

Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, Estado do Paraná

Ivonete de Almeida Souza¹, Emerson Galvani^{2*} e Hildeu Ferreira da Assunção³

¹Geógrafa. ²Laboratório de Climatologia e Biogeografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 338, 05508-900, São Paulo, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: egalvani@usp.br

RESUMO. Efetuou-se, neste trabalho, um estudo comparativo entre os seguintes elementos meteorológicos: temperatura do ar máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), umidade relativa do ar média (URmed) e pressão atmosférica média (Patm), obtidos em uma Estação Meteorológica Convencional (EMC) e em uma Estação Meteorológica Automática (EMA), em Maringá, Estado do Paraná, no período de 01/03/99 a 31/12/2001. Os dados entre as respectivas estações foram comparados através do coeficiente de determinação (R^2), do índice de concordância de Willmott (d) e por meio do erro (ϵ) associado ao coeficiente angular da reta de regressão. Após a análise dos dados, concluiu-se que os elementos meteorológicos Tmax, Tmed, Tmin e URmed apresentaram significativa concordância entre os dados observados na EMC e na EMA. Os valores da URmed obtidos pelo sensor eletrônico da EMA foram 2% maiores que os mesmos obtidos pelo sensor da EMC, estando esse erro dentro da faixa de precisão dos sensores. Apesar dos baixos erros, os dados de Patm apresentaram diferenças significativas, contudo essa defasagem numérica deve-se à diferença de altitude (28m) das localidades onde se situam a EMC e a EMA.

Palavras-chave: estação meteorológica convencional, estação meteorológica automática.

ABSTRACT. Comparative study between meteorological elements monitored by conventional and automatic stations in the region of Maringá, State of Paraná. It was carried out a comparative study of the following meteorological elements: air temperatures (maxT, minT, avrT), air relative humidity (avrRH) and atmospheric pressure (atmP). They were registered simultaneously in two meteorological stations: Conventional (CMS) and Automatic (AMS), in Maringá, state of Paraná, from 03/01/1999 to 12/31/2001. The stations' data were evaluated through the determination coefficient (R^2), Willmott's index of agreement (d) and linear regression angular coefficient errors (ϵ). After data analysis, we were concluded that maxT, minT, avrT and avrRH presented a significant agreement between CMS data and AMS data. However the avrRH values of AMS, obtained by electronic sensor, were 2% larger than the corresponding values of CMS. The atmP values presented low errors but with significant differences, which were associated to a difference of altitude (28m) among the two stations.

Key words: conventional meteorological station, automatic meteorological station.

Introdução

Nas duas últimas décadas, os avanços tecnológicos, em praticamente todas as ciências do conhecimento, a destacar a área de eletrônica e automação, apresentaram substancial desenvolvimento, permitindo o monitoramento das mais diversas variáveis em tempo real e com níveis de precisão, até então, não experimentados. Os sensores eletrônicos passaram a apresentar duas

características distintas, a saber: maior resolução/precisão e menor tamanho.

Particularmente, em estudos climatológicos, os sensores eletrônicos permitem a obtenção de variáveis do clima praticamente em tempo real e a tomada de decisões com relação ao manejo de irrigação, à aplicação de defensivos, ao risco de incêndios, à previsão de geadas, à ocorrência de pragas e de doenças, à classificação climática, ao zoneamento agrícola, entre outras aplicações. Esse

conjunto de sensores eletrônicos, objetivando avaliar elementos meteorológicos, passou a receber a denominação de Estação Meteorológica Automática - EMA.

A grande dificuldade surge com a substituição/implantação de uma estação meteorológica convencional (EMC) por uma EMA. A partir disso, surgem alguns questionamentos: até que ponto os diferentes tipos de sensores (eletrônicos e mecânicos) respondem com igual precisão? Até que ponto as diferenças de frequências de obtenção dos dados e aspectos construtivos dos abrigos e micro-abrigos meteorológicos estariam influenciando aos valores médios daquele elemento para aquela região? Que tipo de sensores deverão ser instalados para se obter a melhor relação custo-benefício?

Ashraf et al. (1997) definem dois tipos de EMA's: a primeira aquela denominada de *full weather station*, como sendo a que monitora todas as variáveis necessárias para estimativa de evapotranspiração pelo método de Penman modificado (Allen, 1998) e aquela denominada de *partial weather station*, por não monitorar todos as variáveis necessárias para tal fim. Hubbard et al. (1983) e Hubbard (1994) apresentam exemplos de aplicação do uso de EMA's no monitoramento de atividades agrícolas.

Estudos comparativos entre EMC e EMA mostram significativa concordância entre os valores médios dos principais elementos meteorológicos, com destaque para temperatura e para umidade relativa do ar (Sentelhas et al., 1997; Fisch e Santos, 1997, Souza et al., 2000).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é efetuar um estudo comparativo entre dados meteorológicos obtidos por EMC e EMA, na região de Maringá, Estado do Paraná, em uma série de 34 meses de observações.

Material e métodos

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos na Estação Climatológica Principal de Maringá, ECPM, pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia, Inmet, em convênio com a Universidade Estadual de Maringá (UEM) (Latitude: 23° 25' S, Longitude: 51° 57' W e Altitude: de 542m). Os dados da Estação Meteorológica Automática (EMA) foram obtidos junto ao Sistema Meteorológico do Paraná, Simepar, localizado nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 23° 27' S, Longitude: 51° 59' W e Altitude: 570m. O período de coleta dos dados compreendeu entre 1.º de março de 1999 e 31 de dezembro de 2001, totalizando 1037 dias.

Avaliaram-se em ambas as estações, os seguintes elementos meteorológicos: temperatura máxima do ar (Tmax), temperatura mínima do ar (Tmin), temperatura média do ar (Tmed), umidade relativa média do ar (URmed) e pressão atmosférica (Patm). Os valores de precipitação pluviométrica e de velocidade do vento não foram aqui mostrados, pois apresentaram, respectivamente, problemas com o sensor e com diferentes alturas na obtenção das medidas (2m EMA e 10m EMC). Os elementos meteorológicos temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos em sensores instalados em abrigos termométricos convencionais (venezianas) e micro-abrigos de multiplacas, ambos na altura de 1,5m. A partir de observações de termômetro de bulbo seco e de bulbo úmido, obteve-se a umidade relativa do ar a partir de relações psicrométricas. O sensor de pressão atmosférica foi instalado no "escritório", na EMC, e em micro-abrigo meteorológico, na EMA. A Tabela 1 apresenta as características dos sensores utilizados em ambas as estações.

Tabela 1. Variáveis observadas pelas estações meteorológicas convencional (EMC) e automática (EMA) e demais características inerentes a cada sensor.

Estação	Variável	Elemento sensor	Fabricante	Sensibilidade precisão	Unidades de medida
EMC	Tmax	Mercúrio	R. FUESS	0,2 °C	°C
	Tmin	Álcool	R. FUESS	0,2 °C	°C
	Tmed	--	--	--	°C
	URmed	Psicrômetro	R. FUESS	5%	%
	Patm	Mercúrio	R. FUESS	0,1	hPa
EMA	Tmax	Termistor	Vaisala	0,1 °C	°C
	Tmin	Termistor	Vaisala	0,1 °C	°C
	Tmed	--	--	--	°C
	URmed	Capacitor	Vaisala	3%	%
	Patm	Cápsula aneróide	Vaisala	0,2 hPa	hPa

A temperatura média e a umidade relativa média do ar na EMC foram obtidas através da média compensada a partir das equações 1 e 2 abaixo, conforme padrão Inmet (1992):

$$T_{med} = \frac{[T_{12TMG} + T_{max} + T_{min} + (2.T_{24TMG})]}{5} \quad (1)$$

$$UR_{med} = \frac{[UR_{12TMG} + UR_{18TMG} + (2.UR_{24TMG})]}{4} \quad (2)$$

Para a EMA, a temperatura média do ar, a umidade relativa média do ar e a pressão atmosférica média foram obtidas a partir da média de observações efetuadas em intervalos de 0,2Hz com médias armazenadas a cada 10 minutos. A pressão atmosférica (hPa) foi obtida na EMC, fazendo-se as médias de três observações efetuadas nos horários de

12, 18 e 24 TMG, representando, respectivamente, 9h, 12h e 15h local.

Os dados das respectivas estações meteorológicas foram comparados através do coeficiente de determinação (R^2), do índice de concordância de Willmott (Willmott *et al.*, 1985) e por meio do erro associado ao coeficiente angular (ϵ) da reta de regressão.

Resultados e discussão

Valores médios mensais

Os valores médios dos elementos meteorológicos T_{max} , T_{med} , T_{min} , UR_{med} e $Patm$, para as duas estações, estão representados na Tabela 2 e mostraram existir diferença estatística significativa somente entre os valores de $Patm$. A Figura 1a apresenta os valores de temperatura máxima, mínima e média mensal do ar avaliado pela EMC e pela EMA, no período entre 01/03/99 a 31/12/2001, na localidade de Maringá.

Tabela 2. Valores médios mensais de T_{max} , T_{med} , T_{min} , UR_{med} e $Patm$ observados no período de março de 1999 a dezembro de 2001, em Maringá, Estado do Paraná, para as EMC e EMA.

Estação	T_{max}	T_{med}	T_{min}	UR_{med}	$Patm$
EMC	27,87 ^a	22,11 ^a	17,66 ^a	67,22 ^a	952,71 ^a
EMA	27,67 ^a	22,07 ^a	17,31 ^a	67,65 ^a	949,99 ^b
$\Delta(EMC-EMA)$	+0,20	+0,04	+0,35	-0,43	+2,81

* Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste t

Observou-se variação semelhante entre os valores médios monitorados pelas EMC e EMA. A Figura 1b mostra a variação da UR_{med} mensal na mesma localidade e período de estudo. Também se observou boa concordância entre as duas estações. Sentelhas *et al.* (1997), analisando uma série de 12 meses de medidas em Piracicaba, Estado de São Paulo, obteve resultados semelhantes. Souza *et al.* (2000) obtiveram valores de umidade relativa do ar superestimados pela EMA.

Os valores de $Patm$ média mensal encontram-se representados na Figura 1c. Observaram-se valores superiores obtidos pela EMC. Tal diferença está associada à diferença de altitude entre as duas estações (542m para a EMC e 570m para a EMA). Segundo Wallace e Hobbes (1977), para uma variação de 28 m na altitude em condições de atmosfera padrão e ar seco, tem-se uma variação de

3,17 hPa no valor médio da pressão atmosférica, valores próximos aos obtidos para a diferença média do período que foi de 2,81 hPa. Em função dos valores de $Patm$ em práticas agrícolas serem de pouca aplicação, sendo mais utilizados em previsão de tempo, o que implica automaticamente a redução da pressão ao nível médio do mar, não será aplicado, neste trabalho, correção alguma para a variação da $Patm$ com a altitude. Ainda na Tabela 2, podemos observar a diferença entre os valores médios obtidos na EMC e na EMA (Δ). Percebe-se uma ligeira superestimativa de T_{max} (+0,20), T_{med} (+0,04) e T_{min} (+0,35) e ligeira subestimativa de UR_{med} (-0,43).

Valores médios diários

Na tentativa de identificar diferenças em uma escala de tempo menor que a média mensal, procedeu-se à análise comparativa para valores médios diários entre os elementos meteorológicos monitorados pelas EMC e EMA. Os indicadores estatísticos R^2 e d , apresentados na Tabela 3, mostraram boa concordância entre as EMC e EMA. Os elementos meteorológicos T_{max} , T_{med} e T_{min} apresentaram boa concordância com R^2 , acima de 0,96 para T_{max} e T_{min} e acima de 0,90 para T_{med} (Figura 2). O coeficiente angular da reta de regressão para esses elementos encontra-se próximo da unidade, mostrando elevado grau de ajuste. O menor coeficiente de determinação foi verificado para o elemento UR_{med} , na ordem de 0,88 e com coeficiente B inferior a 1, indicando que a UR_{med} obtida com o sensor eletrônico (capacitor) superestimou o conjunto psicrométrico na ordem de 2%. Essa superestimativa da UR_{med} entre as duas estações encontra-se dentro da faixa de precisão do equipamento.

Tabela 3. Índices estatísticos entre as variáveis T_{max} , T_{min} , T_{med} , UR_{med} e $Patm$ obtidos em EMC e EMA, em Maringá, Estado do Paraná.

Variável	R^2	d	B	Erro (ϵ)
T_{max}	0,9714	0,9996	1,0056	0,000854
T_{min}	0,9663	0,9994	1,0002	0,001040
T_{med}	0,9076	0,9973	1,0141	0,002260
UR_{med}	0,8813	0,9966	0,9841	0,002510
$Patm$	0,9608	0,9999	1,0029	0,000023

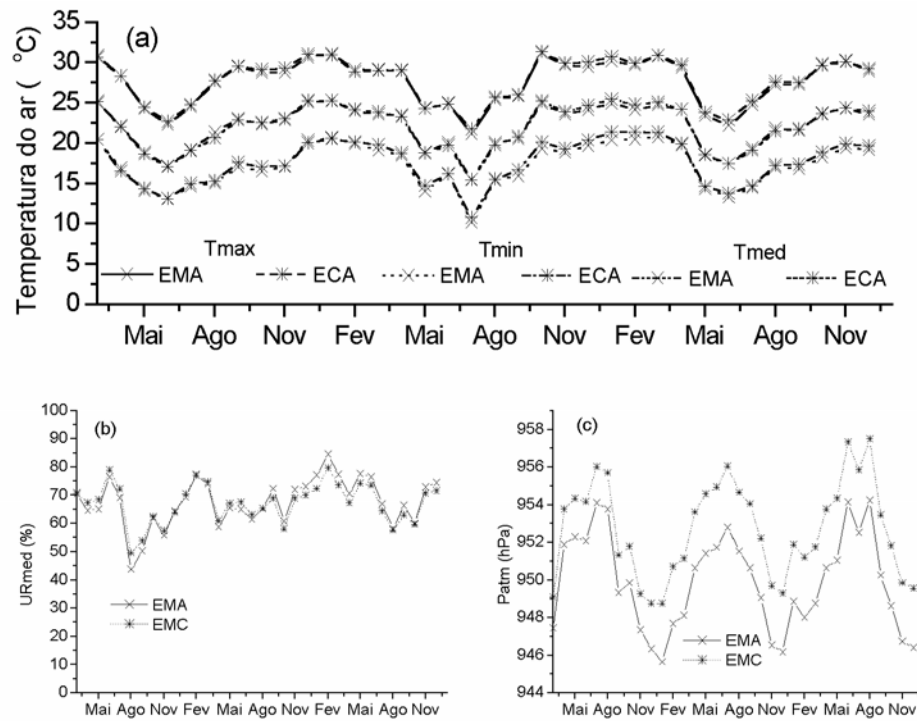


Figura 1. Variação dos valores médios mensais dos elementos meteorológicos Tmax, Tmin, Tmed (a), URmed (b) e Patm (c), monitorados pelas EMC e EMA, em Maringá, Estado do Paraná.

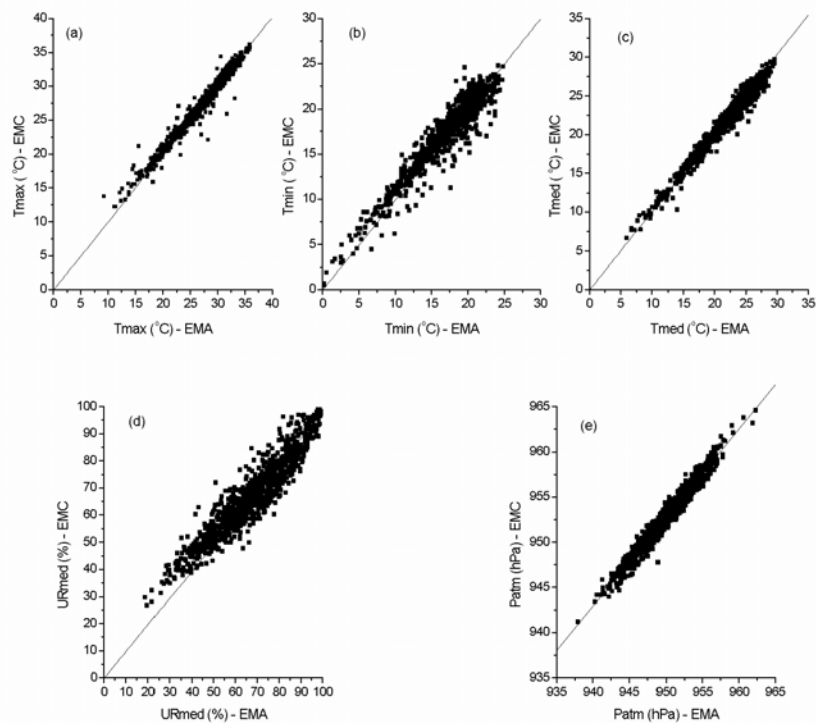


Figura 2. Variação da Tmax (a), Tmin (b), Tmed (c), URmed (d) e Patm (e), valores diários para o período de 01/03/99 a 31/12/2001, obtidos pelas EMC e EMA, em Maringá, Estado do Paraná.

Conclusão

Os resultados comparativos entre a EMC e a EMA permitiram obter as seguintes conclusões:

- os elementos meteorológicos T_{max}, T_{med} e T_{min} apresentaram boa concordância entre a EMC e a EMA;
- os valores de UR_{med} obtidos pelo sensor eletrônico (EMA) são da ordem de 2% maior que o convencional (EMC), estando esse erro dentro da faixa de precisão dos sensores;
- para os elementos meteorológicos comparados neste trabalho, a substituição de EMC por EMA não implicará diferenças significativas em seus valores. Contudo essa não é uma regra geral, devendo cada localidade efetuar a comparação entre os elementos meteorológicos obtidos por diferentes estações antes da desativação das EMC.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos funcionários do Simepar, Osmar Stringari e Tarcízio Valentin da Costa, e da ECPM/UEM, Edson Carlos Martins, Isabel Barbosa dos Anjos e Marilene Avancini, pela atenção e rapidez no fornecimento dos dados utilizados neste trabalho.

Referências

ALLEN, R. G. *et al.* *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage 56., Rome, 1998. (<http://www.fao.org/docrep/X0490E/>

X0490E00.htm)

ASHRAF, M. *et al.* Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks. *Agric. For. Meteorol.*, Amsterdam, v.84, p. 255-271, 1997.

FISCH, G.; 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 de Agrometeorologia, 1997, p.246-248.

HUBBARD, K. G.; Spatial variability of daily weather variables in the high plains of the USA. *Agric. For. Meteorol.*, Amsterdam, v.68, p. 29-41, 1994.

HUBBARD, K. G. *et al.* Automated weather data network for agriculture. *J. Water Resour. Plann. Manag.*, New York, v. 109, n.3, p.213-222, 1983.

INMET. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília, 84 p. 1992.

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

SOUZA, I. F. *et al.* Comparação de dados meteorológicos obtidos em estações convencional e automática do Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, 11, Rio de Janeiro. *CD-ROM...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. *Atmospheric Science: an introductory survey*. New York: Academic Press, 1977.

WILLMOTT, C. J. *et al.* Statistics for the evaluation and comparison of models. *J. Geophys. Res.* Ottawa, v.90, n.C5, p. 8995-9005, 1985.

Received on June 06, 2003.

Accepted on November 03, 2003.