



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas
Brasil

Paes de Camargo, Marcelo Bento; Brunini, Orivaldo; Pedro, Mário José; Bardin, Ludmila
Variabilidade espacial e temporal de dados termopluviométricos diários da rede de estações
agrometeorológicas do Instituto Agronômico (IAC)
Bragantia, vol. 64, núm. 3, 2005, pp. 473-483
Instituto Agronômico de Campinas
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90864318>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGROMETEOROLOGIA

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE DADOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS DIÁRIOS DA REDE DE ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS DO INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC) ⁽¹⁾

MARCELO BENTO PAES DE CAMARGO ⁽²⁾; ORIVALDO BRUNINI ⁽²⁾;
MÁRIO JOSÉ PEDRO JUNIOR ⁽²⁾; LUDMILA BARDIN ⁽³⁾

RESUMO

Programas de análise de consistência de dados são utilizados, normalmente, por redes de estações agrometeorológicas para controle de qualidade, para identificar dados com problemas e fornecer estimativas consistentes, com base em dados de outras estações próximas. Os sistemas modernos de controle de qualidade de rede de estações meteorológicas requerem porém maior conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos dados meteorológicos diários regionais, para serem utilizados nos sistemas matemáticos de interpolação de dados necessários a fim de identificar dados suspeitos ou na estimativa de dados perdidos. O objetivo deste trabalho foi quantificar a variabilidade espacial e temporal de dados diários de temperatura do ar máxima, média e mínima e de precipitação pluvial no Estado de São Paulo, para servir de subsídio ao desenvolvimento de sistema de controle de qualidade e de limites de intervalos de confiança. Foram utilizados dados de 19 estações agrometeorológicas do IAC, em um período total de 20 anos (1981/2000), sendo Campinas considerada a estação central. Análises de regressão mensais foram realizadas com base nos dados diários da estação central e cada uma das demais estações, considerando as respectivas distâncias lineares, que variaram de 0 a 436 km, nas quais foram obtidos valores de coeficientes de determinação (R^2) e de erro-padrão de estimativa (SEE) para os elementos considerados. Pelos resultados, à medida que as distâncias aumentam, menores são os valores de R^2 e maiores os valores de SEE, seguindo diferentes funções, que variaram segundo o elemento meteorológico e a época do ano. Quanto à variabilidade temporal, os meses com maiores valores de SEE para temperaturas máximas e mínimas (TMAX e TMIN) foram os de primavera e inverno respectivamente. Considerando 150 km de distância, a TMAX indicou valores de SEE até de 3,0 °C e TMIN de até 2,3 °C. Para precipitação pluvial, observaram-se valores menores de SEE durante o inverno, de até 4 mm, e valores mais elevados, de até 15 mm, durante o verão. Pelas análises, os limites máximos de distâncias admitidos para explicar mais de 90% das variações dos elementos termoplúviométricos entre locais foram para TMAX, 80 km (primavera-verão) e 90 km (outono-inverno); para TMIN são necessários 55 km para os meses de verão, 75 km para inverno-primavera e 90 km durante o outono. Para dados pluviométricos, as distâncias de até 12 km explicam 90% da variação para os meses de verão, até 20 km para os de primavera e outono e de até 27 km para os de inverno.

Palavras-chave: temperatura máxima e mínima do ar, variabilidade temporal e espacial, controle de qualidade, estimativa de erros, rede de estações, caracterização climática.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 13 de setembro de 2004 e aceito em 15 de julho de 2005.

⁽²⁾ Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13012-970 Campinas (SP). E-mail: mcamargo@iac.sp.gov.br. Com bolsa de produtividade científica do CNPq.

⁽³⁾ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUC-Campinas. Estagiária do Centro de Ecofisiologia e Biofísica, IAC. Bolsista do PNP&D/Embrapa-Café.

ABSTRACT

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF DAILY AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION DATA OF THE IAC WEATHER STATION NETWORK, SÃO PAULO STATE, BRAZIL

Ensuring continuous, good quality data from weather station networks requires a knowledge of spatial and temporal variability. This knowledge is essential to identify suspect data and provide estimates for data gaps. This study was conducted aiming to quantify and contrast the spatial and temporal variability for daily weather variables for a tropical climatic condition of the Instituto Agronômico (IAC) weather station network, located in the State of São Paulo, Brazil. For a period of 20 years (1981-2000) data were available from 19 weather stations. The daily meteorological variables studied were maximum and minimum air temperature and precipitation. In the spatial analysis, a central station was paired with each of the other stations in the area. The coefficient of variation (R^2) and standard error of estimate (SEE) were calculated by regression of daily measurements between pairs of the same weather variables for various station within the area. The SEE and R^2 were plotted against linear distance from the central station. Best fit lines were determined for the variograms (R^2) and errograms (SEE). Analysis were performed for each month. Generally, the R^2 decreased while the SEE increased with distance of separation between sites. A significant seasonal cycle was found in the SEE data for maximum and minimum air temperature and precipitation. Results indicated that the accuracy of estimated data and associated confidence limits varied with time of the year. As linear distance between sites increased, the SEE for maximum and minimum air temperature were greater, especially during the spring and winter seasons, respectively. The SEE data for precipitation were greater during the summer season. For 150 km of distance, the maximum air temperature presented SEE data values up to 3.0°C and 2.3°C during the spring and summer seasons, respectively, while precipitation presented SEE data values up to 4 and 15mm during winter and summer seasons, respectively. Based on the analysis of climate data from the tropical conditions of the State of São Paulo, spacing requirements varied with time of the year. An 80 km spacing is required to explain 90% of the variation between sites, for maximum daily air temperature during the spring and summer months, and 90 km for autumn and winter; while for minimum air temperature that spacing reduces to 55 km during the summer, 75 km for winter and spring, and increases to more than 90 km during the autumn. A 27 km spacing is required to explain the variation for precipitation during the winter season, up to 20 km for spring and autumn, but during the summer the spacing reduces to 12 km.

Key words: maximum and minimum air temperature, rainfall, spatial and temporal variability, quality control, weather station networks, estimation error, climate characterization.

1. INTRODUÇÃO

O Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do Instituto Agronômico (IAC/APTA) está coordenando a modernização da rede agrometeorológica do Estado de São Paulo, por meio da instalação e manutenção de 28 estações meteorológicas automáticas (EMAS) desde 1995, e com previsão de instalação de outras 50 para o biênio 2004/2005. As EMAS possuem sensores modernos, mais precisos e confiáveis do que as estações convencionais, permitindo obtenção de leituras contínuas em tempo real e agilização do processamento do grande volume de informações.

Programas de análise de consistência de dados são utilizados normalmente por redes de estações meteorológicas convencionais para controle de qualidade, para identificação de dados com problemas ou perdidos, e fornecer estimativas

consistentes com base em dados de outras estações próximas. Os sistemas de controle de qualidade de rede de estações meteorológicas automáticas requerem, porém, um maior conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos dados meteorológicos diários regionais, para serem utilizados nos sistemas matemáticos de interpolação de dados necessários para a identificação de dados suspeitos ou na estimativa de dados perdidos (DECKER, 1994; HUBBARD et al., 1996; ASHRAF et al, 1997).

O controle de qualidade de dados de EMAS é feito rotineiramente na grande maioria das redes americanas e européias, com base em programas especiais que verificam os dados considerando a variabilidade espacial e temporal dos dados meteorológicos (CARLSON et al., 1994; HOOGENBOOM, 1996). No Centro Climático do Meio Oeste dos EUA (High Plains Climate Center), sediado no Estado de Nebraska, utiliza-se sistema de controle de qualidade

consistente, em que são comparados os dados diários coletados de cada estação, de uma rede de mais de 150 estações, com as vizinhas, mediante técnicas estatísticas apropriadas que verificam os dados dentro de limites aceitáveis de leituras (SNYDER et al., 1996). Esse sistema permite ainda, a interpolação de dados, possibilitando a estimativa para cobrir as eventuais falhas de leituras.

Visando aprimorar o estudo da variabilidade espacial e temporal dos elementos meteorológicos diários, importantes para aplicação dos modelos de controle de qualidade de dados e de estimativa de dados perdidos, CAMARGO e HUBBARD (1998) determinaram os erros das estimativas entre as variáveis agrometeorológicas e as distâncias das estações meteorológicas, em duas regiões do centro dos EUA, com diferentes tipos climáticos, subúmido e semi-árido. Pelos resultados, observa-se que a variação depende fundamentalmente do elemento meteorológico (temperatura máxima, mínima e média do ar, precipitação pluvial, umidade relativa, radiação solar), da época do ano e da região considerada. Na região com clima semi-árido houve erros de estimativa maiores que a região com clima subúmido, principalmente durante o inverno. Durante o verão, o erro de estimativa para temperatura do ar para distância de 100 km para a região semi-árida foi de 2 °C, enquanto para a região subúmida foi de 1,0 °C aproximadamente.

Levando-se em consideração a técnica desenvolvida em outros países, o objetivo deste trabalho foi quantificar a variabilidade espacial e temporal de valores diários de temperatura máxima e mínima do ar e precipitação pluvial no Estado de São Paulo, para servir de subsídio ao desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade e de limites de intervalos de confiança para análise de consistência de dados da rede de estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo (IAC).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados termopluiométricos diários de 19 estações agrometeorológicas convencionais da rede do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), relacionadas na Tabela 1, juntamente com as coordenadas geográficas e tipos climáticos. O período analisado foi de 20 anos, 1981 a 2000, em que todas as 19 estações continham dados termopluiométricos completos, sem falhas no período, totalizando 7.285 dados diários para cada estação considerada. Foram estudados os seguintes elementos meteorológicos ao nível diário: temperatura do ar máxima (TMAX) e mínima (TMIN) e precipitação pluvial (PLU). Não foram consideradas neste estudo as estações meteorológicas automáticas do CIIAGRO, visto que a maioria possui séries inferiores a 10 anos de dados.

Tabela 1. Tipos climáticos e coordenadas geográficas das estações agrometeorológicas do IAC consideradas, com as respectivas distâncias lineares em relação à estação central de Campinas

Estações	Tipo climático ⁽¹⁾	Latitude	Longitude	Altitude	Distância Campinas
				m	km
Campinas	Cwa	22° 54' S	47° 05' W	674	0
Nova Odessa	Cwa	22° 47' S	47° 18' W	528	27
Jundiá	Cfa	23° 12' S	46° 56' W	715	42
Monte A do Sul	Cfa	22° 41' S	46° 43' W	777	45
Limeira	Cwa	22° 32' S	47° 27' W	639	52
Tietê	Cwa	23° 07' S	47° 43' W	538	70
Tatuí	Cwa	23° 22' S	47° 52' W	600	95
Mococa	Cwa	21° 28' S	47° 01' W	665	159
Pindamonhangaba	Cwa	22° 55' S	47° 27' W	560	165
Jaú	Cwa	22° 17' S	48° 34' W	580	169
Capão Bonito	Cfa	24° 02' S	48° 22' W	700	179
Ubatuba	Af	23° 27' S	45° 04' W	8	211
Ribeirão Preto	Aw	22° 11' S	47° 48' W	621	216
Pariquera-açu	Af	24° 43' S	47° 53' W	25	218
Manduri	Cwa	23° 10' S	49° 20' W	589	232
Gália	Cwa	22° 18' S	49° 33' W	522	265
Itararé	Cfb	24° 06' S	49° 20' W	1150	268
Pindorama	Aw	21° 13' S	48° 56' W	562	269
Adamantina	Aw	21° 41' S	51° 05' W	443	436

⁽¹⁾ Tipo climático segundo a classificação internacional de Köppen (SETZER, 1966).

O clima do Estado de São Paulo é de transição entre o clima tropical do Brasil Central, caracterizado pelo verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco, e o clima da Região Sul do Brasil, que apresenta inverno úmido e verão subúmido (CAMARGO et al., 1998). As estações se situam entre os paralelos 21 a 25° de latitude Sul e os meridianos 45 a 51° de longitude Oeste, com altitudes variando desde o nível do mar (8 m) em Ubatuba a 1.150 m em Itararé, Região Sul do Estado. Essas condições geográficas condicionam a área de estudo a cinco tipos climáticos distintos, segundo a classificação climática internacional de Köeppen (SETZER, 1966):

Aw: clima tropical, com verão quente e úmido e inverno ameno com estação seca acentuada. Situa-se em região de planalto com altitudes variando entre 400 a 500 metros, na Região Noroeste do Estado. Compreende os postos de Ribeirão Preto, Pindorama e Adamantina;

Cwa: clima subtropical, com inverno seco e verão úmido e quente. Abrange a maior parte do Estado, principalmente na parte centro e leste, com altitudes entre 500 e 700 metros. São representativas deste tipo climático as localidades de Campinas, Nova Odessa, Limeira, Tietê, Tatuí, Mococa, Pindamonhangaba, Jaú, Manduri e Gália;

Cfa: clima subtropical, com verão quente e com estação seca moderada de inverno. Situada nas regiões Sudoeste e Leste do Estado, compreende as estações de Jundiaí, Monte Alegre do Sul e Capão Bonito;

Cfb: clima subtropical a temperado. Abrange as áreas montanhosas das serras do Mar e da Mantiqueira, com altitudes entre 900 e 2.000 metros, inverno rigoroso e verão ameno e umidade alta o ano todo. Itararé representa esse tipo climático;

Af: clima tropical úmido, sem estação seca e quente o ano todo. Compreende a faixa litorânea do Estado, como as localidades de Ubatuba e Pariqueira-Açu.

Para a caracterização da variabilidade espacial dos dados termopluviométricos, considerou-se inicialmente adotar como estação central a localidade de Jaú, por estar situada mais próxima ao centro geográfico do Estado do que as demais estações. Entretanto, as estações mais próximas de Jaú ficavam localizadas a mais de 100 km de distância, inviabilizando um estudo mais preciso da variabilidade espacial dos dados. Dessa maneira, considerou-se Campinas (latitude: 22° 54'S, longitude 47°05'W, altitude 674 m) como a estação central do estudo, com variações mais homogêneas das distâncias lineares em relação às demais 18 localidades, variando desde 27 km (Nova Odessa) a

436 km em relação à localidade de Adamantina, na Região Oeste do Estado. Na tabela 1 são apresentadas as 19 estações meteorológicas utilizadas incluindo as distâncias lineares entre a estação central de Campinas e as demais estações meteorológicas consideradas. Essas distâncias em quilômetros foram calculadas a partir das coordenadas geográficas, latitude e longitude, considerando a curvatura da Terra, de acordo com o método descrito em HUBBARD (1994).

Análises de regressão foram realizadas com base nos dados diários da estação central de Campinas e em cada uma das demais 18 estações agrometeorológicas consideradas. Essas análises foram feitas mensalmente, envolvendo dados diários do período de 20 anos (1981-2000), utilizando 564, 600 e 620 dados pareados dependendo de cada um dos 12 meses considerados. Valores de coeficientes de determinação (R^2) e de erro-padrão de estimativa (SEE) foram obtidos para caracterizar a variabilidade de cada elemento meteorológico considerado (TMAX, TMIN e PLU). Os valores obtidos de R^2 e de SEE foram relacionados com as respectivas distâncias lineares entre a estação central de Campinas e cada uma das estações meteorológicas consideradas, as quais variaram de 0 a 436 km. Enquanto R^2 é adimensional, SEE tem a mesma unidade dos elementos temperatura (°C) e chuva (mm), auxiliando dessa forma a quantificar a precisão absoluta necessária para a obtenção de um sistema mais consistente de controle de qualidade de dados da rede agrometeorológica.

As relações entre o número de anos de observações dos dados termopluviométricos e a estabilidade dos coeficientes de determinação observados nas análises foram primeiramente estudadas, visando determinar o número mínimo de anos necessários para a obtenção de análises consistentes. Duas estações meteorológicas foram selecionadas, Campinas e Ribeirão Preto, por possuírem séries de observações de 30 anos, mais longas que os 20 anos das demais estações. A distância linear entre as duas localidades é de 216 km, e o período analisado foi de 1971 a 2000. O efeito do número de anos de observações diárias de TMAX, TMIN e PLU necessários para a estabilização das análises se baseou em subperíodos mensais de 1, 2, 3... até 30 anos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudou-se a relação entre a estabilidade dos valores dos coeficientes de determinação e o número de anos necessários para os elementos meteorológicos TMAX, TMIN e PLU. Quanto maior o número de anos

considerados nas análises (1 a 30) para o cálculo dos valores dos coeficientes de determinação, menores foram as variações nos valores de R^2 . Na Figura 1, estão apresentados os valores de R^2 versus o número de anos de observações para dados diários de TMAX ocorridos no mês de janeiro, considerando as estações de Campinas e Ribeirão Preto. Observa-se que os valores de R^2 possuem grande variabilidade quando são considerados períodos de 1 até 10 anos; a partir de 20 anos, os valores tornam-se mais estáveis. Esses resultados foram similares para os demais meses do ano e também para TMIN e PLU, deduzindo que os 20 anos disponíveis para as demais estações meteorológicas são suficientes para a obtenção de estabilidade nas análises estatísticas.

Resultados das análises de regressão entre os dados termopluviométricos diários da estação central de Campinas e de cada uma das 18 estações indicaram grande variabilidade nos valores de R^2 e de SEE. Nas figuras 2 a 4, verificam-se os variogramas contendo os valores de R^2 e SEE em função das distâncias lineares entre a estação central de Campinas e as 18 estações meteorológicas para temperaturas diárias máximas (TMAX) e mínimas (TMIN) e precipitação pluvial (PLU) ocorridas em janeiro (verão), abril (outono), julho (inverno) e outubro (primavera). À medida que a distância entre a estação de Campinas e as demais estações meteorológicas aumenta, menores são os valores de R^2 , entretanto, os valores de SEE aumentam rapidamente com o incremento das distâncias, evidenciando diferentes variações espaciais e

temporais entre os elementos termopluviométricos considerados. Para TMAX ocorre grande incremento até, aproximadamente 90 km, até 80 km para TMIN e apenas 20 km para PLU.

Essa variabilidade espacial segue diferentes funções, com ajustes lineares e exponenciais, que variaram segundo o elemento meteorológico e a época do ano. Mais de 70% das variações foram explicadas pelas funções considerando todas as estações e os meses do ano. As variações dos valores de R^2 (Y) seguiram funções lineares ($Y=a-bX$) entre as distâncias lineares em km (X) para TMAX e TMIN e funções exponenciais ($Y=\exp^{-aX}$) para PLU. As variações dos valores de SEE seguiram funções exponenciais ($Y=a[1-\exp(-bX)]$) para os três elementos meteorológicos estudados.

Os valores de SEE aumentam consideravelmente durante os meses de julho e outubro, tanto para as temperaturas máximas, como especialmente para as temperaturas mínimas. Por exemplo, para temperaturas máximas diárias ocorridas em julho para Nova Odessa, que dista apenas 27 km de Campinas, os valores foram, respectivamente, 0,91 (R^2) e 1,50°C (SEE); para Adamantina, a 436 km de distância de Campinas, os valores de R^2 e de SEE foram, respectivamente, 0,73 e 2,98°C. Para algumas localidades próximas a Campinas, os erros são proporcionalmente maiores quando comparados à localidade de Nova Odessa, como para as cidades de Jundiá (42 km) e Monte Alegre (45 km), pois essas regiões recebem grande influência do relevo fortemente ondulado.

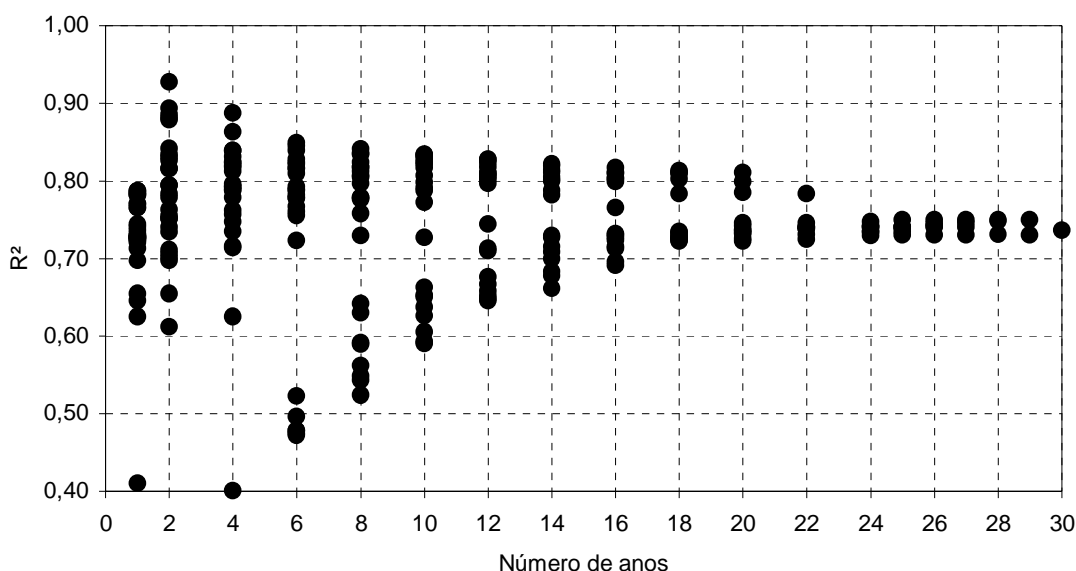


Figura 1. Efeito do número de anos de observações sobre a variação dos coeficientes de determinação (R^2) dos dados de temperatura máxima diária ocorrida em janeiro, no período de 1971 a 2000, entre as estações de Campinas e Ribeirão Preto.

D

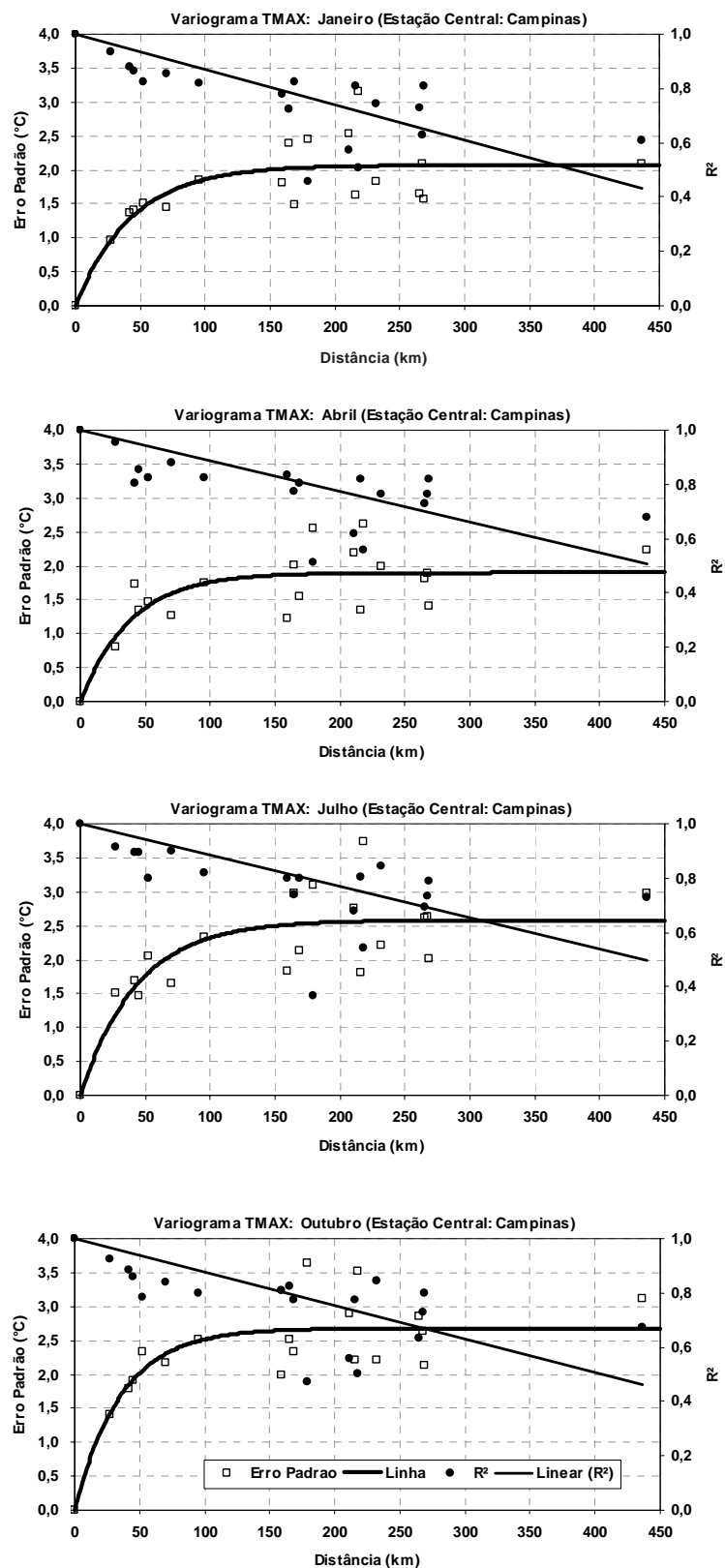


Figura 2. Variogramas apresentando valores do erro-padrão (SEE) e coeficiente de determinação (R^2) em função das distâncias lineares entre a estação central de Campinas e 18 estações agrometeorológicas para temperatura máxima diária (TMAX) no período de janeiro, abril, julho e outubro.

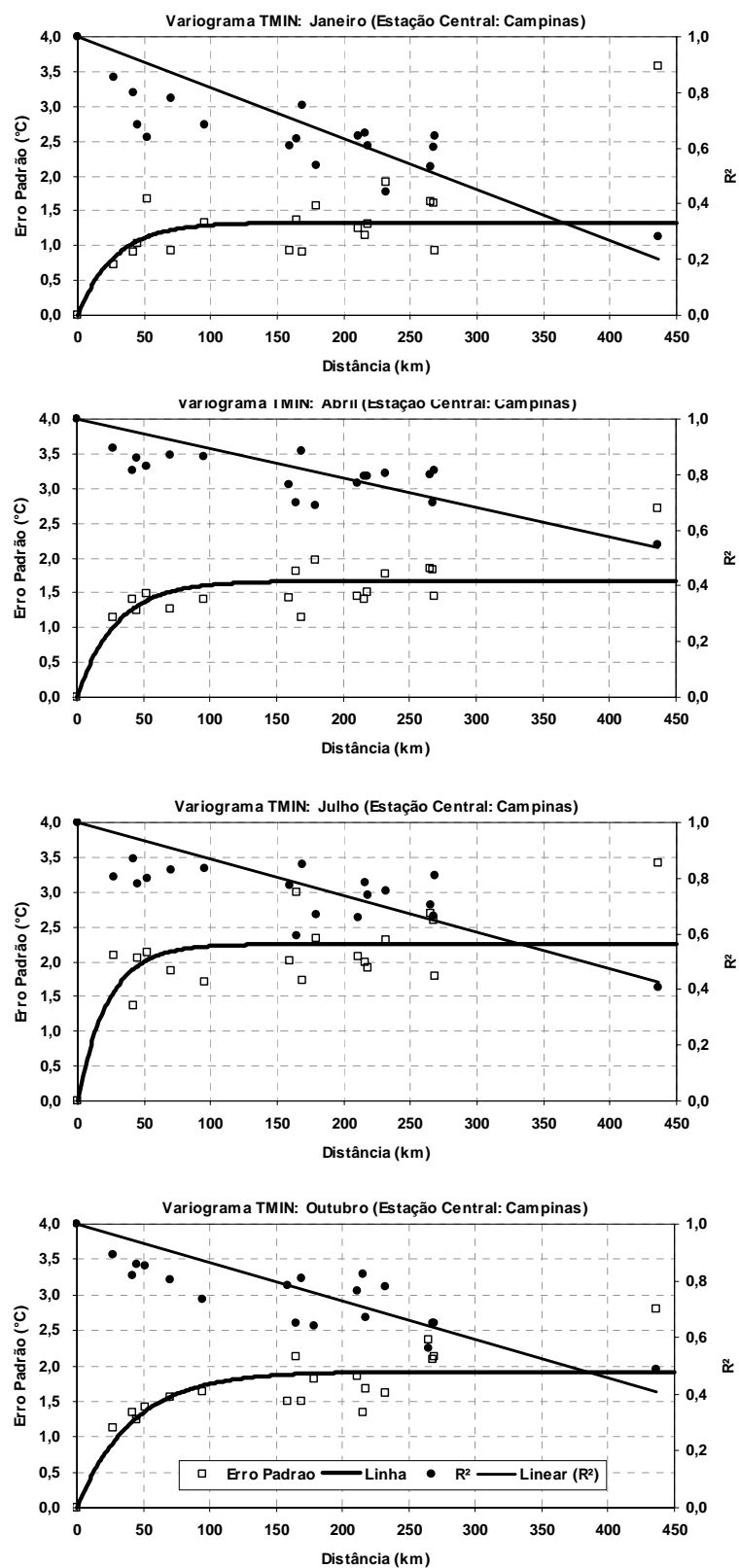


Figura 3. Variogramas apresentando valores do erro-padrão (SEE) e coeficiente de determinação (R^2) em função das distâncias lineares entre a estação central de Campinas e 18 estações agrometeorológicas para temperatura mínima diária (TMIN) no período de janeiro, abril, julho e outubro.

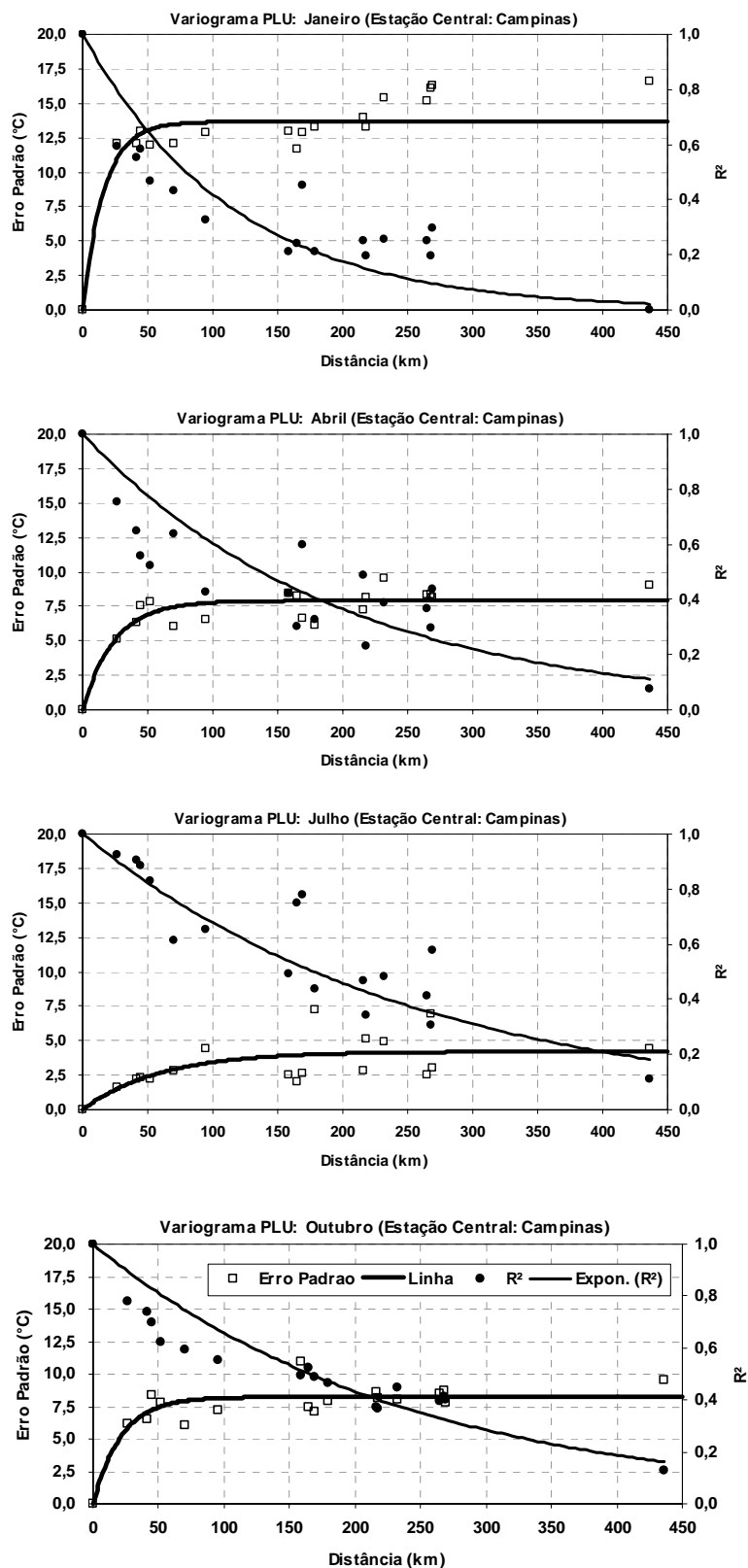


Figura 4. Variogramas apresentando valores do erro-padrão (SEE) e coeficiente de determinação (R^2) em função das distâncias lineares entre a estação central de Campinas e 18 estações agrometeorológicas para precipitação pluvial diária (PLU) durante os meses de janeiro, abril, julho e outubro.

Quando se compara a variabilidade espacial entre as temperaturas máximas e mínimas diárias (Figuras 2 e 3), observa-se que os valores de SEE são superiores para as temperaturas máximas.

Com relação à variabilidade temporal (Figura 5), os meses com maiores valores de SEE para TMAX e

TMIN foram os de primavera e inverno respectivamente. Considerando distâncias de 150 km, em setembro ocorreram os maiores valores de SEE (3,0 °C) para TMAX, enquanto os menores (1,8 °C), em março. Para TMIN, os maiores valores ocorreram em julho (2,3 °C) e os menores, em fevereiro (1,3 °C).

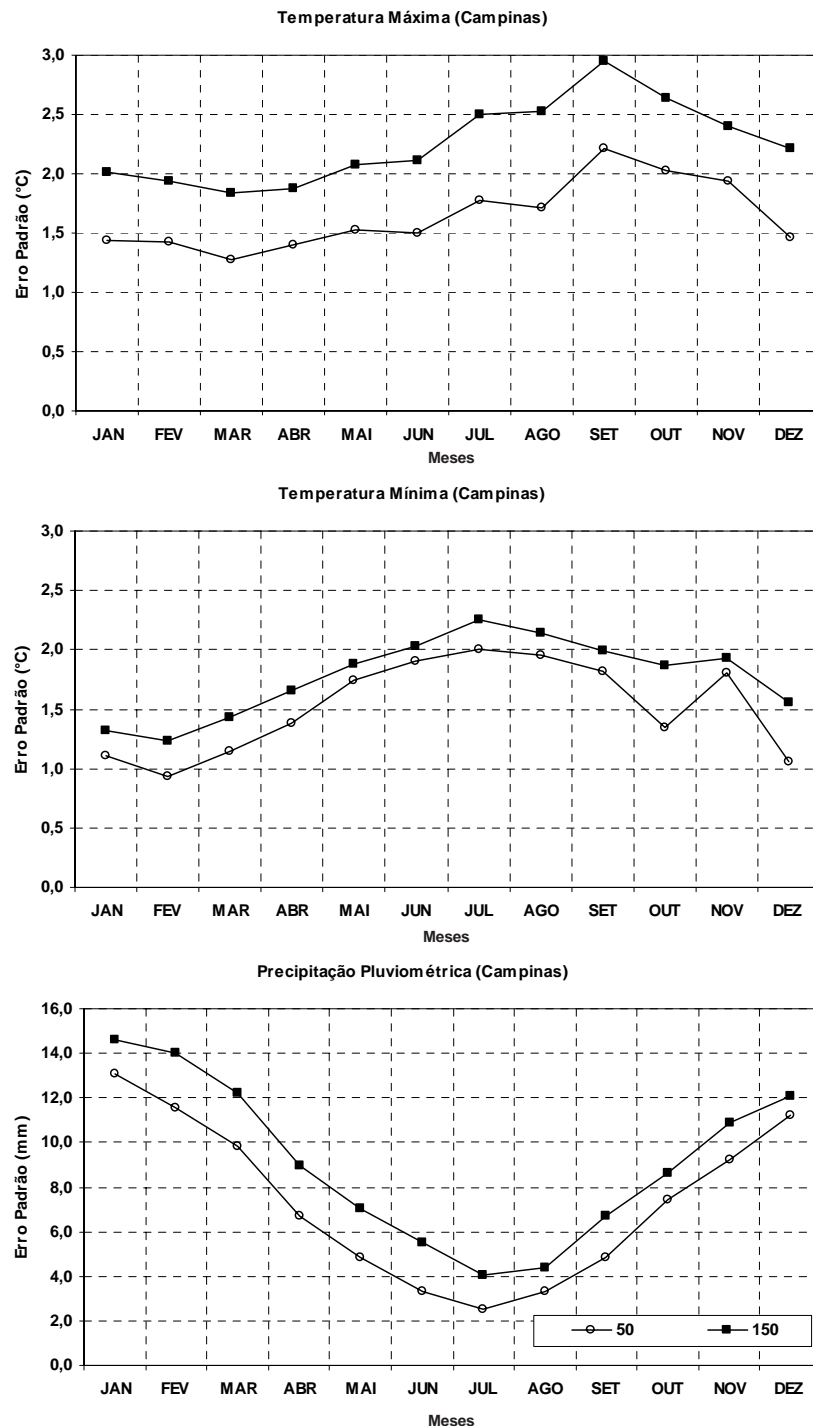


Figura 5. Valores mensais do erro-padrão (SEE) da estimativa para temperaturas máximas e mínimas e precipitação pluvial para distâncias de 50 e 150 km.

A análise da variabilidade espacial e temporal (Figuras 4 e 5) para os dados de precipitação pluvial diária indicou valores de SEE muito altos durante os meses do verão, (14,5 mm) e reduzidos durante o inverno (4,0mm), considerando a distância de 150 km. Devido à maior frequência de chuvas convectivas durante os meses de verão, constatarem-se baixos valores de R^2 , especialmente a partir dos 20 km, confirmando o problema da grande variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial.

Os resultados das análises da variabilidade espacial indicaram também menores valores de SEE para localidades dentro do mesmo tipo climático com distâncias similares. Observou-se em localidades com tipo climático Cwa (Campinas, Limeira, Tietê, Tatuí, Mococa, Jaú, Manduri, Gália) e Aw (Ribeirão Preto, Pindorama, Adamantina), menor variabilidade espacial do que as localidades situadas em tipo climático Cfa (Jundiaí, Monte Alegre do Sul, Capão Bonito) e especialmente Cfb (Itararé) e Af (Pariquera-Açú e Ubatuba), devido ao padrão bem distinto de altitude e de distribuição termopluviométrica dessas regiões.

Na Tabela 2, são apresentados os limites máximos de distâncias admitidos para explicar a variabilidade espacial dos elementos termopluviométricos. Pode-se observar que para TMAX, em janeiro, são necessários 77, 38 e 8 km para explicar mais de 90%,

95% e 99% das variações respectivamente; para o mês de julho, são necessários 91, 45 e 9 km. De modo geral, pelas análises, verifica-se que os limites máximos de distâncias admitidos para explicar mais de 90% das variações para TMAX são 80 km para os meses de primavera-verão e 90 km para os meses de outono-inverno. Para TMIN, são necessários 55 km para os meses de verão, 75 km para os de inverno e primavera e 90 km para os meses de outono.

Para dados pluviométricos, os limites máximos de distâncias admitidas para o mês de janeiro são de 12 km (90%), 6 km (95%) e 1 km (99%), os quais são menores do que para o mês de julho, que são de 27 km (90%), 13 km (95%) e 3 km (99%). Em média, as distâncias de até 12 km explicam 90% da variação para os meses de verão, até 20 km para os meses de primavera e outono e de até 27 km para os meses de inverno.

Por esses resultados, observa-se que a variabilidade espacial dos dados termopluviométricos diários nas condições do Estado de São Paulo é menor, quando comparada com a região central semi-árida dos EUA, onde HUBBARD (1994) determinou que as distâncias máximas necessárias para explicar mais de 90% da variação entre locais foram 60 km para temperatura máxima, 30 km para temperatura mínima e 5 km para precipitação pluvial.

Tabela 2. Limites máximos estimados de distâncias (km) admitidos para explicar mais de 90%, 95% e 99% da variação diária de temperaturas máxima (TMAX) e mínima (TMIN) e precipitação pluvial (PLU) para janeiro (verão), abril (outono), julho (inverno) e outubro (primavera)

Probabilidade	Mês			
	Janeiro	Abril	Julho	Outubro
(%)	Temperatura Máxima			
90	76,9	90,9	90,9	83,3
95	38,5	45,5	45,5	41,7
99	7,7	9,1	9,1	8,3
	Temperatura Mínima			
90	55,6	90,9	76,9	71,4
95	27,8	45,5	38,5	35,7
99	5,6	9,1	7,7	7,1
	Precipitação Pluvial			
90	12,0	19,5	27,0	25,1
95	5,8	9,5	13,2	12,2
99	1,1	1,9	2,6	2,4

4. CONCLUSÕES

1. À medida que as distâncias lineares entre as estações aumentam, menores são os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e maiores os valores de erro-padrão da estimativa (SEE), em função do elemento meteorológico analisado e a época do ano.

2. Os valores do erro-padrão de estimativa para temperaturas máximas foram maiores do que para temperaturas mínimas, com aumento considerável com a distância até 80 km.

3. Com relação à variabilidade temporal, os meses com maiores valores do erro-padrão de estimativa foram os de inverno e de primavera, especialmente para temperaturas máximas, com valores de até 2,7 °C para a distância de 150 km, enquanto os menores ocorreram nos meses de verão (1,6 °C).

4. Na variabilidade espacial e temporal para os dados de precipitação pluvial diária, verificaram-se valores altos do erro-padrão de estimativa durante os meses do verão, e reduzidos durante o inverno, confirmando a grande variabilidade temporal e espacial da precipitação pluvial.

5. Os limites máximos de distâncias admitidos para explicar mais de 90% da variação entre locais de TMAX foram de 80 km para as estações da primavera e verão e 90 km para outono e inverno; para TMIN foram de 55 km para o verão, 75 km para o inverno e primavera e 90 km para o outono; para PLU foram 12 km para o verão, 20 km para o outono e primavera e 27 km para o inverno.

REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; LOFTIS, J.C.; HUBBARD, K.G. Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.84, p.255-271, 1997.
- CAMARGO, M.B.P.; HUBBARD, K.G. Spatial and temporal variability of daily weather variables in sub-humid and semi-arid portions of the United States high plains. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.93, p.141-148, 1999.
- CAMARGO, M.B.P.; PRADO, H.; DEMARIA, I.C. Informações básicas sobre solo e clima do estado de São Paulo. In: FAHL, J.I., CAMARGO, M.B.P., PIZZINATO, M.A., BETTI, J.A., MELO, A.M.T., DEMARIA, I.C., FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 373-375. (Boletim IAC, 200).
- CARLSON, R.E.; ENZ, J.W.; BAKER, D.G. Quality and variability of long term climate data relative to agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.69, p.61-74, 1994.
- DECKER, W.L. Management and analysis of agroclimate and agrometeorological data. In: Griffiths, J.F. (Ed.). *Handbook of agricultural meteorology*. Oxford: Oxford University Press, 1994. p.119-132.
- HOOGENBOOM, G. The Georgia automated environmental monitoring network. In: CONFERENCE ON AGRICULTURAL & FOREST METEOROLOGY WITH SYMPOSIUM OF FIRE AND FOREST METEOROLOGY, 22., 1996, Atlanta, Georgia. **Preprints...** Atlanta: University of Georgia, 1996. p.343-346.
- HUBBARD, K.G. Spatial variability of daily weather variables in the high plains of the USA. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.68, p.29-41, 1994.
- HUBBARD, K.G.; MEYER, S.J.; STOOKSBURY, D.E. **High plains climate center: 3-Year summary report**. Lincoln: University of Nebraska, 1996. 52p. (HPCC report 96-1)
- SETZER, J. **Atlas climatológico e ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. Centrais Elétricas do Estado de São Paulo, 1966. 61p.
- SNYDER, R.L.; BROWN, P.W.; HUBBARD, K.G.; MEYER, S.J. A guide to Automated Weather Station Networks in North America. In: STANHILL, G. (Ed.). **Advances in Bioclimatology**, 4. Berlin: Springer, 1996. 62p.