

ANÁLISE ESPACIAL DA TEMPERATURA E DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL)

SPATIAL ANALYSIS OF MEAN ANNUAL TEMPERATURE AND RAINFALL FOR THE SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

SIDNEY R. VIEIRA^{1,*}

MARCELO B. P. DE CAMARGO¹

GLÉCIO M. SIQUEIRA²

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espacial da temperatura e da precipitação média anual no Estado de São Paulo. Foram utilizados dados de 416 estações climatológicas, referente ao período de 1936 a 1992 e analisados dois parâmetros climatológicos (temperatura média anual e precipitação pluvial média anual). Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva e da geoestatística, para posterior construção de mapas de variabilidade espacial. Os resultados evidenciam que a altitude (m) e a temperatura média anual (°C) apresentaram baixos valores de efeito pepita enquanto que a precipitação pluvial média anual (mm) apresentou um maior para esse parâmetro. A temperatura média anual (°C) e a precipitação pluvial média anual (mm) apresentaram periodicidade detectada por meio do semivariograma experimental. Os mapas de distribuição espacial evidenciam a influencia da altitude sobre os valores estimados por krigagem para temperatura média anual (°C) e precipitação pluvial média anual (mm).

Palavras-Chaves: Geoestatística; Semivariograma; Planejamento Regional.

¹ Pesquisador Científico, Instituto Agrônomo (IAC), Avenida Barão de Itapura 1481, CP 28 13020-902, Campinas, São Paulo, Brasil. * Autor correspondente. E-mail: sidney@iac.sp.gov.br; mcamargo@iac.sp.gov.br.

² Doutorando em Engenharia para o Desenvolvimento Rural, Universidade de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior, 27002, Lugo, España. E-mail: glecio.machado@rai.usc.es.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the spatial variability of mean annual temperature and rainfall for São Paulo State (Brazil). Data from 416 meteorological stations measured from 1936 to 1992 were analyzed for two climatic parameters (mean annual temperature and mean annual precipitation). The data were analyzed using descriptive statistics and geostatistics for subsequently mapping the spatial variability of these parameters. The results show that the altitude (m) and mean annual temperature (°C) had low values for nugget effect (C0) while the annual precipitation (mm) had a larger value for this parameter. The mean annual temperature (°C) and mean annual precipitation (mm) indicated data periodicity, detected by the experimental semivariogram. The spatial distribution maps clearly show the influence of altitude on the values estimated by the kriging procedure for mean annual temperature (°C) and mean annual precipitation (mm).

Keywords: Geostatistics; Semivariogram; Regional Planning.

INTRODUÇÃO

A variação espacial dos atributos climatológicos é um dos fatores limitantes para a agricultura moderna, uma vez que, o uso dos chamados zoneamentos agroclimatológicos permitem o delineamento de zonas com maior ou menor aptidão agrícola com relação às características do clima para os cultivos agrícolas. Nesse sentido, 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., 2005).

O estudo da variabilidade espacial e temporal de atributos do clima tem sido pouco explorado no Estado de São Paulo. MONTEIRO et al. (1973) determinou a dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo. VIEIRA et al. (1991) estudaram o mapeamento das precipitações máximas prováveis para o Estado de São Paulo. SANT'ANNA NETO (1995), utilizando dados de 1971-1993, estudou a variação espacial das chuvas no Estado, identificando três grandes conjuntos principais. VIEIRA & LOMBARDI NETO (1995) determina-

ram o potencial de erosão das chuvas para o Estado, utilizando dados totais e da estação seca e chuvosa. CARVALHO & ASSAD (2003) estudaram a análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo utilizando dados de uma série histórica de 1957 a 2007 de 1027 postos de observação. ASTOLPHO (2003) estudou a estimativa e mapeamento da probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas adversas a agricultura paulista. CAMARGO et al. (2005) estudaram a variabilidade espacial e temporal de dados termopluviométricos diários do Estado de São Paulo da rede estações meteorológicas do Instituto Agrônomo (IAC). MARTIN et al. (2008) demarcaram regiões homogêneas e o tamanho da amostra para atributos do clima no Estado de São Paulo, a partir de dados de séries temporais. CARVALHO et al. (2009) determinaram o melhor ajuste do semivariograma para a precipitação pluvial anual entre 1957 e 1997 usando 397 observações de estações pluviométricas para o Estado de São Paulo.

Segundo MORETTIN & TOLI (1981), uma das suposições mais freqüentes que se faz a respeito de uma série temporal é que ela seja

estacionária, ou melhor, que ela se desenvolva no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável. Intuitivamente, um processo é estacionário se ele se desenvolve no tempo de modo que a escolha de uma origem dos tempos não seja importante. Desta maneira, a estacionariedade dos dados para uma série temporal de parâmetros climatológicos permite o uso da geoestatística, uma vez que permite a determinação da sua variabilidade espacial e a compreensão de como os agentes climatológicos se desenvolvem ao longo do tempo.

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade espacial de parâmetros climatológicos (altitude, temperatura média anual e precipitação pluvial média anual) no Estado de São Paulo, utilizando uma série temporal entre os anos de 1936 a 1992.

MATERIAL E MÉTODOS

As estações climatológicas estão distribuídas no Estado de São Paulo (248.808,8

km²) e 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 Köppen (SETZER, 1966): Aw: clima tropical, com verão quente e úmido e inverno ameno com estação seca acentuada; Cwa: clima subtropical, com inverno seco e verão úmido e quente; Cfa: clima subtropical, com verão quente e com estação seca moderada de inverno; Cfb: clima subtropical a temperado e Af: clima tropical úmido, sem estação seca e quente o ano todo.

Neste trabalho foram utilizados dados de 416 estações climatológicas distribuídas no Estado de São Paulo (Figura 1) referentes ao período de 1936 a 1992, sendo analisados os seguintes parâmetros: altitude (m), temperatura média anual (°C) e precipitação pluvial média anual (mm).

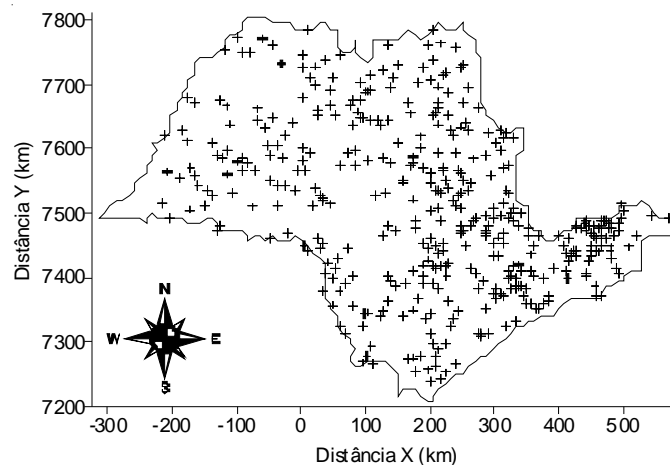


Figura 1. Localização das estações climatológicas no Estado de São Paulo.

Os dados foram inicialmente analisados por meio do programa STAT (VIEIRA et al., 2002) para determinação dos principais momentos estatísticos: média, valor mínimo, valor máximo, coeficiente de variação, assimetria e curtose. O software AVARIO (VIEIRA et al., 2002) foi utilizado

para determinação dos pares de semivariância. O semivariograma experimental (Equação 1) foi ajustado para os pares de semivariância de acordo com o procedimento descrito por VIEIRA (2000), onde: $y^*(h)$ – é a semivariância estimada; $N(h)$ - representa o número de pares de valores

medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$ separadas por um vetor (h). Desta maneira, foi possível determinar os parâmetros de ajuste do semivariograma. O efeito pepita (C_0) representa a descontinuidade entre amostra, ou seja, a variabilidade não detectada durante o processo de amostragem, a variância estrutural (C_1) descreve até que ponto existe correlação entre as amostras e o alcance (a) representa o tamanho máximo das zonas de variabilidade espacial.

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

O ajuste do semivariograma foi realizado por meio da técnica de validação cruzada (VIEIRA, 2000), sendo ajustados os seguintes modelos aos dados em estudo:

- Modelo Exponencial

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-3\frac{h}{a}\right) \right], 0 < h < d \quad (\text{Eq.2})$$

- Modelo Gaussiano

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-3\frac{h^2}{a^2}\right) \right], 0 < h < d \quad (\text{Eq.3})$$

- Modelo Hole effect

$$\gamma^*(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \frac{\sin\frac{h}{a}}{\frac{h}{a}} \right], h \geq 0 \quad (\text{Eq.4})$$

A razão de dependência espacial (RD, Equação 5) entre amostras foi determinada conforme classificação descrita por CAMBARDELLA et al. (1994), onde: 0-25 % alta, 25-75 % média e 75-100 % baixa dependência espacial entre amostras.

$$RD = \left(\frac{C_0}{C_0 + C_1} \right) * 100 \quad (\text{Eq.5})$$

A técnica de interpolação por krigagem (Equação 6) foi utilizada para determinação dos valores para os locais não amostrados. Esta

técnica utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma para estimar valores em qualquer posição dentro da área (VIEIRA, 2000). O software SURFER 7.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1999) foi utilizado para construção dos mapas de variabilidade espacial utilizando os valores determinados por meio da técnica de interpolação por krigagem.

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (\text{Eq.6})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que a temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) apresenta o menor valor de coeficiente de variação (CV = 6,85 %), sendo classificado como baixo conforme a classificação de WARRICK & NIELSEN (1980) (CV d" 12,00 %). A precipitação pluvial média anual (mm) e a altitude apresentam medianos valores de CV (12,00-60,00 %), respectivamente 22,43 % e 42,01 % (Tabela 1). O fato da temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) apresentar o menor valor de CV (6,85 %) descreve que este parâmetro climatológico apresenta a menor variação entre as medições realizadas pelas 416 estações climatológicas no período de estudo entre 1936 e 1992. Por outra parte, podemos dizer que mesmo a altitude (m) apresentando um valor de CV mediano (42,01 %) não houve influencia deste atributo geográfico principalmente sobre os valores da temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$).

Os valores dos coeficientes de assimetria e curtose (Tabela 1 e Figura 2) estão distantes de 0 (zero) indicando distribuição de frequência lognormal. CARVALHO & ASSAD (2003) e CARVALHO et al. (2009) estudando a variabilidade espacial da precipitação pluvial média do Estado de São Paulo, respectivamente em 1027 e 379 postos de medição encontraram valores de assimetria e curtose distantes de 0.

Tabela 1. Resumo estatístico das variáveis estudadas.

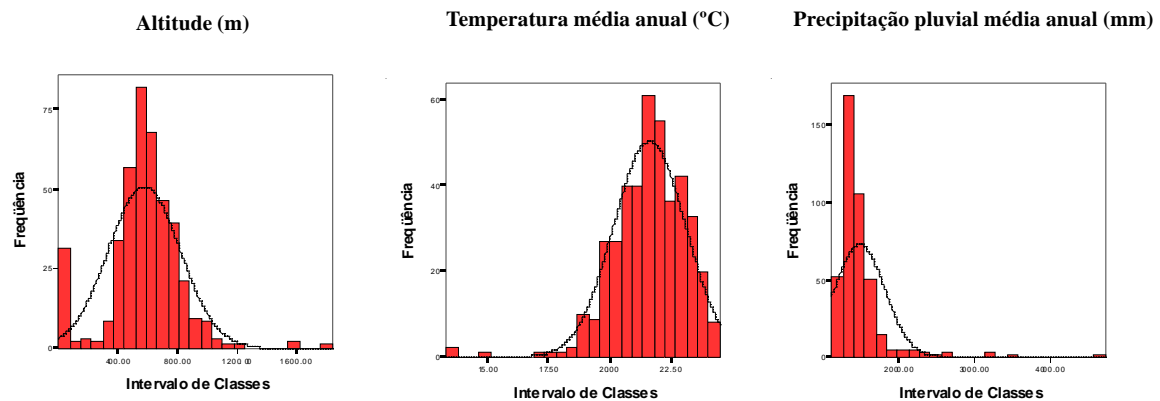
Variável	Unidade	Média	Mínimo	Máximo	CV	Assimetria	Curtose
Altitude	m	574,80	2,00	1840,00	42,01	0,097	3,370
Temperatura	°C	21,62	13,30	24,50	6,85	-1,201	4,582
Precipitação	mm	1474,00	1109,00	4728,00	22,43	4,600	31,210

CV: coeficiente de variação (%).

De acordo com ASTOLPHO (2003) a presença de distribuição de frequência lognormal para os parâmetros climatológicos está relacionada com as condições macroclimáticas que são condicionadas por fatores geográficos como latitude, altitude, continentalidade, correntes marinhas e aspectos orográficos. Isto corresponde ao clima geral da região caracterizado por elementos meteorológicos regionais (CAMARGO & PEREIRA, 1994).

O Estado de São Paulo apresenta diversas condições macroclimáticas conforme demonstram os histogramas de distribuição de frequência (Figura 2) para a altitude (m),

temperatura média anual (mm) e precipitação pluviométrica média anual. A presença de valores anômalos ou extremos descreve como os fatores geográficos atuam sob a população amostral destes atributos. BEGA et al. (2005) descrevem que a posição no relevo (altitude e face de exposição) é o principal fator responsável tanto pelas semelhanças como pelas diferenças encontradas durante o estudo da variabilidade espacial da precipitação. VIEIRA & LOMBARDI NETO (1995) também descrevem que as características orográficas do Estado de São Paulo como um fator condicionante para a incidência de elevados índices pluviométricos em algumas zonas do Estado de São Paulo.



A matriz de correlação linear demonstrou que todas as correlações são negativas. O maior valor de coeficiente de correlação foi encontrado entre a altitude x temperatura ($r = -0,727$) descrevendo que quanto maior a altitude menor

a temperatura média anual (°C), sendo classificado como moderado conforme a classificação de SANTOS (2007, $|r| = 0,5-0,8$). As demais correlações são consideradas baixas, apresentando um valor de $-0,217$ para altitude x

precipitação e um valor de -0,146 entre temperatura x precipitação. Vale ressaltar que a precipitação pluvial média anual (mm) no Estado de São Paulo diminuiu com o aumento da temperatura, conforme demonstra a correlação entre temperatura x precipitação ($|r| = -0,146$). O moderado valor de coeficiente de correlação linear entre a altitude x temperatura ($|r| = -0,727$) permite inferir que o uso da cokrigagem poderia melhorar a estimação dos dados de temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) usando como informação secundária dados de altitude obtidos por meio de imagens de satélite ou de bancos de dados contendo um grande número de informações sobre a altitude do terreno no Estado de

São Paulo.

Os parâmetros em estudo se ajustaram a distintos modelos, sendo o modelo exponencial ajustado aos dados de altitude (m), o modelo "hole effect" aos dados da temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e o modelo gaussiano aos dados da precipitação pluvial média anual (mm) (Tabela 2). CARVALHO et al. (2009) ajustaram o modelo "hole effect" a 379 dados pluviométricos para o Estado de São Paulo referente ao período de 1957 a 1997, e CARVALHO & ASSAD (2003) ajustaram o modelo esférico para dados pluviométricos do Estado de São Paulo provenientes 1027 de estações climatológicas.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de semivariograma ajustados.

Variável	Unidade	Modelo	C_0	C_1	a	RD
Altitude (Resíduos)	m	Exponencial	0,00	41983,73	50,90	0,00
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Hole effect	0,51	0,84	8,23	37,57
Precipitação	mm	Gaussiano	20000,00	87114,34	50,63	18,67

C_0 : efeito pepita; C_1 : variância estrutural; a: alcance (km); RD: razão de dependência espacial (%).

A altitude e a temperatura média anual apresentaram baixos valores de efeito pepita (C_0), por sua vez, a precipitação pluvial média anual apresentou um elevado valor de C_0 . De acordo com SIQUEIRA et al. (2008) os valores de C_0 indicam a variabilidade espacial não detectada no processo de amostragem, podendo ser utilizado como indicador da precisão de um experimento. Todavia, deve-se ter em mente que o uso dos valores de C_0 para determinar a variabilidade espacial não detectada no processo de amostragem, é válido somente para a comparação de atributos de mesma grandeza escalar, uma vez que cada uma das propriedades em estudo apresenta sua própria variabilidade.

Uma alternativa para se reduzir a variabilidade ao acaso é aumentar o número de amostras. CARVALHO & ASSAD (2003) estudando a variabilidade espacial da precipitação pluvial média anual de 1027 estações climatológicas do Estado de São Paulo encontraram valores de efeito pepita ($C_0 = 0,0002$) e alcance ($a = 48,5$ km) menores que os encontrados neste estudo ($C_0 = 20000,00$; $a = 50,63$ km).

Os valores de alcance demonstram que os dados de altitude e da precipitação pluvial média anual são espacialmente dependentes até uma distância de aproximadamente 50,00 km, enquanto que para as observações da temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$), este parâmetro foi

6 vezes menor, cerca de 8,23 km. O fato de que a temperatura média anual apresentou o menor valor de alcance ($a = 8,23$ km), corrobora com CAVALCANTI & SILVA (1994) que descrevem este atributo do clima com baixa variabilidade espacial, sendo, portanto, facilmente modelado com alto nível de detalhe e de confiabilidade. CAMARGO et al. (2001) encontraram grande variabilidade espacial para dados diários de precipitação em um estudo envolvendo 19 estações climatológicas para o Estado de São Paulo, recomendando uma distância máxima de 10 km como limite entre os postos pluviométricos, a indicação desses autores refere-se a chuvas convectivas e nos meses de verão. Todavia, o valor de alcance (a , km) encontrado neste estudo é de 50,63 km, e refere-se a dados pluviométricos anuais médios envolvendo diferentes tipos de chuva. MELLART (1999) cita que a distribuição da chuva ou precipitação depende da topografia local e do tipo de chuva; sendo este último mais importante, pois os problemas oriundos da chuva (por exemplo, veranicos e secas) estão relacionados com a distribuição da chuva no tempo e não com os totais de chuva, razão essa que vem reforçar a necessidade do conhecimento da variabilidade temporal das chuvas. O mesmo autor encontrou importantes diferenças na variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (um quilômetro), entretanto ressalta que o grau de variabilidade muda de ano para ano e de região para região o que torna necessário pesquisas constantes para obtenção de elementos mais significativos para variabilidade espacial.

A razão de dependência espacial (RD, %) entre amostras segundo a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994) é alta para a altitude (RD = 0,00 %) e a para a precipitação pluvial média anual (RD = 18,67 %) e mediana para a temperatura média anual (RD = 37,57 %).

Todos os atributos em estudados apresentam peridiocidade, sendo que para a altitude (m) esta foi mais suave quando comparada aos demais atributos. Isso se deve porque o espaçamento e o número de observa-

ções utilizadas neste estudo foram suficientes para determinar a grandeza escalar da variabilidade espacial deste parâmetro, resultando num valor de efeito pepita nulo ($C_0 = 0,00$). Foi verificada uma peridiocidade maior para a temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e para a precipitação pluvial média anual (mm) porque existem outros parâmetros condicionantes, além da altitude, atuando sobre a variabilidade espacial destes atributos, conforme relatado por ASTOLPHO (2003). De acordo com VIEIRA (2000) a peridiocidade dos dados é caracterizada por flutuações abaixo do valor do patamar ($C_0 + C_1$) como ocorreu com os dados da temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação pluvial média anual (mm).

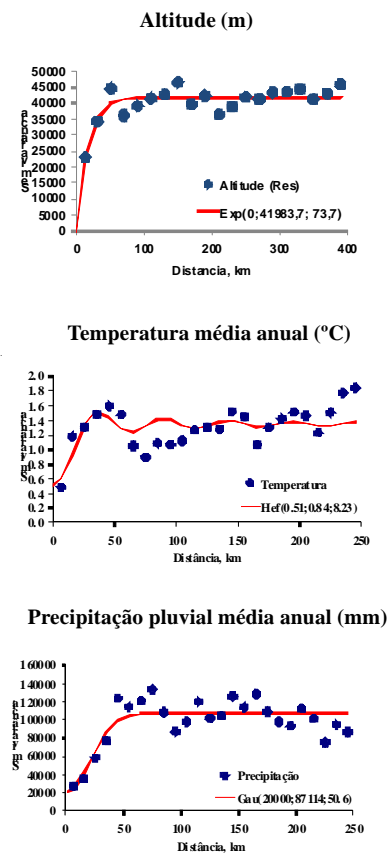


Figura 3. Semivariogramas experimentais e modelos teóricos ajustados para a altitude (m), a temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e a precipitação média anual (mm).

Os menores valores de temperatura média anual ($^{\circ}\text{C}$) e os maiores valores de precipitação pluvial média anual (mm) estão dispostos nas regiões do Estado de São Paulo com maior altitude (m), confirmando como a orografia do terreno influi sobre os atributos do clima (Figura 4). VIEIRA et al. (1991) e VIEIRA & LOMBARDI NETO (1995) descreveram como o litoral do

Estado de São Paulo apresentou um comportamento espacial distinto das demais regiões do Estado, devido à orografia. VIEIRA et al. (1991) também descreveram elevados índices pluviométricos na região noroeste paulista, entretanto não avaliaram a periodicidade desses eventos.

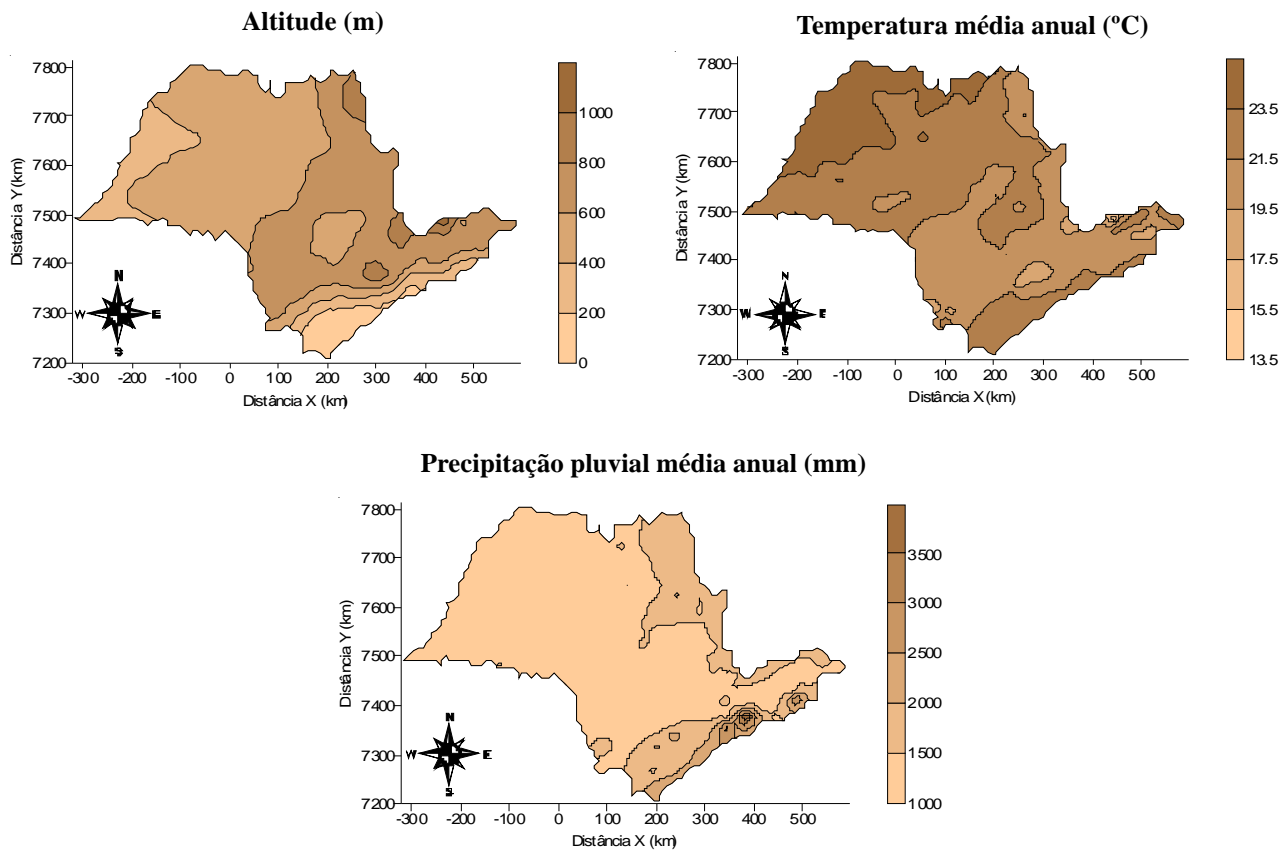


Figura 4. Mapas de variabilidade espacial para a altitude (m), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) média do Estado de São Paulo.

De acordo com MARTIN et al. (2008) a delimitação de zonas climáticas homogêneas além de dar suporte para a pesquisa científica, melhora a utilização de recursos financeiros, materiais e humanos. Os autores descrevem ainda que na maioria das vezes para o Estado de São Paulo o delineamento da variabilidade amostral dos atributos do clima depende do local e da época de ano. SANT'ANNA NETO (1995), utilizando dados de 1971-1993, estudou a

variação espacial das chuvas no Estado de São Paulo e descreveu que dentro do período chuvoso, que se estende de outubro a março, o trimestre mais chuvoso ocorre, na região Oeste, no período de dezembro, janeiro e fevereiro, concentrando mais de 80% das chuvas e, o trimestre mais seco, de junho a agosto, como ocorre na maior parte do Estado. De acordo com SANT'ANNA NETO (1995) as maiores variações da variação espácio-temporal das chuvas no

Estado de São Paulo são dadas em função da altimetria, da latitude e de fatores locais como fundos de vale e espigões, ou seja, devido basicamente à topografia. Todavia, como neste estudo foram utilizadas observações de uma série histórica correspondente ao período entre 1936 a 1992, considera-se que esta série de dados é estacionária, ou seja, mesmo que os parâmetros do clima variem aleatoriamente com o tempo, os dados variam próximo a média geral das observações, conforme descrito por MORETTIN & TOLI (1981).

Verifica-se que região noroeste do Estado de São Paulo apresenta os maiores valores de temperatura média anual (°C) e os menores valores de precipitação média diária anual (mm) (Figura 4). Por sua vez, a maior precipitação pluvial média anual está concentrada nas regiões Sul e Sudoeste do Estado. VIEIRA & LOMBARDI NETO (1995) estudando a variabilidade espacial do potencial de erosão das chuvas no Estado de São Paulo utilizando dados de 292 pluviômetros, também relacionam os maiores índices pluviométricos às regiões Sul e Sudoeste do Estado. Por outra parte, SILVA et al. (2003) descrevem que a importância da determinação da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial, face à sua incerteza e irregularidade ao longo do tempo. Nesse sentido, o estudo da variabilidade espacial de valores médios de séries históricas permite inferir sobre as mudanças e ciclo climáticos no Estado.

CONCLUSÕES

A altitude (m) e a temperatura média anual (°C) apresentaram baixos valores de efeito pepita ($C_0 = 0,00$ e $0,51$ respectivamente), enquanto que a precipitação pluvial média anual (mm) apresentou uma maior variabilidade não detectada durante o processo de amostragem por meio do elevado valor de efeito pepita ($C_0 = 20000,00$), todavia o alcance da variabilidade espacial da precipitação pluvial média anual (mm) demonstra que as amostras são correlacionadas até uma distância de 50,63 km. A temperatura

média anual (°C) e a precipitação pluvial média anual (mm) apresentaram periodicidade dos dados, detectada por meio do semivariograma experimental. Os mapas de variabilidade espacial demonstram a influencia da altitude sobre os valores da temperatura média anual (°C) e da precipitação pluvial média anual (mm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLPHO, B. *Estimativa e mapeamento de probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar adversas à agricultura paulista*. 2003. 117p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo, Campinas, 2003.

BEGA, R.M.; VIEIRA, S.R.; DE MARIA, I.C.; DECHEN, S.C.F.; CASTRO, O.M. Variabilidade espacial das precipitações pluviais diárias em uma estação experimental, em Pindorama, SP. *Bragantia*, Campinas, SP, v.64, n.1, p.149-156, 2005.

CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. *Agrometeorology of the coffee crop*. Geneva, Switzerland: Word Meteorological Organization, 1994. 43p. (CagM Report, n.58, WMO/TD, n.615).

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; PEDRO JUNIOR, M. J.; BRDIN, L. Variabilidade espacial e temporal de dados termopluiométricos diários da rede de estações meteorológicas do Instituto Agrônomo. 2001, Fortaleza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, XII. *Anais...* p. 207-208.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BARDIN, L. Variabilidade espacial e temporal de dados termopluiométricos diários da rede de estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo (IAC). *Bragantia*, Campinas, SP, v.64, n. 3, 473-483, 2005.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Fieldscale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison,

v.58, p.1501-1511, 1994.

CARVALHO, J.R.P.; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de interpoladores. 2003, Goiânia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXXII. *Anais...* Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD.

CARVALHO, J.R.P.; VIEIRA, S.R.; GREGO, C.R. Comparação de métodos para ajuste de modelos de semivariograma da precipitação pluvial anual. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campinas Grande, 2009, v.13, n.4, p.443-448.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7, CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 1994, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994, p.154-157.

GOLDEN SOFTWARE. *Surfer for Windows*, version 7.0: Software de geração de mapas de contorno e superfícies contínuas. Colorado, 1999.

MARTIN, T.N.; DOURADO NETO, D.; STORCK, L.; BURAUUEL, P.; SANTOS, E.A. Regiões homogêneas e tamanho de amostra para atributos do clima no Estado de São Paulo, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.3, p.690-697, 2008.

MELLART, E. A. R. *Small-scale spatial rain distribution: the effect of temporal and spatial rain distribution on drought and crop yield at village level*. Nelspruit: Institute for Soil, Climate and Water. 1999.

MONTEIRO, C. A. F. *A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo sob a forma de Atlas*. São Paulo, Instituto de Geografia/ USP, 1973.

MORETTIN, P.; TOLI, C. M. C. *Modelo para previsão de séries temporais*. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1981. 356p.

SANT'ANNA NETO, J. H. *As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica*. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo.

SANTOS, C.M.A. *Estatística Descritiva: manual de auto-aprendizagem*, Lisboa, Edições Sílabo, 2007, 261p.

SETZER, J. *Atlas climatológico e ecológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, SP: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai. Centrais Elétricas do Estado de São Paulo, 1966. 61p.

SILVA, V.P.R.; CAVALCANTI, E.P.; NASCIMENTO, M.G. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.2, p.269-274, 2003.

SIQUEIRA, G.M.; VIEIRA, S.R.; CEDDIA, M.B. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. *Bragantia*, Campinas, SP, v.67, n.1, p.203-211, 2008.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.V.H.; SCHAEFFER, C.E.G.R (Eds) *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial de potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, SP, v. 54, n.2, p. 405-412, 1995.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I.T. Mapeamento das precipitações máximas prováveis para o Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, SP, v.15, p.93-98, 1991.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V.V.H.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M.,

(Eds.) *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2, p.1-45.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.) *Applications of Soil Physics*. New York: Academic Press, 1980. cap.2, p.319-344.