

ISSN 0104-1347

Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP, Brasil

Comparative study among meteorological elements obtained in conventional and automated meteorological stations in Botucatu, SP, Brazil

Antonio Ribeiro da Cunha¹ e Dinival Martins²

Resumo – Foi feito um estudo comparativo entre alguns elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática, tais como: temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa média do ar, velocidade média do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar global, no período de 01-07-1999 a 30-06-2003 em Botucatu, SP. Utilizaram-se para essas comparações os seguintes indicativos estatísticos: análise de regressão (R^2), índice de concordância (d), erro máximo (ME) e erro absoluto médio (MBE). As médias obtidas indicaram que houve diferenças significativas para os elementos meteorológicos temperaturas máxima e mínima, umidade relativa média do ar, velocidade média do vento e radiação solar global, bem como houve diferença não significativa para os elementos temperatura média do ar e precipitação pluviométrica. A concordância entre os elementos meteorológicos estudados das estações meteorológicas convencional e automática foi boa. Não é recomendável a substituição da estação meteorológica convencional pela automática sem que seja feita uma análise comparativa das duas estações por um período representativo. A estação meteorológica automática ainda apresenta dificuldades e custos de manutenção ainda inerentes a este tipo de equipamento no Brasil.

Palavras-chave: estação meteorológica convencional, estação meteorológica automática, elementos meteorológicos, comparação

Abstract - Meteorological elements obtained in conventional and automated meteorological stations were compared in the period from 07-01-1999 to 06-30-2003 in Botucatu, SP, Brazil. The meteorological elements were maximum and minimum temperature, average air temperature, average relative air humidity, average wind speed, incoming global solar radiation and rainfall. The following statistics indicatives were used: regression analysis (R^2), agreement (d), maximum error (ME) and absolute average error (MBE). The average values indicated significant differences for maximum and minimum air temperature, average air relative humidity, average wind speed and global solar radiation, and non significant differences for average air temperature and rainfall. The correlation among the analysed meteorological elements of the conventional and automated meteorological stations was good. It is not advisable the substitution of the conventional meteorological station by the automatic without a comparative analysis of both during a large representative period. The automatic meteorological stations still present difficulties and maintenance expenses inherent to this technology in Brazil.

Key words: conventional meteorological station, automated meteorological station, meteorological elements, comparison

¹Engº Agrº Dr., Depto de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP, Caixa Postal 237, CEP 18603-970. E-mail: arcunha@fca.unesp.br.

²Prof. Dr., Depto de Recursos Naturais, FCA/UNESP, Botucatu, SP. E-mail: dinival@fca.unesp.br.

Introdução

O avanço tecnológico em eletrônica tem favorecido diversas áreas, incluindo a meteorologia, tornando possível o monitoramento automático de diversas variáveis meteorológicas em tempo real com maior acuracidade e sensibilidade nas medidas.

Além da importância na área de meteorologia, os sistemas de aquisição automática de dados vêm ganhando espaço na área de agronomia, favorecendo o monitoramento das variáveis relacionadas à planta, ao solo e às máquinas agrícolas, as quais estão ligadas direta ou indiretamente com o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, melhorando o manejo dessa atividade agrícola.

Em 1890, teve início a coleta e o uso de informações hidrometeorológicas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, no Estado de São Paulo. Ao longo destes 113 anos ocorreu um processo de modernização gradativo dessa rede hidrometeorológica e, em 1988, com a criação do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO), pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e sob coordenação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a rede hidrometeorológica do Estado de São Paulo obteve grande avanço e modernização com a utilização de estações meteorológicas automáticas a partir de 1994.

Atualmente no Brasil, visando à melhoria dos serviços de meteorologia e hidrologia, houve a necessidade da modernização da rede observacional e das facilidades computacionais com a implantação dos Centros Estaduais de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos, utilizando-se de estações meteorológicas automáticas para a pesquisa e o desenvolvimento de sistemas regionais e nacionais.

A automatização da aquisição de dados meteorológicos tem sido amplamente utilizada pela facilidade, eficiência, qualidade e padronização dos dados coletados, diminuindo assim os erros oriundos de leitura, interpretação e digitação desses dados. Esse sistema automatizado tem sido utilizado para monitorar o controle de irrigação em diferentes culturas (FERNANDES et al., 1995) e componentes da radiação solar em culturas de pepino (GALVANI, 2001) e de pimentão sob ambiente protegido (CUNHA, 2001; SOUSA, 2002). Além destes, também se destacam, desde 1996, o monitoramento automático de rotina de componentes da radiação solar

em condição de grama pelo Grupo de Pesquisa em “Radiação Solar: instrumentação, modelagem e processos de conversão” de Botucatu, SP; e desde 1994, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) que faz o monitoramento automático de elementos meteorológicos de suas estações experimentais, para o fornecimento de informações agrometeorológicas no Estado de São Paulo (CIIAGRO, 2003).

No entanto, não se deve desativar a estação meteorológica convencional simplesmente devido a instalação da estação meteorológica automática, pois ainda é recente a introdução de estações meteorológicas automáticas no país, acarretando algumas dificuldades no que se refere à sua manutenção. Essas dificuldades se referem à reposição de sensores que porventura possam ter algum problema na obtenção de sua medida, seja por descalibração ou por algum dano causado no seu circuito.

Neste trabalho o objetivo foi efetuar-se um estudo comparativo entre os dados obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em Botucatu, SP.

Material e métodos

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em Posto Agrometeorológico do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP (latitude: 22°51'S, longitude: 48°26'W e altitude: 786 m).

O período foi de 01-07-1999 a 30-06-2003, totalizando 1460 dias com monitoramento simultâneo das estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA). Os elementos meteorológicos avaliados foram: temperaturas do ar máxima (Tmax, °C), mínima (Tmin, °C) e média (Tmed, °C), umidade relativa do ar média (URmed, %), velocidade do vento a 2 m (Vv2med, m s⁻¹), precipitação pluviométrica (Pp, mm) e radiação solar global (Rg, MJ m²) analisando-se esses elementos em escala diária.

Os equipamentos utilizados nas duas estações, com seus respectivos elementos sensores, fabricante, sensibilidade e cálculo da média diária, constam na Tabela 1. Os abrigos termométricos nos quais foram instalados os sensores de temperatura e umidade relativa do ar das EMC e EMA estão de acordo com as normas estabelecidas pela WMO (WMO, 1983).

A varredura dos sensores da EMA foi feita a cada 5 segundos com saída dos dados médios e totais a cada 5 minutos, e os valores mínimo e máximo da temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos por meio de instruções específicas na programação do sistema de aquisição automática de dados (Micrologger 21X) em escala diária.

As comparações dos dados obtidos pelas EMC e EMA foram feitas por meio dos seguintes indicadores estatísticos: análise de regressão – coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), erro máximo (ME) e erro absoluto médio (MBE), segundo WILLMOTT et al. (1985) e conforme as expressões:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\left| C_i - \bar{A} \right| + \left| A_i - \bar{A} \right| \right)^2} \right] \quad (1)$$

$$ME = \max \left(\left| A_i - C_i \right| \right)_{i=1}^n \quad (2)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - C_i) \quad (3)$$

em que A_i são os dados obtidos pela EMA, C_i os dados pela EMC, \bar{A} a média dos dados obtidos pela EMA, e n o número de observações. Se A_i é igual a C_i tem-se que: $ME = MBE = 0$ e $R^2 = d = 1$.

Para a comparação dos valores médios obtidos nas estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA) no período analisado, dos elementos meteorológicos Tmax, Tmin, Tmed, URmed, Vv2med, Pp e Rg, utilizou-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os valores médios e o desvio-padrão para os elementos meteorológicos Tmax, Tmin, Tmed, URmed, Vv2med, Pp e Rg no período analisado. Houve diferença significativa en-

Tabela 1 Elementos meteorológicos obtidos nas estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA), com seus respectivos elementos sensores, fabricantes e método de cálculo da média. Botucatu, UNESP, SP.

Estação	Elemento meteorológico	Elemento sensor	Fabricante	Sensibilidade	Cálculo da média diária
EMC	Tmax	Mercúrio	R.Fuess	0,2°C	-
	Tmin	Álcool	R.Fuess	0,2°C	-
	Tmed	Lâmina bimetalica	Salmoiraghi	1,0°C	$\Sigma T_i / 24^*$
	URmed	Harpa de cabelo	Salmoiraghi	5,0%	$\Sigma UR_j / 24^*$
	Vv2med	3 canecas em círculo	Lambrecht	0,5 m/s	$\Sigma Vv2_j / 24^*$
	Pp	pluviômetro	IH	0,1 mm	-
	Rg	Placas bimetalicas: preta e branca	Ota	-	-
EMA	Tmax	Termistor	Vaisala	0,1°C	-
	Tmin	Termistor	Vaisala	0,1°C	-
	Tmed	Termistor	Vaisala	0,1°C	$\Sigma T_i / 288^{**}$
	URmed	Capacitor	Vaisala	3,0%	$\Sigma UR_j / 288^{**}$
	Vv2med	3 canecas em círculo	R.M. Young	0,5 m/s	$\Sigma Vv2_j / 288^{**}$
	Pp	Báscula	Texas Electronics	0,1 mm	-
	Rg	Fotodiodo de silício	Li-cor	0,01 W m ⁻²	-

* Medidas obtidas a cada 1 hora (i = 01h:00min, 02h:00min, ...24h:00min)

** Medidas obtidas a cada 5 minutos (j = 00h:05min, 00h:10min, ...24h:00min)

Tabela 2 Valores médios com intervalo de confiança e o desvio padrão das temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), umidade relativa média (URmed), velocidade do vento (Vv2med), precipitação pluviométrica (Pp) e radiação solar global (Rg) obtidas em estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA), no período de 01/07/1999 a 30/06/2003. Botucatu, UNESP, SP.

Estação	Tmax °C	Tmin °C	Tmed °C	URmed %	Vv2med m s ⁻¹	Pp mm	Rg MJ m ⁻²
EMC	26,8±7,5 a [*] (3,8)	16,7±6,4 a (3,2)	20,3±7,1 a (3,6)	74,9±21,7 a (11,1)	1,3±1,2 a (0,6)	12,5±30,5 a (15,4)	15,6±9,4 a (4,8)
EMA	25,8±7,4 b (3,8)	16,4±6,2 b (3,2)	20,3±6,4 a (3,3)	79,9±26,0 b (13,2)	1,0±1,1 b (0,6)	10,9±25,6 a (13,0)	16,7±5,5 b (5,5)

* Valores médios seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste t.

(¹) Número entre parênteses indica o desvio padrão da média.

tre os valores médios dos elementos meteorológicos Tmax, Tmin, URmed, Vv2med e Rg e diferença não significativa para os elementos meteorológicos Tmed e Pp, entre as estações meteorológicas EMC e EMA, segundo o teste t.

Pela média e pelo desvio-padrão desses elementos meteorológicos, Tabela 2, é possível calcular o intervalo de confiança, e por meio dele, obter os limites mínimo e máximo que os elementos meteorológicos atingiram no período estudado em cada estação meteorológica (PIMENTEL GOMES, 1984). Por exemplo, 95% das Tmax ocorridas no período de 01-07-1999 a 30-06-2003 estão entre 19,3°C e 34,3°C na EMC, enquanto que, na EMA, estão entre 18,4°C e 33,2°C. Da mesma forma para os outros elementos meteorológicos analisados. Com isso é possível saber, por exemplo, se em 95% dos valores de Tmin no período estudado, houve a ocorrência de Tmin menores que 10°C.

As análises de correlação linear, utilizando os valores da EMA como variável dependente, mostraram que, com exceção de Vv2med, os valores encontrados de R² indicaram boa concordância entre a EMC e a EMA para os demais elementos meteorológicos analisados. Observaram-se altos valores de coeficientes de determinação (R²), de 0,9895 para Tmax, 0,9703 para Tmin, 0,9533 para Tmed, 0,9537 para URmed, 0,3296 para Vv2med, 0,9750 para Pp e de 0,9318 para Rg. Segundo cada correlação feita, houve uma tendência de subestimativa de 1,88% nos valores de Tmax, de 4,38% nos valores de Tmin, de 13,08% nos valores de Tmed, de 47,14% nos valores de Vv2med, e de 17,68% nos valores de Pp. Já com relação aos valores de URmed e Rg, houve uma superestimativa de 9,17% e de 11,23%, respectivamente (Figura 2 e Tabela 3).

Embora as correlações entre Tmed, URmed, Pp e Rg das estações meteorológicas estudadas tenham apresentado um altoco eficiente de determinação, houve uma subestimativa da Tmed e Pp e superestimativa da URmed e Rg considerável, provendo diferenças na estimativa desse elemento entre as estações analisadas. Já o elemento Vv2m apresentou tanto subestimativa alta, de 47,14%, como também um baixo R², de 0,3296, indicando que não houve uma adequada similaridade nas medidas obtidas entre as estações (Figura 2 e Tabela 3).

Analisando-se em função do coeficiente de determinação (R²), Figura 2, o elemento meteorológico Tmax foi o que apresentou a maior concordância das medidas entre o sensor automático e convencional (0,9895), seguido da Pp (0,9750), Tmin (0,9703), URmed (0,9537), Tmed (0,9533), Rg (0,9318) e Vv2med (0,3296). Apesar dos indicadores estatísticos utilizados não conferirem nas suas respostas, o coeficiente de determinação por meio da análise de regressão favorece a visualização comparativa da distribuição dos dados, permitindo uma melhor e mais adequada análise de comparação entre esses elementos meteorológicos (Figura 2 e Tabela 3).

SENTELHAS et al. (1997) e SOUZA et al. (2002) obtiveram boas correlações entre os elementos meteorológicos oriundos das estações meteorológicas convencionais e automáticas, encontrando também a tendência de subestimativa da EMA em relação à EMC, para os valores de Tmax, Tmin, e Tmed, enquanto que os valores de URmed tiveram a tendência de superestimativa.

Os elementos Tmed e URmed da EMA apresentaram-se inversamente um em relação ao outro,

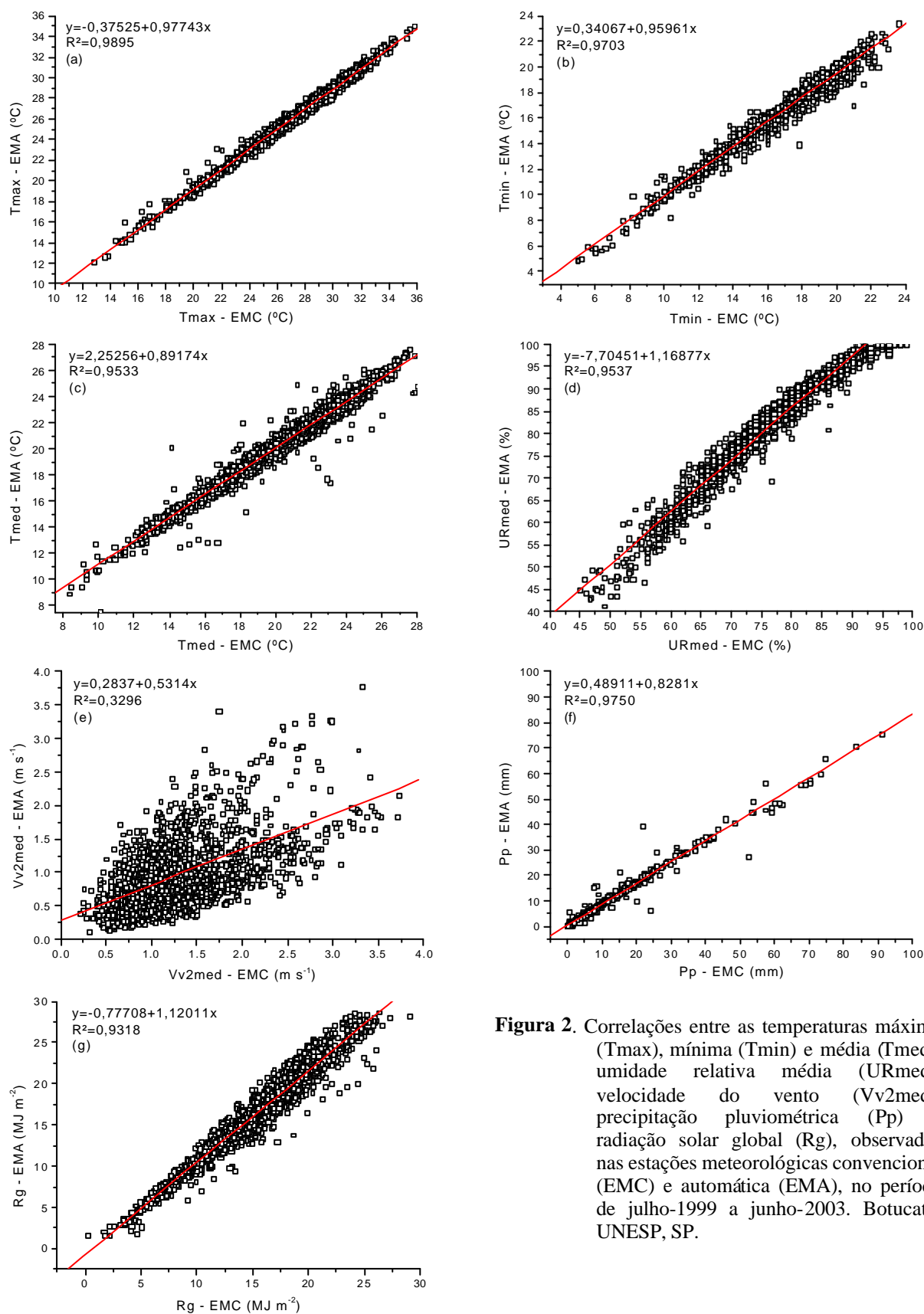


Figura 2. Correlações entre as temperaturas máxima (T_{\max}), mínima (T_{\min}) e média (T_{med}), umidade relativa média (UR_{med}), velocidade do vento ($\text{Vv}_{2\text{med}}$), precipitação pluviométrica (Pp) e radiação solar global (Rg), observadas nas estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA), no período de julho-1999 a junho-2003. Botucatu, UNESP, SP.

Tabela 3. Indicadores estatísticos para a análise de concordância entre as variáveis Tmax, Tmin, Tmed, URmed, Vv2med, Pp, e Rg obtidas em EMC e EMA. Botucatu, UNESP, SP.

Variável	R ²	d	MBE	ME	EMA=b+a(EMC)
Tmax	0,9895	0,9996	-0,9800	1,53	EMA=-0,37525+0,97743(EMC)
Tmin	0,9703	0,9996	-0,3352	1,70	EMA=0,34067+0,95961(EMC)
Tmed	0,9533	0,9995	0,0550	6,04	EMA=2,25256+0,89174(EMC)
URmed	0,9537	0,9985	4,9413	11,87	EMA=-7,70451+1,16877(EMC)
Vv2med	0,3296	0,9235	-0,3503	3,09	EMA=0,28370+0,53140(EMC)
Pp	0,9750	0,9737	-1,6689	17,10	EMA=0,48911+0,82810(EMC)
Rg	0,9318	0,9963	1,1005	4,98	EMA=-0,77708+1,12011(EMC)

nas correlações obtidas, ou seja, a subestimativa de 13,08% na Tmed promoveu uma superestimativa de 9,17% na URmed. A subestimativa e superestimativa desses elementos foram em função da diferença existente entre o elemento sensor de cada instrumento analisado. No caso da Tmed, as lâminas bimetalicas da EMC demoram mais para responder às variações da temperatura do ar em relação ao resistor da EMA, o mesmo ocorrendo com o fio de cabelo humano da EMC em relação ao capacitor da EMA, no caso da umidade relativa do ar (Figura 2c e 2d).

FISCH & SANTOS (1997), SENTELHAS et al. (1997), ARAUJO & RODRIGUES (1998), SOUZA et al. (2002) e ALEXSANDRA (2003) também encontraram subestimativas para a Tmed e superestimativas para a URmed da EMA em relação à EMC, nas comparações feitas entre as estações meteorológicas convencionais e automáticas.

O elemento Pp da EMA apresentou uma subestimativa alta, de 17,68%, com um coeficiente de determinação alto, de 0,9750, o que não se deve à quantidade de dias sem chuva, pois os dias sem chuva foram excluídos da análise para evitar erros na correlação, por que seria incoerente neste tipo de análise incluir dias sem chuva (Figura 2f). A subestimativa do pluviômetro da EMA também foi encontrada por SENTELHAS & CARAMORI (2002), de 13,98% e de 2,35% para as regiões de Piracicaba, SP, e de Londrina, PR, respectivamente. Essa subestimativa é devido ao pluviômetro ser de balança, a qual causa erros no total de chuva medido, pois essa medida está diretamente relacionada com a área de captação da balança e intensidade da chuva ocorrida, dificultando a agilidade do sistema em computar a chuva na mesma intensidade em que ela ocorre. Em razão disso, a WMO (1983) recomenda a utilização de sensores com resolução mínima de 0,2 mm.

O elemento Rg da EMA apresentou uma superestimativa relativamente alta, de 11,23%, com um coeficiente de determinação de 0,9318. Verificou-se que, em dias mais energéticos, houve uma maior dispersão dos dados, o que estaria associado à própria sensibilidade de cada sensor analisado (Figura 2g), pois o actinógrafo da EMC demora muito mais para responder aos estímulos do gradiente térmico que ocorre em função da dilatação das placas bimetalicas que o sensor piranômetro (fotodiodo de silício). Essa demora na resposta do sensor mecânico do actinógrafo pode ser observada claramente ao longo do dia em que há ocorrência de nuvens.

Em média, os valores mais altos foram observados no sensor actinógrafo da EMC. Em função disso, houve a necessidade da verificação da sensibilidade de ambos os instrumentos de medida, do actinógrafo da EMC e do piranômetro Li-cor da EMA em relação a um padrão, o piranômetro Eppley PSP. Assim, foi feita a correlação de ambos os sensores de Rg em relação ao padrão para a verificação da sensibilidade de cada sensor, e obtidas as equações de correlação, num período de 90 dias. Com isso, verificou-se que o sensor actinógrafo da EMC apresentou uma subestimativa de 16,64%, enquanto que o sensor piranômetro Li-cor da EMA foi de 2,23%, demonstrando que o actinógrafo necessita de uma calibração, pois uma diferença acima de 3% em relação a um sensor padrão, indica um sensor sem acuracidade para esse tipo medida (Figura 1).

No caso do elemento Vv2med da EMA, houve uma subestimativa alta, de 47,14%, como também um baixo R², de 0,3296, devido à própria natureza desse elemento meteorológico, caracterizada pela grande variabilidade na sua ocorrência, o que pode causar dispersão dos valores medidos. E também, devido à sensibilidade de cada sensor, pois apresentam elementos sensores diferentes, tanto no

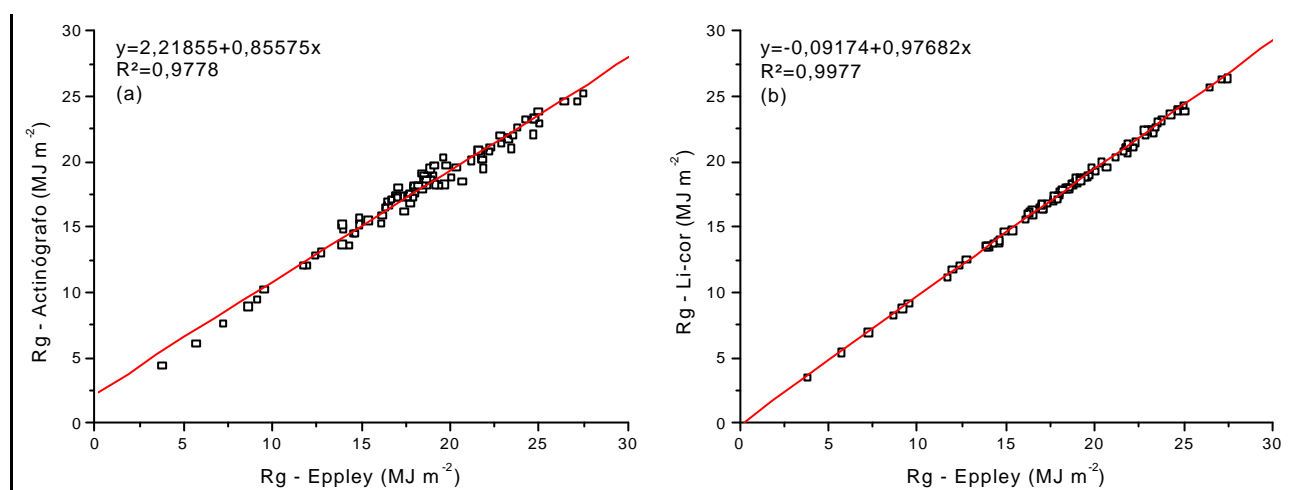


Figura 1. Correlações entre os sensores actinógrafo versus piranômetro Eppley PSP (a), e entre os sensores piranômetro Li-cor versus piranômetro Eppley (b), num período de 90 dias. Botucatu, UNESP, SP.

seu momento da partida como no de parada. Pela Figura 2e, observa-se que as diferenças aumentam com a velocidade do vento, deduzindo-se que a inércia do sensor afeta mais na correlação que o momento de partida do sensor anemômetro de canecas. Mesmo que se utilizem sensores de um mesmo modelo e adequadamente calibrados, haverá diferenças entre as medidas de velocidade do vento obtidas em função dos sensores estarem em pontos diferentes num mesmo local.

As diferenças observadas por BRUNINI et al. (1997) nas medidas entre os elementos meteorológicos convencionais e automáticos foram, segundo eles, causadas pela diferença na sensibilidade de cada instrumento de medida. Segundo CARMEN & LUIGI (2000) a causa dessas diferenças é função da diferente posição dos sensores e das diferentes características dos sensores de cada estação.

Os diversos autores citados encontraram diferenças nas estimativas dos elementos meteorológicos, da EMA em relação à EMC, obtendo estimativas das mais variadas percentagens, tornando difícil a comparação entre elas em função dos seguintes fatores que ocorrem neste tipo de estudo: a) diferentes tipos de sensores utilizados, tanto na EMA como na EMC; b) calibração adequada do sensor; c) localidade da estação; e d) período de análise dos dados medidos (efeito da sazonalidade).

Com base nos indicadores estatísticos \underline{d} e MBE, apresentados na Tabela 3, o elemento meteorológico Tmed foi o que apresentou melhor

concordância e menor erro absoluto médio, seguido da Tmin, Tmax, URmed, Rg, Pp, e Vv2med. Com relação ao erro máximo (ME), a Tmax foi a que apresentou a menor diferença (ME menor) entre as temperaturas do ar obtidas pelas estações meteorológicas estudadas (EMC e EMA). Já o elemento meteorológico Pp foi o que apresentou a maior diferença (ME maior) entre as medidas de precipitação pluviométrica obtidas pelas estações EMC e EMA.

A URmed apesar de apresentar uma concordância elevada, apresentou valores de MBE e ME altos quando comparados aos outros elementos meteorológicos, mostrando que ocorreram diferenças significativas entre as medidas obtidas pelas estações meteorológicas (EMC e EMA), também confirmadas pelo teste t. Isso se deve, provavelmente, às diferenças de sensibilidade de cada sensor e da diferença na amostragem utilizada para o cálculo da média das EMC e EMA. Os valores obtidos de erros foram próximos aos encontrados por SENTELHAS et al. (1997).

Além da alta concordância (R^2 e $d > 0,90$), numa análise comparativa de dados obtidos de estações meteorológicas, é importante também que haja um baixo erro absoluto médio e um baixo erro máximo (MBE e ME próximo de zero) para garantir que ambas as estações foram semelhantes entre si nas medidas obtidas.

Sem dúvida nenhuma, a confiabilidade dos dados oriundos de uma estação meteorológica automática (EMA) depende de sua boa manutenção

e também da calibração dos seus sensores sempre que necessário, da mesma maneira que em uma estação meteorológica convencional. Isto deve ser feito com os devidos critérios, pois a sua performance depende de uma tecnologia mais avançada, ou seja, tanto de um hardware como de um software para que os dados sejam medidos e capturados. Portanto, com o surgimento da EMA, os erros de origem humana foram transferidos para a um equipamento eletrônico.

O período de alteração da EMC pela EMA deve ser gradativo e comparativo para que não ocorram erros sistemáticos, pois a acuracidade da EMA depende do funcionamento ideal de um sistema de aquisição de dados e dos seus sensores adequadamente calibrados. Com isso, a substituição de uma EMC por uma EMA seguindo esses requisitos poderá ser bem sucedida, tendo-se assim uma adequada homogeneização dos dados do local.

É interessante frisar que mesmo que se utilizem sensores de um mesmo modelo para uma determinada medida meteorológica, haverá diferenças entre eles nas medidas obtidas. É claro que essas diferenças podem ser significativas ou não. A significância da diferença depende da sensibilidade de cada sensor e de sua calibração adequada.

Correlações e concordâncias altas entre os sensores das estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA) não garantem que não haverá danos à série climatológica de um determinado local, numa eventual substituição da EMC por uma EMA, mesmo que seja feita uma análise comparativa das duas estações por um período representativo. Segundo CARMEN & LUIGI (2000), a substituição de uma estação convencional por uma automática pode acarretar uma série de problemas na continuidade da série histórica dos dados obtidos num mesmo local. A análise de dados climatológicos envolve a verificação da história da estação climatológica, pois o deslocamento da estação, a troca no período de observação, a troca de instrumentação, ou mudanças no ambiente imediatamente ao redor da estação, como construções ou árvores de grande porte, podem invalidar a série climatológica.

Conclusões

- Apesar das estações meteorológicas convencional e automática apresentarem diferentes sensores e com sensibilidades diferentes, para cada elemento

meteorológico avaliado, a concordância foi boa, com exceção da velocidade do vento;

- Não é recomendável a substituição da estação meteorológica convencional (EMC) pela automática (EMA) sem que seja feita uma análise comparativa das duas estações por um período representativo;
- Não é recomendável a desativação da estação meteorológica convencional (EMC) de imediato devido às dificuldades e custos de manutenção da estação meteorológica automática (EMA) ainda inerentes a este tipo de equipamento no Brasil.

Referências bibliográficas

ALEXSANDRA, D.O. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizando dados de estação meteorológica convencional e automática**. Jaboticabal: UNESP, 2003. 70 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 2003.

ARAÚJO, M.I.M., RODRIGUES, J.E. Estudo comparativo entre os dados coletados na estação climatológica principal de Brasília e uma estação automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. **Anais...**, Brasília: Sociedade Brasileira Meteorologia, 1998. (CD-ROM)

BRUNINI, O. et al. Viabilidade técnica e performance de uma estação meteorológica automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira Agrometeorologia / USP, 1997. p. 249-251.

CARMEN, B.M., LUIGI, P. Comparaison entre une station meteo traditionnelle et une station meteo automatique. In: WMO TECHNICAL CONFERENCE ON METEOROLOGICAL AND ENVIRONMENTAL INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION, TECO-2000, Beijing. **Papers presented...**, Beijing (China): WMO/TD, 2000. p. 76-79. (WMO/TD, n. 1028).

CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <http://ciiagro.iac.br/> IAC: Acesso em: 25-02-2004. Copyright 1988, 2003.

CUNHA, A.R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e campo**. Botucatu: UNESP, 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, 2001.

- FERNANDES, A.L.T., SILVA, F.C., FOLEGATTI, M.V. Uso de estações automáticas para controle da irrigação no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995, **Campina Grande. Anais...**, Campina Grande: Sociedade Brasileira Agrometeorologia / UFPb, 1995. p. 1-3.
- FISCH, G.F., SANTOS, J.M. Comparação entre observações meteorológicas convencionais e automáticas na região do Vale do Paraíba, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira Agrometeorologia / USP, 1997. p. 246-248.
- GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. Botucatu:UNESP, 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, 2001.
- PIMENTEL GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160 p.
- SENTELHAS, P.C., CARAMORI, P.H. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de balança, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 301-304. 2002.
- 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.
- SOUSA, J.W. **Efeito da cobertura de polietileno difusor de luz em ambiente protegido cultivado com pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Botucatu: UNESP, 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, 2002.
- SOUZA, I.A., GALVANI, E., ASSUNÇÃO, H.F. Avaliação de elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira Meteorologia, 2002. (CD-ROM).
- WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005. 1985.
- WMO. **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. Geneva: World Meteorological Organization, 1983. 230 p.