

COMUNICAÇÃO

COMPARAÇÃO ENTRE VALORES DE TEMPERATURA MÉDIA DO AR DE ESTAÇÃO CONVENCIONAL COM VALORES OBTIDOS EM ESTAÇÃO AUTOMÁTICA E ANÁLISE DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVAS DE MÉDIAS DA TEMPERATURA DO AR EM LAVRAS, MG

Comparison between values of air temperature average obtained by conventional station and automatic station and analysis of estimates equations of air temperature averages in Lavras, MG, Brazil

Érico Tadao Teramoto¹, Luiz Gonsaga de Carvalho², Antonio Augusto Aguiar Dantas³

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho, comparar as temperaturas do ar médias diárias obtidas por duas estações meteorológicas, a ECP (Estação Climatológica Principal) e a PCD (Plataforma de Coleta de Dados), ambas localizadas no campus da UFLA (Universidade Federal de Lavras) em Lavras, MG, e verificar a eficácia do cálculo de médias das temperaturas por meio da equação utilizada pela FAO (Food and Agriculture Organization) e pela média aritmética dos valores obtidos pela PCD em relação à equação utilizada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), tomando essa como referência. Foram analisados dados de 2 anos consecutivos, representados pelos períodos de 30/06 a 31/12/2004, com um total de 137 dias de observações e de 01/01 a 04/12/2005, com um total de 186 dias de observações. A comparação entre as duas estações, mostrou uma boa concordância entre as temperaturas observadas ($r^2 \geq 0,90$). Com relação à utilização das equações, a que calcula a temperatura do ar utilizando a média aritmética apresentou melhor resultado ($r^2 \geq 0,94$). A equação utilizada pela FAO, demonstrou uma pequena tendência em superestimar os valores de temperatura.

Termos para indexação: Temperatura do ar, estimativa de temperatura, estação meteorológica.

ABSTRACT

The aim of this work was to compare the daily averages of the air temperatures obtained by two meteorological stations, ECP (Principal Climatological Station) and PCD (Data Collect Platform), both located at the experimental campus of UFLA (Federal University of Lavras) in Lavras, Minas Gerais State, Brazil, and verify the effectiveness of temperature averages calculated through the equation proposed by FAO (Food and Agriculture Organization) and for the arithmetic average of the values supplied by PCD in relation to the equation used by INMET (National Institute of Meteorology, Brazil), being this a reference. One analyzed data of consecutive two years, represented by the periods from 06/30 to 2004/12/31, with a total of 137 days of observation and 01/01 to 2005/12/04, with a total of 186 days of observation. The comparison between the two stations, showed a good agreement among the observed temperatures ($r^2 \geq 0,90$). With relation to the use of the equations, the one that calculates the temperature of the air using the arithmetic average, it presented better result ($r^2 \geq 0,94$). The equation used by FAO, demonstrated a small tendency in overestimating the temperature values.

Index terms: Air temperature, temperature estimate, meteorological station.

(Recebido em 8 de junho de 2007 e aprovado em 15 de abril de 2008)

O cálculo dos valores médios diários dos elementos meteorológicos é de grande aplicação nos estudos que envolvem o binômio clima e agricultura (BASTOS et al., 2000; GENNVILLE & BOOCK, 1983; VIANA, 2001). A utilização apropriada dos elementos meteorológicos, que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das

plantas, permite determinar com maior precisão a duração das fases fenológicas das plantas cultivadas e com isso planejar antecipadamente os momentos em que deverão ser realizados os tratos culturais (NUNEZ, 1986; OMETTO, 1981; PEZZOPANE et al., 2008). É também possível determinar a ocorrência de pragas, tanto das partes aéreas

¹Engenheiro Agrícola – Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – ericoengineer@hotmail.br

²Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor – Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lgonsaga@ufla.br

³Habilitado em Técnicas Agropecuárias, Doutor em Energia na Agricultura, Professor – Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – aadantas@ufla.br

quanto subterrâneas de algumas culturas, e os resultados podem ser aplicados em programas de manejo de pragas, para orientar sobre a época mais adequada para a realização de amostragens, implementação de medidas de controle, fornecendo subsídios para um melhor entendimento da dinâmica populacional dos insetos-pragas e de seus inimigos naturais nos sistemas agrícolas (ÁVILA et al., 2002). Assim, tal como é para a temperatura do ar, existem formas distintas de obtenção do valor médio diário, o que depende basicamente da quantidade de dados coletados pela estação ao longo do dia, tornando-se pertinente, sempre que possível, analisar as equações que comumente são utilizadas para o cálculo dos valores médios diários dos elementos meteorológicos.

Em estudos agrometeorológicos, os sensores eletrônicos permitem a obtenção de elementos meteorológicos praticamente em tempo real e a tomada de decisões com relação a manejo de irrigação, aplicação de defensivos, risco de incêndios, previsão de geadas, ocorrência de pragas e doenças, classificação climática, zoneamento agrícola, entre outras aplicações. Esse conjunto de sensores eletrônicos objetivando observar elementos meteorológicos passou a receber a denominação de Estação Meteorológica Automática – EMA (SOUZA et al., 2002). Segundo Sentelhas et al. (1997), as estações meteorológicas automáticas fornecem dados com melhor caracterização das condições meteorológicas, mas nem sempre elas são disponíveis, havendo a necessidade de utilização de dados meteorológicos provenientes de estações convencionais com menor representatividade, principalmente das condições médias. Os mesmos autores comparando dados diários de radiação solar incidente à superfície terrestre, temperaturas máxima, mínima e média e umidade relativa do ar obtidos por estação convencional e automática, verificaram boa concordância entre os elementos observados pelas duas estações e sugeriram que algumas discrepâncias observadas são em função da diferença no nível de precisão dos sensores e de amostragem no cálculo das médias. Em razão dos diferentes tipos de clima entre as regiões geográficas e de variações dos elementos meteorológicos em escala temporal, essas comparações tornam-se importantes na avaliação da qualidade dos dados. Justifica-se ainda, o fato de que, embora as estações automáticas sejam calibradas tomando por base uma estação padrão, é importante que a verificação seja feita de tempos em tempos com o propósito de avaliar se elas estão mantendo a acurácia na observação dos elementos meteorológicos. Assim, objetivou-se, neste trabalho foram de comparar as temperaturas do ar médias

diárias, calculadas com base em dados obtidos por duas estações meteorológicas (convencional e automática), além de verificar a eficácia de duas equações para estimativas de temperaturas médias diárias.

Os dados utilizados foram obtidos de duas estações meteorológicas localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG, cujas coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) são, respectivamente, 21°14' S, 45°00' W e 918,841 m, sendo o clima codificado como CWa, de acordo com a classificação de Köppen (DANTAS et al., 2007).

A estação convencional foi representada pela Estação Climatológica Principal (ECP) pertencente à rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a automática pertencente à rede de Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). As duas estações operavam simultaneamente, sendo que foram utilizados, na análise, dados de 2 anos consecutivos, correspondentes aos períodos de 30/06 a 31/12/2004, com um total de 137 dias de observações e de 01/01 a 04/12/2005, com um total de 186 dias de observações. Visando efetuar as análises sob variações climáticas distintas para os anos de 2004 e 2005, optou-se pelo estudo em separado, para os respectivos anos.

Por outro lado, os dados da PCD, disponibilizados via internet referentes sempre aos últimos 5 dias, eram descarregados com frequência aleatória, que nem sempre se seguia a cada 5 dias, sendo também por períodos superiores, tornando as séries de dados incompletas para os períodos analisados, conforme citados anteriormente. Contudo para os propósitos do presente trabalho isto não compromete as análises desde que os dados sejam sempre concomitantes entre as estações meteorológicas. Esse problema não se aplicou aos dados da ECP, pois esses são diariamente e sistematicamente obtidos por observadores meteorológicos e armazenados em banco de dados, conforme convênio entre as instituições responsáveis, INMET e UFLA. A ECP foi considerada como referência em razão da confiabilidade dos instrumentos e principalmente devido ao padrão de instalação desses em conformidade com as normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial).

O trabalho foi conduzido em duas partes, sendo que na primeira foram comparadas as temperaturas do ar médias diárias obtidas pelas duas estações meteorológicas, com base na equação (1) utilizada pelo INMET.

$$T_m = \frac{T_{12} + T_x + T_n + 2T_{24}}{5} \quad (\text{INMET}) \quad (1)$$

em que, T_m é a temperatura do ar média diária (°C); T_{12} e T_{24} são as temperaturas (°C) às 12:00 e 24:00 h UTC (Universal Time Coordinate), respectivamente; T_x é a temperatura máxima diária (°C) e T_n é a temperatura mínima diária (°C). Os horários 12:00 e 24:00 h UTC, correspondem para Lavras-MG às 9:00 e 21:00 h do horário civil local, respectivamente. A segunda parte do trabalho foi realizada utilizando somente os dados obtidos da PCD. Nesse caso, diariamente, os dados de temperatura do ar são representados por médias de cada período de 3 horas, ao longo do dia a partir de 00:00 h, totalizando 8 observações diárias e os extremos de temperaturas (máxima e mínima) são aquelas detectadas automaticamente pelo sistema ao longo do dia. Os cálculos das temperaturas médias diárias foram feitos de acordo com três equações, sendo a equação (1), utilizada pelo INMET, tomada como referência neste trabalho para averiguação das outras duas equações, a utilizada pela FAO no cálculo da evapotranspiração de referência, equação (2), e a representada pela média aritmética simples, equação (3).

$$T_m = \frac{T_x + T_n}{2} \quad (\text{FAO}) \quad (2)$$

$$T_m = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_8}{8} \quad (\text{Média aritmética}) \quad (3)$$

em que, T_1, T_2, \dots, T_8 são as médias de temperaturas a cada 3 horas, ao longo do dia a partir de 00:00 h do horário civil local. As análises consistiram, na primeira parte, em avaliar o comportamento das temperaturas observadas em ambas as estações, aplicando a análise de regressão linear simples verificando a relação entre as observações. Aplicou-se também o índice de concordância “d”, equação (4), proposto por Willmott et al. (1985). O índice “d”, com variação entre 0 e 1, indica o grau de exatidão entre valores estimados e observados, sendo que quanto mais próximo de 1 (um) melhor a exatidão do modelo em prever a variável dependente, ao passo que o coeficiente de determinação (r^2), indica a precisão do modelo, ou seja, o quanto da variação da variável dependente é explicada pela variação das variáveis independentes. O índice de Willmott et al. (1985) é apresentado pela seguinte expressão:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Ye_i - Yo_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|Ye_i - \bar{Yo}| + |Yo_i - \bar{Yo}|)^2} \right] \quad (4)$$

em que, d é o índice de concordância; Ye_i , o i-ésimo valor previsto ou estimado; Yo_i , o i-ésimo valor observado; e \bar{Yo} é a média dos valores observados. Na segunda parte, as análises foram semelhantes, verificando o comportamento de ambas as equações (INMET x Média aritmética) e (INMET x FAO).

Na Figura 1 têm-se representadas as análises de regressão linear simples ao comparar os dados de temperatura média do ar para as duas estações meteorológicas, para os anos de 2004 e 2005. Conforme a proposição deste trabalho, verifica-se uma boa performance estatística entre os dados de temperatura obtidos (ECP x PCD) sendo que os coeficientes de determinação (r^2) encontrados, indicam uma boa precisão e os índices de Willmott et al. (1985), por sua vez indicam uma boa exatidão. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Sentelhas et al. (1997), evidenciando a boa acurácia da PCD na coleta de dados com relação à ECP, consolidando-se então a validação das leituras obtida pela estação automática. Notam-se, para o ano de 2005 (Figura 1b), alguns desvios significativos em relação à reta 1:1. Analisando a série de dados, a causa mais provável desses desvios pode ser atribuída a erros de mensuração e/ou erros no cálculo das médias com os dados da ECP. Essa evidência confirma-se principalmente para o dia 25/09/2005 em que a temperatura média da ECP foi de 26,1 °C, contudo a temperatura máxima registrada para esse mesmo dia foi de 25,6 °C, mostrando assim a inconsistência na média, pois está superior à temperatura máxima.

Na Figura 2, têm-se a representação da análise de regressão linear simples dos cálculos das médias de temperatura do ar, para os anos de 2004 e 2005, obtida pela média aritmética simples e comparada com a média utilizando-se a equação adotada pelo INMET, sendo esta considerada como referência. Deve-se ressaltar que, nessas análises, foram utilizados apenas os dados obtidos pela PCD. Verifica-se que os resultados foram bastante satisfatórios apresentando altos coeficientes de determinação (r^2) valendo-se também para os índices de concordância (d). Por sua vez, a(s) causa(s) dos desvios observados em relação à reta 1:1, sendo mais significativo para o ano de 2005 (Figura 2b), não foram claramente identificados na série de dados, sendo que, para alguns, houve a ocorrência significativa de chuvas e com insolação variável. Esses desvios, portanto, poderão ser atribuídos à aleatoriedade dos dados observados ao longo daqueles dias e/ou a fatores não claramente caracterizados.

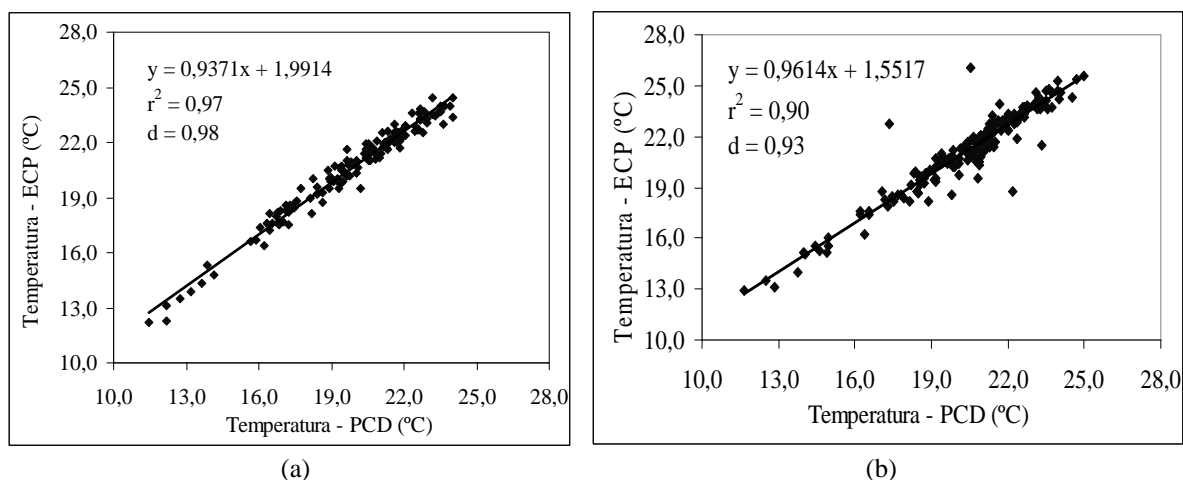


Figura 1 – Relação entre as temperaturas do ar médias diárias obtidas pelas estações convencional (ECP) e automática (PCD), para os anos de 2004 (a) e 2005 (b).

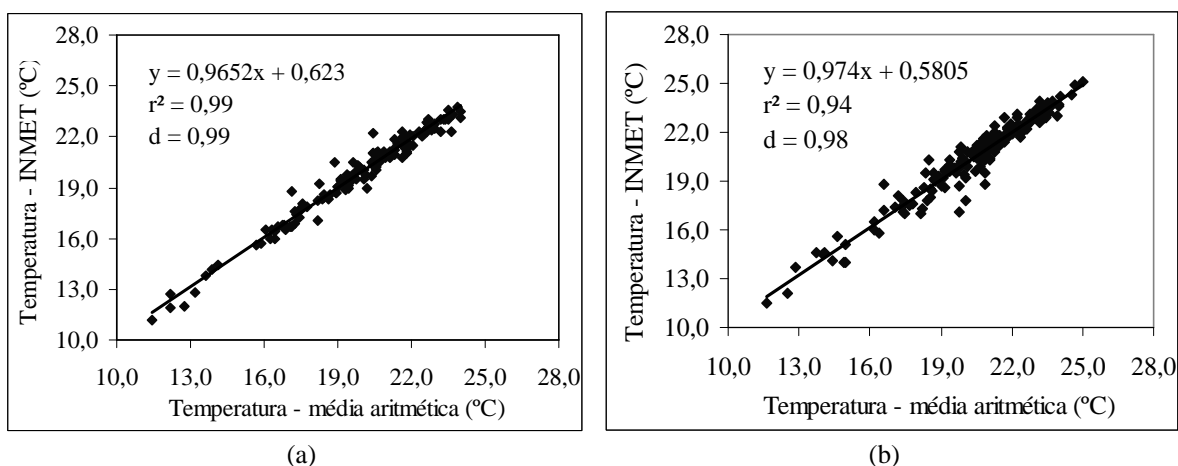


Figura 2 – Relação entre os valores de temperatura média diária do ar estimados pela equação do INMET e média aritmética simples com dados da estação automática (PCD), para os anos de 2004 (a) e 2005 (b).

Semelhantemente, na Figura 3 observam-se os resultados da análise de regressão linear simples e do índice “d” de concordância ao comparar os valores calculados das médias diárias de temperatura do ar, utilizando a equação utilizada pela FAO e a equação utilizada pelo INMET, para os anos de 2004 e 2005. A equação utilizada pela FAO também demonstra uma boa performance (Figura 3b). Novamente são verificados desvios em relação à reta 1:1, principalmente para o ano de 2005 (Figura 3b). Nesse caso, embora os parâmetros estatísticos indiquem boa performance dos resultados, se comparados à análise anterior de acordo com a Figura 2, pode-se notar que os desvios são

maiores. Para esse caso, embora também se possa atribuir estes desvios a fatores que não são claramente identificados, quando se obtém a média somente dos valores extremos, temperaturas máxima e mínima, é de se esperar uma maior dispersão nos resultados, pois assim a média não consegue representar as variações que ocorrem nos valores de temperaturas durante o dia, que para o presente estudo são dados a cada 3 horas ao longo do dia.

Diante dessas análises de cálculos de médias de temperaturas do ar, verifica-se que a equação que estima a temperatura do ar por meio da média aritmética foi a que proporcionou melhor acurácia, conforme os parâmetros

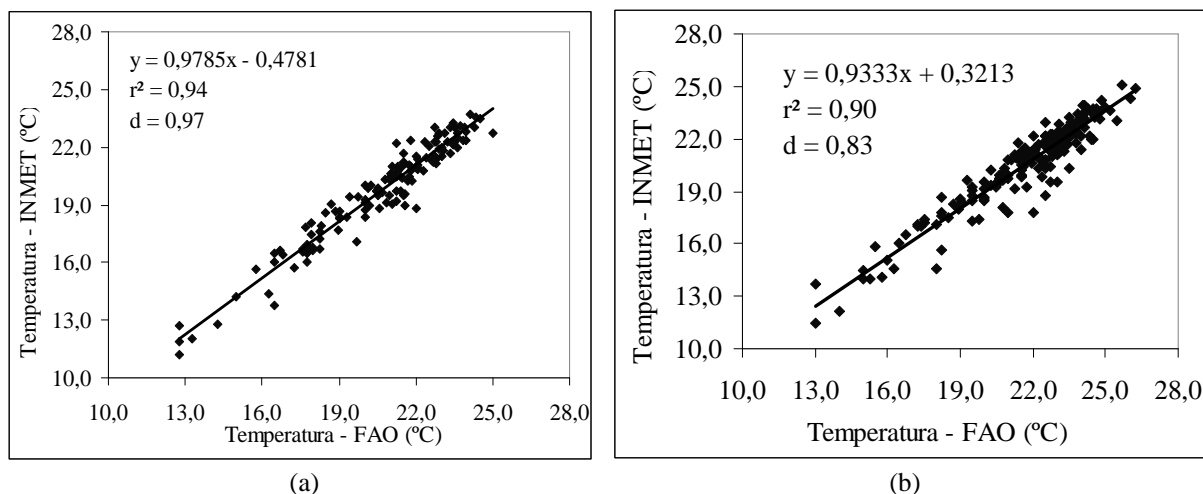


Figura 3 – Relação entre os valores de temperatura média diária do ar estimados pela equação do INMET e FAO com dados da estação automática (PCD), para os anos de 2004 (a) e 2005 (b).

estatísticos apresentados. Isso pode ser atribuído ao fato da maior quantidade de dados utilizados, os quais detectam melhor as variações de temperatura ao longo do dia. Por sua vez, a equação utilizada pela FAO também demonstrou um bom desempenho estatístico, porém notou-se uma pequena tendência em superestimar a temperatura média diária, podendo-se atribuir à razão de que essa equação leva em consideração somente os valores extremos de temperaturas, não conseguindo identificar as variações ao longo do dia. Com esses resultados, sugere-se que, tanto quanto possível, deve-se dar preferência às estimativas de médias de temperatura do ar, seja adotando a equação utilizada pelo INMET, ou seja pela média aritmética simples, entretanto, na ausência de maior quantidade de leituras distribuídas ao longo do dia, a média pode ser obtida a partir dos valores extremos das temperatura (máxima e mínima).

Para os períodos analisados pode-se concluir que as observações obtidas em ambas as estações (ECP e PCD), apresentaram boa concordância na estimativa das temperaturas médias diárias do ar, consolidando a validação da estação automática (PCD). Por sua vez, o cálculo da média diária de temperatura do ar utilizando a equação da média aritmética simples a partir de oito valores foi a que apresentou o melhor resultado em comparação com a equação da FAO, contudo ambas as equações foram consideradas satisfatórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de Diabrotica speciosa utilizando-se o modelo

de graus-dia de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 427-432, abr. 2002.

BASTOS, E. A.; NUNES, B. H.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Dados agrometeorológicos para o município de Parnaíba, PI: 1990 – 1999**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 27 p. (Documentos, 46).

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.

GENNEVILLE, M. S.; BOOCK, A. Modelo estocástico para simulação da precipitação pluviométrica diária de uma região. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 959-66, 1983.

NUNEZ, J. C. O. **Caracterização das fases fenológicas de três cultivares de milho utilizando o conceito de graus-dia**. 1986. 54 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440 p.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P. de; FAZUOLI, L. C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez., 2008.

- SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 215-21, 1997.
- SOUZA, I. A.; GALVAN, E.; ASSUNÇÃO, H. F. Avaliação de elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 2002, Córdoba. **Anais...** Córdoba, 2002. Disponível em: <www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/lcb/Emersom/2002/eventos/RAA2002b.PDF>. Acesso em: 30 ago. 2006.
- VIANA, T. V. A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. 2001. 138 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.