

## COMPARAÇÃO DE DADOS METEOROLÓGICOS OBTIDOS POR ESTAÇÃO CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA EM JABOTICABAL-SP<sup>1</sup>

ALEXSANDRA DUARTE DE OLIVEIRA<sup>2\*</sup>, BRUNO MARÇAL DE ALMEIDA<sup>3</sup>, EDMILSON GOMES CAVALCANTE JUNIOR<sup>3</sup>, JOSÉ ESPINOLA SOBRINHO<sup>4</sup>, RAMON YOGO MARINHO VIEIRA<sup>5</sup>

**RESUMO** - O trabalho teve por objetivo comparar dados meteorológicos obtidos em estação meteorológica convencional (EMC) e em estação meteorológica automática (EMA), procurando detectar possíveis diferenças nas suas medições e estimativas, em Jaboticabal, SP (latitude: 21° 14'05" S, longitude: 48° 17'09" W e altitude: 613,68m) no período de julho de 1997 a junho de 2002. Os dados foram coletados diariamente e analisados estatisticamente, por meio de análise de regressão. Com base nos resultados, verificou-se boa concordância entre as estações, principalmente para os elementos temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação pluviométrica. A umidade relativa do ar e pressão atmosférica apresentaram os maiores erros médios, respectivamente iguais a 5,69% e 3,64 hPa. A velocidade do vento a 2 m da superfície não mostrou boa precisão e exatidão, em virtude de sua estimativa para a EMC.

**Palavras-chave:** Agrometeorologia. Estimativa. Elementos Meteorológicos

## COMPARATIVE OF METEOROLOGICAL DATA OBTAINED BY AUTOMATIC AND CONVENTIONAL WEATHER STATION IN JABOTICABAL-SP

**ABSTRACT** - The objective of this study was to compare the weather data obtained from both conventional (CWS) and automatic (AWS) weather stations, in Jaboticabal, SP, Brazil (latitude: 21°14'05" S, longitude: 48°17'09" W and altitude: 613,68m), from July 1997 to June 2002. Daily data were collected and analyzed statistically by regression analysis. The results showed a good relationship between CWS and AWS, specially for air mean temperature, minimum temperature, maximum temperature and rainfall. Air humidity and atmospheric pressure showed the highest errors, respectively equal to 5,69% and 3,64 hPa. Wind velocity at 2m did not show good precision and accuracy because its estimation for CWS.

**Keywords:** Agrometeorology. Estimate. Meteorological Elements.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 23/03/2010; aceito em 30/08/2010.

<sup>2</sup>Embrapa Cerrados, BR 020, km 18, Caixa Postal 08223, 73310-970, Planaltina - DF; alexsandra.duarte@cpac.embrapa.br

<sup>3</sup>Mestrando em Irrigação e Drenagem, UFRSA, Mossoró - RN; brunomarcaldealmeida@gmail.com;

<sup>4</sup>Prof. Dr, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFRSA, Mossoró - RN; jespinoia@ufersa.edu.br

<sup>5</sup>Bolsista de iniciação Científica, UFRSA, Mossoró - RN; ramon\_yogo@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica das estações meteorológicas automáticas a partir dos anos 60 e a sua popularização têm proporcionado maior precisão e rapidez na coleta e ordenação de dados, facilitando o seu uso nas estimativas da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), principalmente no método de Penman-Monteith, em razão das variáveis que são requeridas (BAUSCH, 1990). O objetivo principal da coleta automatizada é o de se obter um monitoramento mais rápido das condições atmosféricas para aplicar no manejo da irrigação, a uma velocidade capaz de torná-la mais eficiente por estarem disponíveis em meios eletrônicos de fácil acesso (TAGLIAFERRE et al., 2010).

O monitoramento automático dos elementos meteorológicos tem contribuído não somente para o aumento da produtividade como, também, para a melhoria da qualidade dos produtos e para a preservação dos recursos naturais (CRUVINEL; TORRE NETO, 1999). No caso das estações climatológicas, recomenda-se o registro horário de dados obtidos pela média de parâmetros medidos a intervalos menores, da ordem de minutos ou até segundos, dependendo do parâmetro (TANNER, 1990).

Apesar das estações automáticas fornecerem dados com melhor caracterização das condições meteorológicas, em razão da aquisição contínua dos dados, elas nem sempre estão disponíveis, havendo necessidade de utilização de dados meteorológicos provenientes de estações convencionais, com menor representatividade, especialmente das condições médias. No entanto, em climatologia agrícola uma questão importante surge quando da substituição de uma estação meteorológica convencional (EMC), com uma longa série de dados, por uma automática (EMA), que é a homogeneização da série histórica com a nova série, ou seja, como transferir confiabilidade, principalmente devido à diferença de amostragem entre as duas estações (SENTELHAS et al., 1997). Para tanto, recomenda-se cautela quando essa substituição torna-se necessária e viável.

Segundo Campbell e Tanner (1981), a escolha do sensor é de grande importância, devendo-se seguir a seguinte ordem de prioridade: acurácia, custo, manutenção e consumo de energia. A estimativa da ET<sub>o</sub> está diretamente relacionada à qualidade dos dados climatológicos em que se baseia. O uso de EMA fornece um sistema completo de informações meteorológicas de modo prático e funcional, mas além da observação permanente do funcionamento dos aparelhos eletrônicos, é necessária uma análise para avaliar a integridade dos dados, sua qualidade e sua confiabilidade antes de serem utilizados nas equações de estimativa da ET<sub>o</sub> visando o manejo de irrigação (TURCO; BARBOSA, 2008).

A partir desse contexto, este trabalho teve por objetivo comparar os dados meteorológicos obtidos por estação meteorológica convencional e automáti-

ca, procurando detectar possíveis diferenças nas suas medições e estimativas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados obtidos durante o período de cinco anos (julho/1997 a junho/2002) na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas, da Fundação Carlos Alberto Vanzolini da Universidade Estadual de São Paulo (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal, SP. (latitude: 21°14'05" S, longitude: 48°17'09" W e altitude: 613,68 m).

As normais climatológicas (médias de 1971-2000) do local são: pressão atmosférica de 943,5 hPa; temperatura máxima de 28,9 °C; temperatura mínima de 16,8 °C; temperatura média de 22,2 °C; umidade relativa do ar de 70,8%; precipitação de 1424,6 mm e insolação de 2585,8 h. O balanço hídrico mostrou excedente hídrico anual de 400 mm, concentrado em todos os períodos entre dezembro e março, e deficiência hídrica anual de 56 mm no período de maio a setembro.

Os dados meteorológicos foram obtidos em estações meteorológicas: convencional (EMC) e automática (EMA) que operavam simultaneamente na mesma área, sendo avaliados os seguintes elementos: pressão atmosférica (EMA e EMC), temperaturas máxima, mínima e média do ar (EMA e EMC), velocidade média do vento a 2 m (EMA) e a 10 m (EMC) de altura e a umidade relativa do ar (EMA e EMC). Os dados da Estação Automática foram coletados e armazenados por um "datalogger" (Campbell Scientific, modelo 21X), com leitura dos sensores a cada segundo e cômputo das médias a cada 10 minutos. A EMC vem operando por 30 anos e executa as observações meteorológicas de acordo com a Organização Meteorológica Mundial.

A velocidade do vento a 2 m na EMC foi convertida através da Equação 1 por intermédio dos dados coletados à 10 m de altura, conforme metodologia sugerida por Allen et al. 1998.

$$u_2 = u_z \left[ \frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \right] \quad (1)$$

em que,

$u_z$  = velocidade do vento medida na altura  $z$ , em  $m s^{-1}$ .

$z$  = altura da medida sobre a superfície (10m).

Os elementos observados na EMC e na EMA, bem como seu elemento sensor e sua sensibilidade, são apresentados na Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta a comparação na forma de obtenção dos dados meteorológicos absolutos e médios, a partir da EMC e da EMA.

**Tabela 1.** Especificação dos equipamentos das estações meteorológicas: convencional (EMC) e automática (EMA).

Estação	Elemento meteorológico	Sensor	Sensibilidade
Convencional (EMC)	Temperatura máxima	Mercúrio	0,2 °C
	Temperatura mínima	Álcool	0,2 °C
	Temperatura (bulbo seco e úmido)	Mercúrio	0,1 °C
	Velocidade do vento	Conjunto de 3 canecas	0,1 m. s <sup>-1</sup>
	Insolação	Esfera de cristal	0,1 h
	Pressão atm.	Mercúrio	0,1 hPa
	Precipitação	Pluviômetro	0,1 mm
Automática (EMA)	Temperatura	Termistor	0,1 °C
	Umidade relativa	Capacitor	3%
	Velocidade do vento	Conjunto de 3 canecas	0,11 m s <sup>-1</sup>
	Radiação solar global	Célula de silício	0,2 k W m <sup>-2</sup> mV
	Saldo de radiação	Junções de termopilhas	0,01MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>
	Pressão atmosférica	Capacitor	0,1 hPa
	Precipitação	Sistema de básculas	0,1 mm

**Tabela 2.** Comparação da forma de obtenção dos dados meteorológicos absolutos e médios, considerando-se as Estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA).

Elemento	EMC	EMA
Temperatura média	$\frac{T_{max} + T_{min} + T_{9:00} + 2T_{21:00}}{5}$	$\frac{\sum T_i^{(1)}}{144}$
Temperatura máxima	Leitura às 21:00h	> valor das 24:00h
Temperatura mínima	Leitura às 9:00h	< valor das 24:00h
Umidade relativa	$\frac{UR_{7:00} + UR_{9:00} + UR_{15:00} + UR_{21:00}}{4}$	$\frac{\sum UR_i^{(1)}}{144}$
Pressão atmosférica	$\frac{P.At_{7:00} + P.At_{9:00} + P.At_{15:00} + P.At_{21:00}}{4}$	$\frac{\sum P.At_i^{(1)}}{144}$
Velocidade do vento	Média diária	$\frac{\sum V_i^{(1)}}{144}$
Precipitação do dia n+1	Leitura às 9:00	Somatório das chuvas coletadas desde as 9:00h do dia n até as 9:00h do dia n+1

<sup>(1)</sup>medidas obtidas a cada 10 minutos

Para a comparação dos dados obtidos nas estações convencional e automáticas foi utilizada a análise de regressão linear, por meio dos coeficientes: linear (a), angular (b) e de determinação (R<sup>2</sup>). Empregou-se ainda o erro quadrático médio (EQM) que expressa a precisão da estimativa da média e o coeficiente de variação (CV) que é uma medida de dispersão que expressa percentualmente o desvio padrão por unidade da média. Também foi obtido o erro absoluto, por meio da diferença entre os dados das duas estações, e o erro médio absoluto, expresso pela média dos valores absolutos do erro de cada dia, foram determinados procurando-se evidenciar a exatidão e precisão dos dados. Além disso,

Willmott et al. (1985) sugeriram a utilização de índices estatísticos, tais como:

a) índice de concordância (d):

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

b) erro padrão da estimativa normalizado (RMSE):

$$RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{0,5} \times \left( \frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (3)$$

c) erros sistemático ( $E_s$ ) e aleatório ( $E_a$ ):

$$E_s = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{P}_i - O_i)^2 \right] \quad (4)$$

$$E_a = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \hat{P}_i)^2 \right] \quad (5)$$

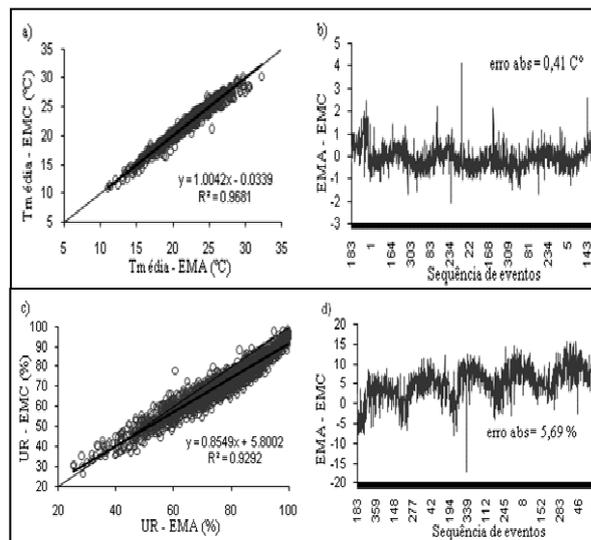
em que,  $\hat{P}_i = a + bO_i$ ;  $a$  e  $b$  são os coeficientes linear e angular da regressão;  $P_i$  é o valor predito;  $O_i$

é o valor observado;  $n$  é o número de dados e  $\bar{O}$  é a média dos valores observados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de regressão dos dados de temperatura e umidade relativa média do ar entre as duas estações são representados na Figura 1, onde nota-se boa concordância entre os dados das duas estações. Quanto à temperatura média do ar (Figura 1a), observa-se pequena dispersão dos dados ( $R^2 = 0,9681$ ), indicando boa precisão e também excelente exatidão ( $a = -0,0339$  e  $b = 1,0042$ ). Teixeira et al. (2003) também obtiveram boa concordância entre os índices estatísticos na comparação de dados de temperatura. O erro médio absoluto foi de  $0,41 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 1b), valor inferior ao encontrado por Almeida et al. (2008) e Sentelhas et al. (1997) que observaram diferenças médias de  $0,66$  e  $1,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente, para o mesmo elemento. Essas diferenças permitem inferir que a EMC superestima a temperatura média obtida da EMA igualmente observado por Pereira et al. (2008). Salienta-se, no entanto que as temperaturas médias diárias foram determinadas de maneiras distintas, como mostra a Tabela 2. Atribui-se, também, essas diferenças ao próprio sistema de medida da temperatura do ar, que no caso da EMC apresenta o mercúrio como elemento sensor, enquanto na EMA é o termistor.

A umidade relativa do ar (Figura 1c), observa-se boa precisão ( $R^2 = 0,9292$ ) e razoável exatidão ( $a = 5,8002$  e  $b = 0,8549$ ). O erro médio absoluto foi de  $5,69\%$  (Figura 1d) havendo subestimativa da EMC em relação EMA, concordando com Cunha e Martins (2004) que também encontraram valores mais elevados de umidade na EMA. Por lado, o erro médio absoluto encontrado foi superior aos  $2,9\%$  obtidos por Sentelhas et al. (1997). Esses autores encontraram resultados contrários, com tendência de valores maiores para a EMC.



**Figura 1.** Relação entre dados meteorológicos diários: a) temperatura média do ar; b) erro médio da temperatura média; c) umidade relativa média do ar e d) erro médio da umidade relativa do ar, observados na EMA e EMC, para o período de julho/1997 a junho/2002, em Jaboticabal, SP.

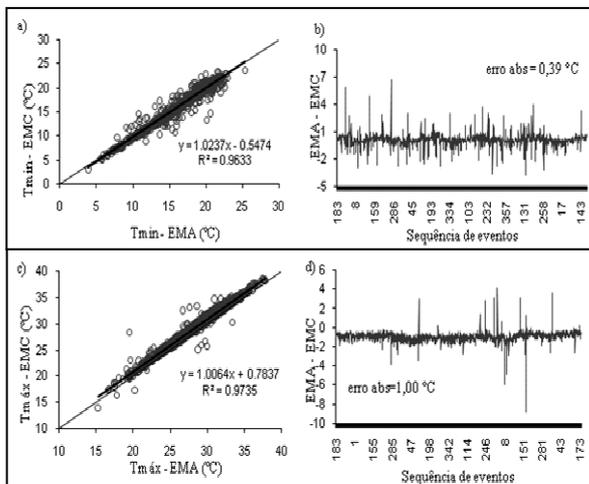
É conveniente, ao se utilizar dados da EMA, muito critério na obtenção e manipulação destes dados, além de uma análise de consistência, por ser comum valores superiores a  $100\%$ . Neste caso, as diferenças podem ser atribuídas ao tipo de elemento sensível dos instrumentos, que no caso da EMC (termômetros de bulbo úmido e seco) é o mercúrio. No caso do termômetro de bulbo úmido, tem-se ainda uma gaze embebida por água, podendo com isto sofrer pequenas variações, devido a poeiras, esvaziamento do recipiente de água e leitura do observador. Para a EMA o sensor de umidade é o capacitivo que podem ter como fonte de divergência a acurácia do capacitor.

Quando se compara a temperatura mínima registrada a partir da EMA e da EMC (Figura 2a), nota-se boa exatidão ( $a = -0,5474$  e  $b = 1,0237$ ) e boa precisão ( $R^2 = 0,9633$ ), resultado superior ao de Almeida et al (2008) ( $R^2=0,870$ ). O erro médio absoluto foi de  $0,39 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 2b), com tendência de valores maiores para a EMC, próximo ao encontrado por Sentelhas et al. (1997) de  $0,41 \text{ }^\circ\text{C}$  e diferente do encontrado por Cunha e Martins (2004) de  $-0,335 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para o elemento temperatura máxima diária (Figura 2c e 2d), verificou-se correlação com boa exatidão ( $a = 0,7837$  e  $b = 1,0064$ ) e precisão ( $R^2 = 0,9735$ ). O erro médio absoluto foi de  $1,00 \text{ }^\circ\text{C}$ , valor superior ao encontrado por Sentelhas et al. (1997), que foi de  $0,73 \text{ }^\circ\text{C}$ , e diferente do encontrado por Pereira et al. (2008) que obtiveram  $-0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Nesse elemento, observa-se uma tendência de valores maiores para a EMC em relação a EMA. Estas diferenças também podem estar relacionadas aos elementos sensíveis das duas estações, além de fatores externos, como a própria tomada de leitura da

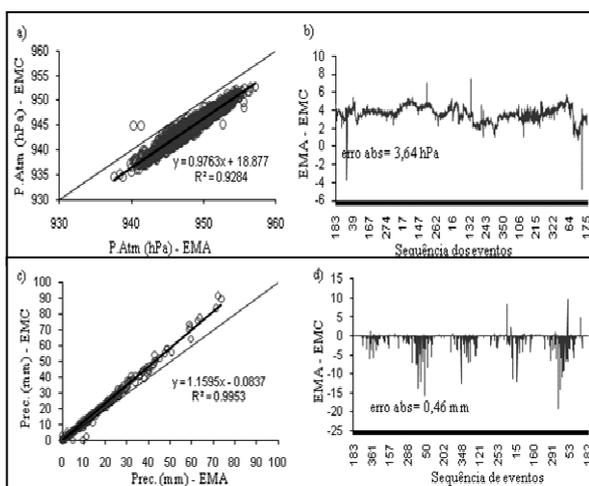
EMC. A EMA apresenta termistor como elemento sensível, e na EMC, o termômetro de máxima tem o mercúrio como elemento sensível.



**Figura 2.** Relação entre dados meteorológicos diários: a) temperatura mínima do ar; b) erro médio da temperatura mínima; c) temperatura máxima do ar e d) erro médio da temperatura máxima do ar, observados na EMA e EMC, para o período de julho/1997 a junho/2002, em Jaboticabal, SP.

Para valores de pressão atmosférica (Figuras 3a e 3b), não houve boa exatidão ( $a = 18,8770$  e  $b = 0,9763$ ), mas a precisão foi boa ( $R^2 = 0,9284$ ). O erro médio absoluto foi da ordem de 3,64 hPa, onde os dados observados na EMA tendem a ser maiores que os da EMC em cerca de 0,4%.

Verificou-se boa precisão na relação entre a precipitação pluviométrica medida pela EMC e a EMA ( $R^2 = 0,9953$ ) e razoável exatidão ( $a = -0,0837$  e  $b = 1,1595$ ) (Figura 3c). O erro médio absoluto foi de 0,46 mm (Figura 3d). Quanto ao  $R^2$ , resultado foi parecido ao de Pereira et al (2008), obtendo  $R^2=0,984$ .

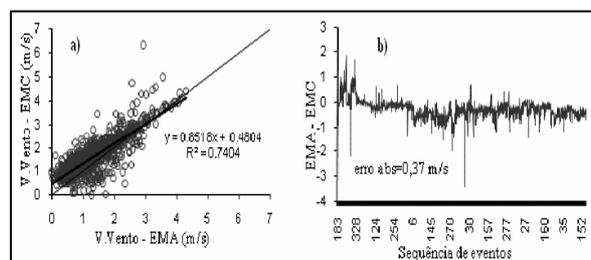


**Figura 3.** Relação entre dados meteorológicos diários: a) pressão atmosférica média diária; b) erro médio da pressão atmosférica; c) precipitação pluviométrica diária e d) erro médio da precipitação pluviométrica, observados na EMA e EMC, para o período de julho/1997 a junho/2002, em Jaboticabal, SP.

Para a precipitação, os valores são bastante próximos, havendo, no entanto, uma tendência de valores menores na EMA em relação a EMC. Na comparação entre pluviômetro e pluviógrafo convencionais com pluviômetro de balança da EMA, Sentelhas e Caramori (2002) creditaram o erro ao equipamento automático, sugerindo a incapacidade do sensor, em eventos de chuva intensa, de registrá-la na mesma velocidade em que ela ocorre; assim uma parte da precipitação não é contabilizada, o que também ocorreu no presente trabalho.

Com relação a velocidade média do vento a 2 m de altura (Figura 4a), a análise de regressão mostra que houve maior dispersão dos dados, com razoável precisão ( $R^2 = 0,7404$ ) e exatidão entre as estações ( $a = 0,4804$  e  $b = 0,8518$ ). O erro médio absoluto (Figura 4b) foi da ordem de 0,37 m s<sup>-1</sup>, valor inferior ao encontrado por Sentelhas et al. (1997) que foi de 0,71 m s<sup>-1</sup>.

A dispersão dos dados ocorreu devido, provavelmente, à velocidade do vento a 2 m de altura na EMC ter sido estimada, a partir da velocidade obtida a 10 metros de altura, segundo o método apresentado por Allen et al. (1998), podendo ser fonte considerável de erros, e que pode inviabilizar a utilização dessa variável na comparação com a EMA. Em velocidades mais baixas (até 2 m s<sup>-1</sup>) a dispersão dos dados foi menor, e à medida que a velocidade aumentou, a dispersão tornou-se maior. Isto sugere uma melhor investigação no método sugerido pelo Allen et al. (1998), ou ainda um maior efeito da inércia no conjunto das canecas do anemógrafo da EMC.



**Figura 4.** Relação entre dados meteorológicos diários: a) velocidade do vento a 2 m de altura registrada na EMA e estimada para a EMC; b) erro médio da velocidade do vento, para o período de julho/1997 a junho/2002, em Jaboticabal, SP.

Na Tabela 3 observam-se os índices estatísticos para análise de concordância de cada variável. O índice de concordância (d) foi próximo a 1 para, praticamente todos os elementos, exceto para a pressão.

A umidade relativa é a variável que embora tenha apresentado resultados razoáveis para d e RMSE, mostrou maior valor do erro sistemático ( $E_s$ ) em relação ao erro aleatório ( $E_a$ ) e os maiores erros, o que se deve, possivelmente, às diferenças entre os sensores das duas estações (EMC e EMA) e à própria amostragem.

**Tabela 3.** Índices estatísticos para análise da concordância entre as variáveis: Temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), Temperatura mínima (T<sub>mín</sub>), Temperatura média (T<sub>méd</sub>), Umidade relativa do ar (UR), Precipitação (Prec.) e Pressão (P), obtidos em EMA e EMC, em Jaboticabal, SP, no período de julho/1997 a junho/2002.

Variáveis	d	RMSE	E <sub>s</sub>	E <sub>a</sub>
T <sub>máx</sub> (°C)	0,97	3,84	0,94	0,30
T <sub>mín</sub> (°C)	0,98	3,96	0,91	1,63
T <sub>méd</sub> (°C)	0,99	2,39	0,02	0,29
UR (%)	0,94	8,66	30,61	11,80
Prec (mm)	0,99	51,09	2,22	0,50
P (hPa)	0,74	0,39	15,12	0,78

d = índice de concordância, RMSE = erro padrão da estimativa normalizado, E<sub>s</sub> = erro sistemático e E<sub>a</sub> = erro aleatório

Para a precipitação, verifica-se boa concordância entre as medidas da EMC e da EMA, com d igual a 0,99 e RMSE de 51,09, o mais elevado entre os elementos analisados. Sentelhas et al. (1997) obtiveram o índice de concordância (d) de 0,9933, valor semelhante ao encontrado. Parte desse erro é atribuída às medidas de precipitação superiores a 20 mm por dia, principalmente nos pluviômetros de balsa.

Para a pressão atmosférica, o índice de concordância (d= 0,74) não foi alto e apresentou o segundo maior erro sistemático (E<sub>s</sub>) que pode ser justificado pela diferença de valores entre estações, resultado da diferença de precisão, resposta, sensibilidade e talvez calibração dos sensores, sugerindo atenção na apresentação destes índices para este elemento.

Sousa et al. (2003) fizeram estudo comparativo entre estações meteorológicas: automática e convencional em Maringá, PR, onde foram estudadas as temperaturas máxima, média e mínima, pressão e umidade relativa média do dia, obtendo boa correlação entre esses elementos, resultado próximo ao obtido nesse estudo com exceção da umidade relativa e pressão atmosférica.

## CONCLUSÕES

Há boa concordância entre as estações, principalmente para as temperaturas média, mínima e máxima e a precipitação;

A umidade relativa do ar e a pressão atmosférica são as variáveis medidas que mostram pior relação entre as estações meteorológicas, além dos maiores erros médios;

Considerando-se a fórmula de conversão usada, verifica-se que a estimativa da velocidade do vento na EMC não fornece bom desempenho quando comparada ao dado medido na EMA.

## REFERÊNCIAS

ALLEN R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 p (FAO: Irrigation and drainage, 56).

ALMEIDA, H. A.; SOUZA, J. A.; ALCÂNTARA, H. M. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 58-66, 2008.

BAUSCH, W. C. Sensor height effects on calculated reference evapotranspiration. **Transactions of the ASAE**, v. 33, n. 3, p. 791-798. 1990.

CAMPBELL, E. C., TANNER, B. D. Structured design in automated weather stations. In: WEISS, A. (Ed.). **Computer techniques and meteorological data applied to problems of agriculture and forestry: a workshop**. Anaheim: American Meteorological Society, 1981. cap. 1, p. 5-18.

CRUVINEL, P. E.; TORRE NETO, A. Agricultura de precisão: fundamentos, aplicações e perspectivas para a cultura do arroz. São Carlos: Embrapa, 1999. 6 p. (Comunicado técnico, 30).

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 103-111, 2004.

PEREIRA, L. M. P et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina, PR, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 299-306, 2008

SENTELHAS, P. C. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 215-221, 1997.

SENTELHAS, P. C.; CARAMORI, P. H. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de balsa, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 301-304, 2002.

SOUSA, I. A.; GALVANI, E.; ASSUNÇÃO, H. F.

Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, estado do Pará. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 203-207, 2003.

TAGLIAFERRE, C. et al. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

TANNER, B. D. Automated weather stations. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, n. 1, p. 73-98, 1990.

TEIXEIRA, A. H. C et al. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 457-460, 2003.

TURCO, J. E. P., BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 339-354, 2008.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geography Research**, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.