperatura média do ar na região de Barbalha-CE. **Revista brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, nº 4, p 310-319, 2011.



V WINOTEC

O Semiárido Brasileiro

— Realidades e Perspectivas —

2018

Sobral - Ceará
23 a 25 de Maio

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

VIEIRA, W.L.; MACÊDO, K.G.; LIMA JÚNIOR, J.C.;TORRES, W.L.V.;MIRANDA, E.P.;SOUZA, S.A. Desempenho da estimativa da evapotranspiração de referência utilizando diferentes métodos no calculo da temperatura média do ar, Tauá-CE. **IN: VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Tocantins, 2012.