



## GEOESTATÍSTICA NA ANÁLISE DA TEMPERATURA DE BOTUCATU- SP

CLOVIS MANOEL CARVALHO RAMOS<sup>1</sup>; ALESSANDRA FAGIOLI DA SILVA<sup>2</sup>; ANDERSON ANTONIO DA CONCEIÇÃO SARTORI<sup>3</sup>; CELIA REGINA LOPES ZIMBACK<sup>4</sup>; LUÍS HENRIQUE BASSOI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia /Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – clovisramos@fca.unesp.br.

<sup>2</sup> Mestranda em Agronomia/Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – alefagioli@fca.unesp.br.

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia/Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – sartori80@gmail.com.

<sup>4</sup> Professora, Faculdade de Ciência Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, - FCA-UNESP – czimback@gmail.com.br.

<sup>5</sup> Pesquisador, Embrapa Semi-Árido – lhassoi@cpatsa.embrapa.br.

Escrito para apresentação no  
XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
2 a 6 de agosto de 2009 - Juazeiro-BA/Petrolina-PE

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo estudar a dependência temporal da variação da temperatura na cidade de Botucatu- SP. Entre os dados horários de temperatura de 2001 foram selecionados três conjuntos de dados: T0-6-12-18, com observações de temperatura as 0, 6, 12 e 18 horas; T2-8-14-20, com observações de temperatura as 2, 8, 14 e 20 horas; e T4-10-16-22 com observações de temperatura as 4, 10, 16 e 22 horas. Os dados foram avaliados por meio da estatística clássica e geoestatística. Todos os dados de temperatura apresentaram dependência temporal. A temperatura do ar horária estimada pelo modelo baseado na medida T4-10-16-22 foi o que mais se aproximou da temperatura real observada.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise temporal, krigagem

## GEOSTATISTICS IN ANALYSIS OF TEMPERATURE, BOTUCATU - SP

**ABSTRACT:** This work aimed to study the temporal dependence of the temperature variation at Botucatu, State of São Paulo, Brazil. Data of air temperature in 2001, hourly measured, were arranged in three groups: T0-6-12-18, the temperature measured 0, 6, 12 and 18 hours, T2-8-14-20, the temperature measured 2, 8, 14 and 20 hours, and T4-10-16-22 the temperature measured 4, 10, 16 and 22 hours. The data were evaluated through classical statistics and geostatistics. All data of air temperature showed temporal dependence. The hourly air temperatures estimated by the model based on T4-10-16-22 were close related to the air temperature hourly measured throughout the day.

**KEYWORDS:** temporal analysis, kriging

**INTRODUÇÃO:** Dados de temperatura têm grande importância no clima de uma região, interferindo no rendimento das culturas. O estudo dessa variável, de grande influência na região sudeste, torna-se relevante no planejamento de atividades agrícolas, permitindo previsões com melhores aproximações e decisões mais confiáveis sobre vários aspectos das culturas. ASSAD et al. (2003) comenta sobre a importância da soma térmica na determinação da melhor data de plantio de uma cultura. Dentre as técnicas estatísticas utilizadas para análise e interpretação de dados climáticos, encontra-se a Geoestatística, que tem como característica principal a análise da distribuição espacial e/ou temporal. GOMES (2001) elaborou mapas de isoietas utilizando como ferramenta principal a Geoestatística para estudar o comportamento espacial do percentil 75 da precipitação decenal do Estado de São Paulo. ZAMBOTI (2001) realizou o mapeamento de chuvas médias mensais nos meses de verão, para o Estado do Paraná, utilizando como ferramenta de análise da dependência espacial e interpolação de dados, respectivamente, o variograma e a krigagem. SILVA et al. (2003) estudou a variabilidade



temporal da precipitação com médias mensais e anuais, em Uberaba – MG, e verificou uma baixa dependência temporal e efeito pepita puro em alguns casos, o que pode sugerir uma amostragem com espaçamento temporal grande. Desta forma, a metodologia de coleta dos dados é de grande importância na melhor forma de estimar dados climáticos de determinada região. Este trabalho teve como objetivo estudar a distribuição temporal da variação da temperatura na cidade de Botucatu-SP, utilizando técnicas geoestatísticas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados de temperatura foram coletados em 2001 na Estação Meteorológica da Fazenda Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas-Unesp, campus de Botucatu-SP. A fazenda situa-se na latitude de 22° 51' S, e na longitude de 48° 26' W, com 786 metros de altitude, com temperatura média diária do mês mais frio (julho) de 17,1 °C e a do mês mais quente (fevereiro) de 23,3 °C, e com precipitação média anual de 1314 mm. O clima da região é do tipo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico), de acordo com a classificação de Köppen (CUNHA et al, 1999). Os dados de temperatura média horária (T24) foram analisados, utilizando a técnica de geoestatística. A partir de dados de temperatura do ano de 2001 foram selecionados dados pontuais com intervalos de seis horas entre cada observação para cada dia do ano. Desta forma foram analisados três conjuntos de dados variando a hora da primeira observação: T0-6-12-18, com observações de temperatura as 0, 6, 12 e 18 horas; T2-8-14-20, com observações de temperatura as 2, 8, 14 e 20 horas; e T4-10-16-22 com observações de temperatura as 4, 10, 16 e 22 horas. Para os pontos não coletados, por falha do equipamento, foram mantidas as coordenadas do eixo horizontal e vertical sem valor de temperatura. Inicialmente, verificou-se a presença de pontos discrepantes (*ouliers*), na sequência, uma análise descritiva dos dados para determinação das estatísticas: média; mediana; valor mínimo e máximo; desvio-padrão; coeficientes de variação, assimetria e curtose. A análise geoestatística foi realizada com intuito de verificar a existência e quantificar o grau de dependência temporal entre as observações, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada pela equação abaixo, segundo VIEIRA et al., (1983). As variâncias foram calculadas pela equação (1):

$$\gamma^*(h) = \left( \frac{1}{2N(h)} \right) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad 1$$

em que:  $\gamma^*(h)$  é a variância para um vetor h (dias); Z(x) e Z(x+h) são os pares de observações de temperatura, separados pelo vetor h (dias); N(h) é o número de pares de valores medidos Z(x), Z(x+h), separados por um vetor h. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de  $\gamma^*(h)$ , são estimados os coeficientes efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e o alcance (a) do modelo teórico para o variograma. Os modelos foram ajustados pelo programa GS<sup>+</sup> 7.0 (ROBERTSON, 2004), considerando a menor soma do quadrado dos resíduos, o maior coeficiente de determinação R<sup>2</sup> e pelo coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. Em seguida, os variogramas foram escalonados pela variância dos dados, como descrito por VIEIRA (1983). Comprovada a dependência temporal realizou-se interpolação para estimar valores de temperatura com intervalo de uma hora (0:30 horas até as 23:30), utilizando o método da krigagem ordinária, para construção do mapa. A fim de verificar a exatidão dos dados estimados foi confeccionado um mapa com a diferença de temperatura estimada para cada conjunto de dados selecionado e os dados horários disponíveis utilizando o Sistema de Informação Geográfica, Idrisi - Andes.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados da análise descritiva da temperatura estão apresentados na tabela 1. Os dados de temperatura apresentaram distribuição normal, com valores de média e mediana próximos, o que é confirmado pelos valores de coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose próximos de zero. Os dados de temperatura apresentaram assimetria negativa (Cs), com a média menor que a mediana. Com base no critério de WARRICK & NIELSEN (1980), o coeficiente de variação apresentou-se médio (60% > CV > 12%) para o conjunto de dados.

TABELA 1. Estatística descritiva da temperatura.

Atributos	n	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	s	CV	Cs	Ck
T24	8447	21,27	21,24	5,44	32,21	4,33	20,36	-0,12	-0,11
T0-6-12-18	1406	21,09	20,98	6,28	30,84	4,28	20,29	-0,17	-0,18
T2-8-14-20	1410	21,34	21,15	5,54	32,01	4,32	20,24	-0,04	-0,03
T4-10-16-22	1404	21,41	21,20	5,84	32,03	4,33	20,22	-0,09	-0,22

T24: observações da temperatura de hora em hora; T0-6-12-18: observações da temperatura as 0, 6, 12 e 18 horas; T2-8-14-20: observações da temperatura as 2, 8, 14 e 20 horas; T4-10-16-22: observações da temperatura as 4, 10, 16 e 22 horas; n: número de observações; s: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação (%); Cs: Coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose;

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2) indicam que os dados de temperatura apresentaram dependência temporal, ajustando-se ao modelo esférico. Os pontos localizados num tempo menor ou igual ao alcance são mais similares e estão dependentes entre si, em relação tempo. O maior alcance foi encontrado para o T0-6-12-18 (14,4 h), mostrando que temperaturas coletadas nesses pontos geram um modelo menos exatos, em comparação com T24. O índice de dependência temporal (IDT) para o conjunto de dados apresentou alta dependência temporal (IDE = 75%) □□□□, conforme classificação proposta por ZIMBACK (2001).

TABELA 2. Modelos e parâmetros dos variogramas escalonados da temperatura.

Atributos	Modelo	Ao	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	R <sup>2</sup>	IDT	RCV
T24	Esférico	11,54	0,036	0,875	98	96	0,91
T0-6-12-18	Esférico	14,4	0,1118	0,8651	93	87	0,78
T2-8-14-20	Esférico	12,8	0,1029	0,878	91	88	0,768
T4-10-16-22	Esférico	12,62	0,106	0,887	88	88	0,76

Ao: alcance da dependência espacial; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C: patamar; IDT: índice de dependência temporal e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação múltipla do ajuste; RVC: coeficiente de correlação da validação cruzada.

De acordo com os mapas (Figura 2), a estimativa do modelo T4-10-16-22 foi o que se aproximou da temperatura real observada.

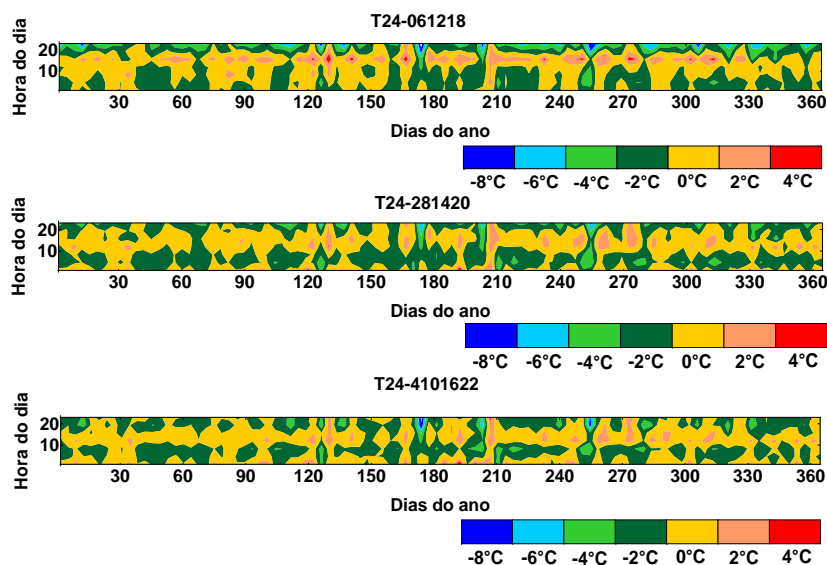


FIGURA 2. Mapa das diferenças da temperatura entre o modelo T24 e os modelos dos demais pontos de amostragem.



**CONCLUSÕES:** Todos os dados de temperatura apresentaram dependência temporal. A temperatura estimada do modelo T4-10-16-22 foi o que se aproximou da temperatura real observada.

**AGRADECIMENTOS:** Ao GEPAG–Grupo de Pesquisas Agrárias Georreferenciadas, pelo apoio infra-estrutural e aos dados fornecidos pela estação meteorológica do Departamento de Ciências Ambientais, FCA UNESP Botucatu-SP.

## REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D.; MACEDO, M. A. de; JÚNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 38, n. 2, p. 161-171, fev. 2003
- CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: Simpósio em Energia na Agricultura, 1. 1999. Botucatu – SP: *Anais...* Botucatu: FCA/UNESP, 1999, v.1, p. 487-490.
- GOMES, B. M. *Comportamento espacial do percentil 75 da precipitação decedial do estado de São Paulo*. 2001. 101 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2001.
- ROBERTSON, G. P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s Guide. Plainwell, *Gamma Design Software*, 2004. 152 p.
- SILVA, J. W. da; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. *Ciência Agrotecnica*. Lavras, v.27, n.3, p.665-674, maio/jun., 2003.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, T. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.
- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). *Application of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. 385 p.
- ZAMBOTI, J. L. *Mapas pluviométricos médios mensais no verão para o estado do Paraná, utilizando métodos geoestatísticos*. 2001. 117 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. 2001.
- ZIMBACK, C.R.L. *Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade*. 2001. 114 p. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia), FCA/UNESP, 2001.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.