



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.5.2.2020.3184.214-220



## Comparação de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática e estimativa da evapotranspiração de referência em Imperatriz/MA

### Comparison of meteorological data obtained by conventional and automatic station and estimation of the reference evapotranspiration in Imperatriz/MA

Elton Ferreira Lima<sup>a</sup>, Rafael Guimarães Silva Moraes<sup>b</sup>, Bryann Lynconn Araujo Silva Fonseca<sup>c</sup>, Cristiane Matos da Silva<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. Avenida Roraima, n. 1000, Cidade Universitária, Camobi Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 97105-900. E-mail: [elton110@hotmail.com](mailto:elton110@hotmail.com).

<sup>b</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF. Avenida Alberto Lamego, n. 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 28013-602. E-mail: [r.f.guimaraes@hotmail.com](mailto:r.f.guimaraes@hotmail.com).

<sup>c</sup> Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL. Rua Godofredo Viana, n. 1300, Centro, Imperatriz, Maranhão, Brasil. CEP: 65901-480. E-mail: [lynconn0202@hotmail.com](mailto:lynconn0202@hotmail.com), [crisamatos@bol.com.br](mailto:crisamatos@bol.com.br).

#### ARTICLE INFO

Recebido 05 Mai 2020

Aceito 30 Jun 2020

Publicado 30 Jun 2020

#### ABSTRACT

The use of meteorological data in agriculture is of great importance in the forecast of evapotranspiration and projection of future scenarios, requiring precision in the stations of collection of these data. The study aimed to compare the meteorological data obtained in the conventional station in relation to those obtained in the automatic station, as well as to estimate the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) by the Penman-Monteith method. To achieve these objectives, daily data on maximum and minimum temperature, maximum and minimum real humidity, wind speed and solar radiation were acquired from two types of weather stations: a conventional (EMC) and an automatic (EMA), belonging to the grid stations of the National Meteorological Institute (INMET) both located in the city of Imperatriz/MA. To compare the data as well as the evapotranspiration obtained from these data, linear regression analysis was used and the determination coefficient (R<sup>2</sup>) was determined. In addition, the relative percentage of data obtained from EMC in relation to data obtained from EMA (overestimation/underestimation) (%), Willmott's agreement index (d), correlation coefficient (r) and confidence coefficient (c) proposed by Camargo e Sentelhas. The results of this study showed that the stations present relatively large divergences in terms of maximum temperature, minimum temperature, wind speed and solar radiation data, requiring the calibration of the conventional station sensor. The average temperature and the average relative air humidity were similar with the best correlation between EMC and EMA. The reference evapotranspiration by the Penman Monteith method showed a very high classification according to Cohen's classification, in terms of the correlation coefficient and poor performance by the Camargo and Sentelhas classification.

**Keywords:** Agrometeorology, irrigation, Penman-Monteith.

#### RESUMO

O uso de dados meteorológicos na agricultura tem grande importância na previsão da evapotranspiração e projeção de cenários futuros, sendo necessário precisão nas estações de coletas desses dados. O estudo objetivou comparar os dados meteorológicos obtidos na estação convencional em relação aqueles obtidos na estação automática, bem como estimar a evapotranspiração de referência (E<sub>o</sub>) pelo método de Penman-Monteith. Para alcançar tais objetivos, dados diários de temperatura máxima, mínima, umidade relativa máxima e mínima, velocidade do vento e radiação solar foram adquiridos de dois tipos de estação meteorológicas: uma

convencional (EMC) e outra automática (EMA), pertencentes à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ambas localizadas no município de Imperatriz/MA. Para comparação dos dados bem como da evapotranspiração obtida a partir desses dados, utilizou-se a análise de regressão linear e determinou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Além disso, utilizou-se também a porcentagem relativa dos dados obtidos na EMC em relação aos dados obtidos na EMA (superestimativa/subestimativa) (%), o índice de concordância de Willmott (d), o coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas. Os resultados deste estudo mostraram que as estações apresentam divergências relativamente grandes quanto aos dados de temperatura máxima, temperatura mínima, velocidade do vento e radiação solar, sendo necessária a calibração do sensor da estação convencional. A temperatura média e a umidade relativa média do ar foram semelhantes apresentando a melhor correlação entre a EMC e EMA. A evapotranspiração de referência pelo método de Penman Monteith apresentou classificação muito alta segundo a classificação de Cohen, quanto ao coeficiente de correlação e desempenho satisfatório pela classificação de Camargo e Sentelhas.

**Palavras-Chave:** Agrometeorologia, irrigação, Penman-Monteith.

## Introdução

A água é o fator mais limitante à produção agrícola. O Brasil tem 12% da água doce do mundo, mas, mesmo assim, os conflitos pelo seu uso têm aumentado dia a dia, isso porque a distribuição entre as regiões é bastante desigual. Projeções recentes estimam que lavouras de subsistência como feijão, milho e mandioca podem sofrer queda acentuada na produtividade até 2030 devido à intensificação dos períodos secos ocasionados pelas alterações climáticas (Lobell et al., 2008). Portanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que visem contribuir para um uso consultivo da água nos mais diversos setores.

Entre os setores que fazem maior uso da água, a agricultura irrigada vem ganhando grande destaque por ser responsável por aproximadamente 70% da água doce total consumida (Fao, 2016). Neste contexto, estudos envolvendo a predição precisa da evapotranspiração de referência são de grande importância para o planejamento, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação visando um uso mais eficiente da água, principalmente em áreas que sofrem de escassez hídrica.

Atualmente há vários métodos desenvolvidos para a estimativa da evapotranspiração de referência (Silva, 2015). Entre os vários métodos existentes na literatura, o método de Penman-Monteith vem sendo apontado mundialmente, como o mais adequado (Carvalho et al., 2011). Entretanto, devido ao grande número de variáveis meteorológicas necessárias para sua execução, o uso desse método tem ficado restrito em muitos locais (Palaretti et al., 2014). Porém, com o colossal avanço tecnológico o monitoramento das mais diversas variáveis climáticas tem sido otimizado, tornando fácil e rápido o acesso a essas informações devido à

automação dos equipamentos, permitindo o uso desse método nos mais diversos locais do mundo.

Desse modo, por ser de fácil operação e praticidade, sobretudo por não necessitar de um observador humano para a anotação de dados, é que o uso das estações meteorológicas automáticas vem ganhando espaço, e aos poucos substituindo as estações meteorológicas convencionais (Ribeiro et al., 2017). Entretanto, como relatado em diversos estudos, substituir uma estação meteorológica convencional por uma automática, não é apenas um ato de troca (Ribeiro et al., 2017). Por isso, estudos envolvendo a comparação de dados obtidos nas duas estações vem sendo desenvolvidos em vários locais, como forma de garantir a homogeneidade dos dados e transferir a confiabilidade dos dados da estação convencional para a automática.

Devido ao grande crescimento da cidade, a estação meteorológica convencional instalada no município de Imperatriz/MA se encontra hoje próximo ao centro da cidade, em um local cercado de casas e árvores, e portanto, pode não representar mais as reais condições climáticas do local devido a modificação das condições aerodinâmicas, de temperatura e projeção de sombras sobre os sensores. Assim, objetivou-se com este estudo comparar os dados meteorológicos obtidos na estação convencional em relação aqueles obtidos na estação automática, bem como a estimar evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith.

## Material e Métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado em área do município de Imperatriz, na região Sudoeste do estado do Maranhão, entre as coordenadas geográficas 5°31'32" S e 47°26'35" W, com altitude de 123 metros (Oliveira et al., 2020).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com precipitações mal distribuídas, e duas estações: a da chuva, que vai de outubro a abril, e a da seca, que vai de maio a setembro. A média pluviométrica anual é de 1463,5 mm, a do mês mais chuvoso (março) é de 279 mm e do mês mais seco (julho) de 6,4 mm. A temperatura média anual é de aproximadamente 26,4°C e a umidade relativa média do ar é de aproximadamente 90%.

#### Procedimentos metodológicos

Foram utilizados dados meteorológicos diários de temperatura do ar, máxima, mínima e média (°C); umidade relativa média (%); velocidade do vento ( $m s^{-1}$ ) e radiação solar global ( $kJ m^{-2}$ ) no período de março de 2008 a dezembro de 2015, adquiridos de dois tipos de estação meteorológica: uma convencional (EMC) e outra automática (EMA), ambas localizadas no município de Imperatriz/MA e, pertencentes à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Na ausência de medição de dados de radiação solar na estação convencional, a radiação foi estimada pela equação proposta por Hargreaves & Samani (1982), conforme Equação 1:

$$R_s = K_r \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5} \cdot R_a \quad \text{Eq.(1)}$$

onde:  $K_r$  = coeficiente de calibração igual a 0,16 (região interior) e 0,19 (região costeira), adimensional;  $T_{max}$  = temperatura máxima do ar, em °C;  $T_{min}$  = temperatura mínima do ar, em °C;  $R_a$  = radiação solar no topo da atmosfera, em  $MJ m^{-2} d^{-1}$ .

Através dos dados obtidos nas estações automáticas e convencionais foi estimada a evapotranspiração de referência ( $mm.dia^{-1}$ ), pelo método de Penman-Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (Equação 2).

$$ET_o(PMF) = \frac{[0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{T + 273}]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad \text{Eq.(2)}$$

onde:  $ET_o$  (PMF) = evapotranspiração de referência ( $mm dia^{-1}$ ),  $R_n$  = saldo de radiação em  $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ ,  $G$  = densidade do fluxo de calor no solo em  $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ ,  $\Delta$  = declinação da curva de saturação do vapor de água em  $kPa °C^{-1}$ ;  $U_2$  = velocidade do vento (média diária) a 2 m acima da superfície do solo em  $m.s^{-1}$ ,  $T$  = temperatura média do ar em °C,  $e_s$  = pressão de saturação do vapor em kPa,  $e_a$  = pressão atual do vapor em kPa e  $\gamma$  = fator psicrométrico em  $MJ kg^{-1}$ .

A comparação entre os dados obtidos na estação convencional em relação aos obtidos na

estação automática (considerada aqui como a que melhor representa as condições reais da atmosfera), bem como a  $ET_o$  obtida a partir desses dados, deu-se por meio da porcentagem relativa dos dados obtidos na EMC em relação aos dados obtidos na EMA (superestimativa/subestimativa) (%) (equação 3), análise de regressão linear, levando em consideração o coeficiente de determinação  $R^2$ . Além disso, foram empregados os seguintes índices estatísticos: índice de concordância de Willmott (d) (Willmott et al., 1982), coeficiente de correlação de Pearson (r) e o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997), representados pelas Equações 4, 5 e 6, respectivamente.

$$\% = \frac{P \cdot 100}{O} \quad \text{Eq.(3)}$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad \text{Eq.(4)}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}} \quad \text{Eq.(5)}$$

$$c = r \cdot d \quad \text{Eq.(6)}$$

onde:  $O_i$  são os dados coletados na EMA,  $P_i$  os dados coletados na EMC,  $O$  as médias dos dados da EMA,  $P$  média dos dados da EMC,  $n$  o número de observações e  $i$  o dia ou o mês.

Os valores do índice “C”, proposto por Camargo & Sentelhas (1997), variam de 0,0 para nenhuma concordância a 1,0 para concordância perfeita entre os dados, qualificando os resultados de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de interpretação do desempenho pelo índice “C”. Fonte: Camargo & Sentelhas (1997).

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

#### Resultados

A Figura 1 apresenta a porcentagem relativa (superestimativa/subestimativa) dos dados coletados na estação meteorológica convencional (EMC) em relação aos dados coletados na estação meteorológica automática (EMA), tomada como padrão para avaliação dos dados.

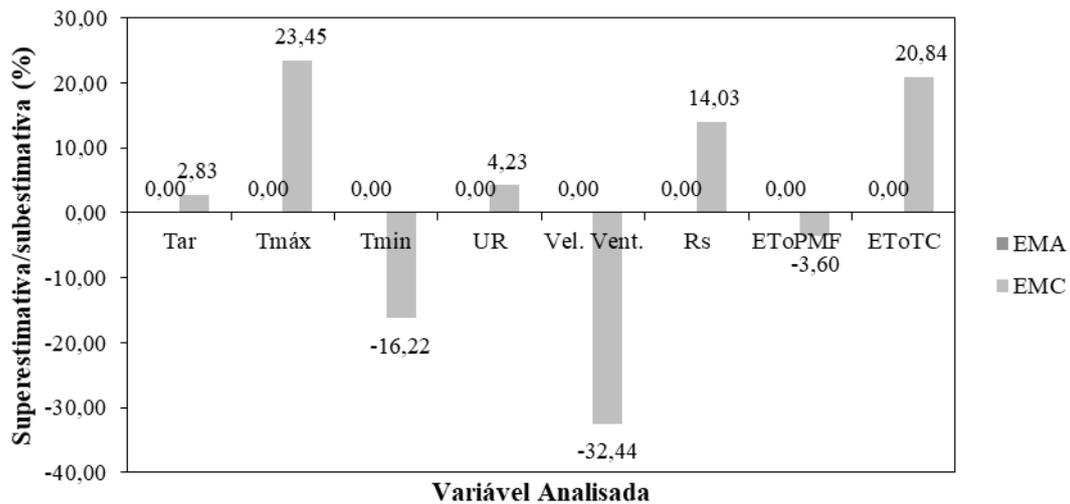


Figura 1. Percentagem relativa dos elementos meteorológicos coletados na Estação Meteorológica Convencional (EMC) em relação aos coletados na Estação Meteorológica Automática (EMA). Fonte: Lima et al. (2020).

Verifica-se na Figura 1 que os dados de temperatura média do ar (Tar), temperatura máxima (Tmáx), umidade relativa média (UR) e radiação solar (Rs) obtidos na EMC, superestimaram os valores obtidos na EMA em 2,83%; 23,45%; 4,23%; 14,03% e 20,84%, respectivamente. Por outro lado, os dados de temperatura mínima, velocidade do vento e evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (ETtoPM) medidos na EMC subestimaram os valores medidos na EMA em 16,22%; 32,44% e 3,60%, respectivamente.

Essas superestimativas e subestimativas observadas podem ser explicadas pelo fato da diferença existente entre o elemento sensor de cada variável analisada. Esses resultados corroboram os encontrados por Cunha et al. (2004) que, comparando elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu-SP, também encontraram superestimativas para os dados de temperatura média e máxima, na EMC, em relação aos dados da EMA na ordem de 13,08% e 1,88%, respectivamente.

Os modelos de regressão com dados diários de temperatura máxima do ar (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa média (URmed), velocidade do vento (Vel. Vento) e radiação solar (Rs), oriundos da EMC versus os da EMA com os respectivos índices estatísticos coeficiente de correlação ( $r$ ), exatidão ( $d$ ) e concordância ( $c$ ) são apresentados na Figura 2. Analisando os dados da Figura 2 em função de  $R^2$ , observa-se que a URmed (Figura 2D) foi a variável que apresentou maior correlação entre as medidas do sensor automático e convencional ( $R^2 = 0,70$ ), o que também foi observado com relação ao índice de concordância

( $d = 0,89$ ). De acordo com o coeficiente de correlação ( $r$ ) proposto por Cohen (1988), classifica-se a interação como muito alta ( $r = 83$ ) e de acordo com o índice de concordância proposto por Camargo & Sentelhas (1997) como bom desempenho ( $c = 0,74$ ). Esses resultados indicam que a umidade relativa média obtida entre a EMC e EMA apresentam uma alta exatidão, ou seja, ocorreu um baixo desvio entre os dados obtidos nas duas estações.

É provável que os resultados aqui encontrados estejam associados as baixas variações de umidade relativa observadas em Imperatriz/MA ao longo do ano. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2017), quando comparando dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas no Estado do Piauí, também obtiveram um bom desempenho no período anual para os dados de umidade relativa média, com valor de  $R^2 = 0,76$ ,  $r = 0,81$  e  $c = 0,71$  na cidade de Parnaíba.

Em relação aos dados de temperatura máxima (Figura 2B) verifica-se que esta variável apresentou um bom coeficiente de correlação  $r = 0,76$  que, pela classificação de Cohen (1988), que a classifica como uma correlação muito alta, muito embora essa variável tenha apresentado uma boa correlação, não foram encontrados bons índices de desempenho, com  $R^2 = 0,58$ ,  $d = 0,31$ ,  $c = 0,23$  e  $MAE = 6,52$  sendo classificada como péssimo desempenho. Esses resultados podem ser explicados pela diferença de valores encontrados nas estações devido aos tipos de sensores utilizados, sendo um termistor na EMA e um termômetro de mercúrio na EMC. Resultados diferentes foram obtidos por Pereira et al. (2008) que comparando dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em

Londrina/PR, encontraram boa exatidão e a segunda maior precisão ( $R^2 = 0,9925$ ) e concordância ( $d = 0,991$ ) para essa variável.

Para os dados de temperatura mínima (Figura 2C, houve uma baixa concordância, baixa determinação e uma correlação muito baixa ( $d = 0,29$ ,  $R^2 = 0,01$ ,  $r = 0,07$ ), resultando em um índice de desempenho péssimo ( $c = 0,02$ ). O péssimo desempenho encontrado pela comparação dos dados de temperatura mínima obtidos entre a EMC

e EMA, podem estar relacionados a possíveis falhas nos termômetros de mínima ou erros de leitura do observador meteorológico. Resultados diferentes foram encontrados por Almeida et al. (2013) que, comparando dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas em Areia/PB, obtiveram desempenho muito bom para a comparação dos dados de temperatura mínima obtidos entre as EMC e EMA, com valores de  $c = 0,83$ ,  $d = 0,86$  e  $R^2 = 0,932$ .

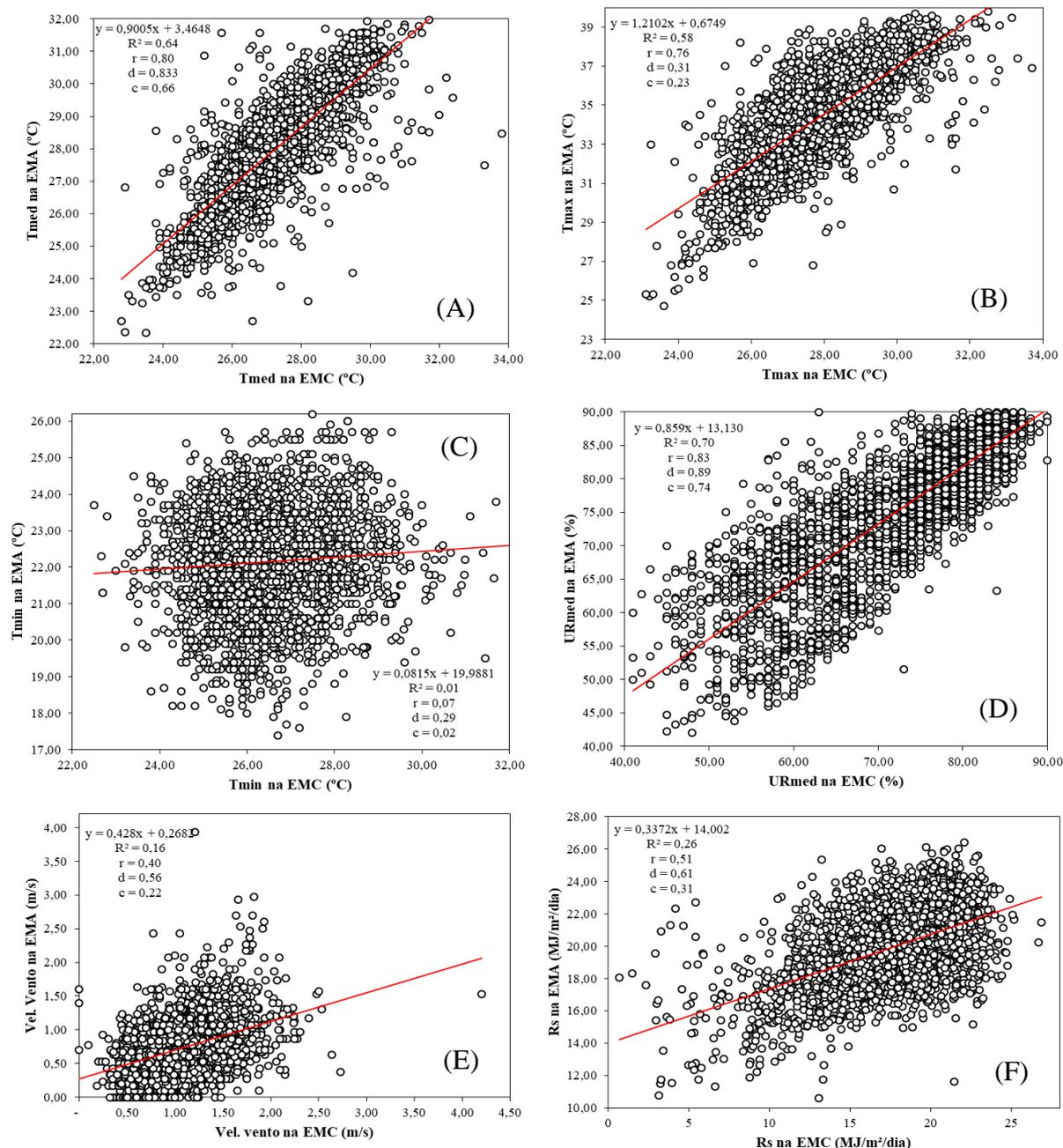


Figura 2. Relação entre dados meteorológicos diários de temperatura média do ar (A), temperatura máxima (B), temperatura mínima (C), umidade relativa média (D), velocidade do vento (E) e radiação solar (F), observados na Estação Meteorológica Convencional (EMC) e na Estação Meteorológica Automática (EMA), em Imperatriz/MA, para o período de março de 2008 a dezembro de 2015. Fonte: Lima et al. (2020).

Silva et al. (2004), em estudo desenvolvido na região do submédio do São Francisco,

comparando dados de temperatura mínima nas EMA e EMC, corroborando os resultados aqui

encontrados, também não obtiveram bom desempenho. Esses autores atribuíram os resultados encontrados à diferença existente entre os elementos sensores dos instrumentos da EMA, em que o sensor de temperatura responde mais rapidamente à variação de temperatura em relação aos termômetros da EMC.

A temperatura média do ar, por sua vez, (Figura 2A), assim como a umidade relativa média (Figura 2D), apresentou bom ajuste dos dados obtidos entre as duas estações, apresentando o segundo maior valor para o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,64$ ), sendo classificada de acordo com o coeficiente de correlação como uma correlação muito alta ( $r = 0,80$ ) e desempenho bom ( $c = 0,66$ ). Esses resultados corroboram os encontrados por Reis et al. (2015) que, comparando dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automática em Montes Claros/MG, obtiveram ótimo desempenho para os dados de temperatura média com  $R^2 = 0,9497$ ,  $r = 0,9745$ ,  $d = 0,9532$  e  $c = 0,9289$ .

Entretanto, embora os resultados aqui encontrados indiquem que a temperatura média do ar tenham apresentado uma correlação alta e apresentado um bom desempenho, verifica-se na Figura 2C uma pequena dispersão dos dados obtidos entre as duas estações; essa dispersão observada pode ser atribuída de acordo com Pereira et al. (2008), considerando os procedimentos adotados nos cálculos das médias diárias e no tipo de sensor de cada estação.

Observa-se que, dentre as variáveis analisadas, a velocidade do vento (Figura 2E) foi a segunda que apresentou o pior desempenho, perdendo apenas para a temperatura mínima. A análise de regressão mostra que, durante o período

analisado, não houve boa concordância entre as observações das duas estações meteorológicas ( $d = 0,56$ ), apresentando baixa precisão ( $R^2 = 0,16$ ), péssimo desempenho ( $c = 0,22$ ) e moderada correlação ( $r = 0,40$ ). Esses resultados podem ser explicados de acordo com Sentelhas (1998), pelo fato de que a velocidade do vento a 2 m na EMC foi estimada em função da velocidade observada a 10 m, segundo o método recomendado por Allen et al. (1998), sendo uma das fontes dos erros observados.

Analisando os dados de radiação solar (Figura 2F), os indicadores estatísticos ( $d$  e  $R^2$ ), mostram que não houve uma boa concordância entre os dados obtidos na EMC e EMA com valores de 0,61 e 0,26, respectivamente. Mostrando um dos piores desempenhos entre as variáveis analisadas ( $c = 0,31$ ), mesmo apresentando uma alta correlação de acordo com a classificação de Cohen (1988) ( $r = 0,51$ ). Os resultados aqui encontrados provavelmente estão associados ao fato de que a radiação solar na EMC foi estimada pela equação de Hargreaves & Samani (1982), visto que a EMC não tem um aparelho específico para medir a radiação solar, por outro lado, na EMA há um sensor específico para leitura dessa variável.

A Figura 3 apresenta a relação entre os dados de ETo obtido pelo método de Penman Monteith estimados a partir dos dados da EMC e EMA. Analisando a Figura 3, verifica-se que embora tenha ocorrido uma alta correlação de acordo com a classificação de Cohen (1988) com valor de  $r = 0,70$ , não houve um bom resultado para o coeficiente de determinação com valores de  $R^2 = 0,50$ . Sendo classificado de acordo com o índice de confiança proposto por Camargo & Sentelhas (1997) como sofrível.

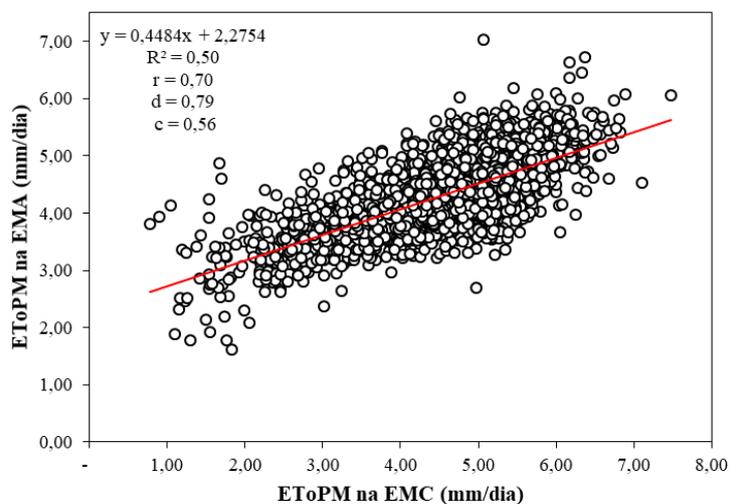


Figura 3. Relação entre a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith com dados da Estação Meteorológica Convencional (EMC) e da Estação Meteorológica Automática (EMA), em Imperatriz/MA, considerando o período de março de 2008 a dezembro de 2015. Fonte: Lima et al. (2020).

É provável que o desempenho sofrível aqui encontrado se deva ao fato das discrepâncias entre os dados de temperatura, radiação solar e velocidade do vento obtidos nas duas estações, as quais entram na equação de estimativa do método.

### Conclusão

A estação meteorológica convencional de Imperatriz/MA não representa mais as reais condições meteorológicas da região, devido as projeções de sombra sobre os sensores, como, também, devido às alterações nas condições aerodinâmicas apresentando grandes divergências entre os dados coletados, quando comparados aos coletados na estação automática.

### Referências

- Almeida, H. A.; Hermenegildo, G. M. S. 2013. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estações meteorológicas convencionais e automáticas. *Revista Brasileira de Climatologia*, 12, 1, 220-235.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smuth, M. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- Camargo, A. P.; Sentelhas, P. C. 1997. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, 5, 1, 89-97.
- Carvalho, L. G.; Rios, G. F. A.; Miranda, W. L.; Neto, P. C. 2011. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesq. Agropec. Trop.*, 41, 3, 456-465.
- Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum. 569p.
- Cunha, A. R.; Martins, D. 2004. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 12, 1, 103-111.
- FAO. 2018. *Aquastat-Water uses*. C. Disponível em: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm). Acesso em: 26 de agosto de 2018.
- Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. 1982. Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 108, 225-230.
- Lobell, D. B.; Burke, M. B.; Tebaldi, C.; Mastrandrea, M. D.; Falcon, W. P.; Naylor, R. L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319, 607-610.
- Palaretti, L. F.; Mantovani, E. C.; Sediya, G. C. 2014. Análise da sensibilidade dos componentes da equação de Hargreaves-Samani para a região de Bebedouro-SP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29, (2), 299-306.
- Pereira, L. M. P.; Camaoni, P. H.; Ricce, W. S.; Caviglione, J. H. 2008. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina, PR, Semina: Ciências Agrárias, 29, 2, 299-306.
- Oliveira, M. F.; Silva, W. A.; Silva, C. M.; Santana, J. S.; Silva, A. 2020. Germination and Initial Seedling Growth of *Schizolobium amazonicum* on Different Substrates and Irrigation Depths. *Floresta e Ambiente* 2020, 27, (1), e20171049.
- Reis, M. M.; Gonçalves Lopes, E. M.; Gonçalves Oliveira, F. 2015. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estações meteorológicas convencional e automática. *Anais XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem*. 2015, São Cristóvão/SE.
- Ribeiro, A. A.; Andrade Júnior, A. S.; Silva, E. M.; Simeão, M.; Bastos, E. A. 2017. Comparação entre dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas no estado do Piauí, Brasil. *Irriga*, 22, 2, 220-235.
- Silva, V. P. R.; Garcêz, S. L. A.; Silva, B. B.; Albuquerque, M. F.; Almeida, R. S. R. 2015. Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar em condições de sequeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, (5), 411-417.
- Silva, T. G. F.; Moura, M. S. B.; Turco, S. H. 2004. Comparação de dados meteorológicos obtidos em estações meteorológica convencional e automática no submédio São Francisco. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 03 de outubro de 2018.
- Sentelhas, P. C. 1998. Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 112p.
- Willmott, C. J. 1982. Some comments on evaluation of model performance, *Bulletin of American Meteorological Society*, 63, 1309-1313.