

USO DA GEOESTATÍSTICA NO MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E SUA INFLUENCIA NA PRODUÇÃO CAFEIEIRA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Lidiane Aparecida Borges¹, Gabriel Araújo e Silva Ferraz², Camila Cristina Alvarenga¹

¹ Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo - Departamento de engenharia/DEG-Universidade Federal de Lavras/UFLA-Cx.P.3037-37200-00, lilienagri@uol.com.br, camilaalvarenga@uol.com.br.

² Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – Máquinas e Automação Agrícola Departamento de engenharia/DEG-Universidade Federal de Lavras/UFLA-Cx.P.3037-37200-00, gaferraz1@yahoo.com.br.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - Grandarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: O estado de Minas Gerais ocupa o ranking de maior produtor nacional. Entretanto, a cultura do cafeeiro é afetada por condições climáticas que prejudicam o seu desenvolvimento e produção. A temperatura e a precipitação figuram entre os fatores climáticos que mais influenciam o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas. O objetivo deste trabalho foi mapear as variáveis climáticas – precipitação e temperatura – e correlacioná-las com a produção de café em Minas Gerais no ano de 2007. Foram utilizados neste estudo, séries históricas normais anuais de 32 estações climatológicas deste estado e também dados da produção de café disponibilizados pelo IBGE. A dependência espacial das variáveis foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas e interpolação por krigagem. Foi possível realizar o ajuste dos semivariogramas para todas as variáveis e as mesmas apresentaram dependência espacial variando entre forte ou moderada. Por meio da comparação entre os mapas de Krigagem dos fatores climáticos e de produção de café no ano de 2007 do estado de Minas Gerais foi possível constatar que as regiões que mais produzem café se encontram nas zonas climáticas mais propícias ao bom desenvolvimento desta cultura.

Palavras-chave: variáveis climáticas, geoestatística, produção de café

USE OF GEOSTATISTICS TO MAP THE CLIMATIC VARIABLES AND ITS INFLUENCY IN THE COFFEE PRODUCTION IN MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: State of Minas Gerais is the biggest national producer. However, the culture of coffee has been affected by climatic conditions that injury its growth, development and production. The aim of this paper was to map climatic variables such as precipitation and temperature and to correlate them with the coffee production in the Minas Gerais State in 2007. In this paper was used annual normal historical series from 32 climatologic stations in this state and data of coffee production available in the IBGE. The spatial dependence of the variables was analyzed by the adjust of semivariograms and kriging interpolation. It was possible to accomplish the adjust of semivariograms for all of the variables and these showed moderate to strong spatial dependence level. Through the comparison between kriging maps of climatic factors and coffee production in the Minas Gerais State in 2007 was possible to verify that the regions which more produce coffee are located in the climatic zones more favorable to the good development of this culture.

Keywords: climatic variables, geostatistics, coffee production

INTRODUÇÃO: Segundo Marin (2003), desde sua introdução no país, a cultura do café figura como um dos principais suportes da economia agrícola brasileira, atuando como importante fonte de renda do setor rural por seu alto valor agregado, por ser produto de exportação e por possuir elevada demanda no mercado interno e sua produtividade sofre oscilações devido a fatores climáticos (Carvalho *et al.*, 2004). A temperatura do ar e a precipitação são os elementos climáticos, que promovem maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e, portanto, seu conhecimento se torna fundamental em análises de adaptação de culturas a determinadas regiões com características distintas (Medeiros *et al.*, 2005). Mapa de regionalização das informações de temperatura e precipitação possibilita analisar-se a abrangência geográfica dos campos homogêneos, estes facilitam a localização de zonas vulneráveis que poderão condicionar a prática de algumas atividades econômicas e contribuem para identificação de padrões de distribuição espacial que influenciam as disponibilidades hídricas (IGO, 2007). A geoestatística é um conjunto de técnicas para estimar valores regionalizados e especializados de atributos ou características de determinada área a ser estudada e segundo Cressie (1993) apesar de toda a sua complexidade formal, toda a Geoestatística é baseada, fundamentalmente, em apenas dois conceitos: o semivariograma e a krigagem, e segundo Lamparelli *et al.* (2001) apresenta como produto um mapa da área segundo um atributo com estimativas não viciadas e de mínima variância. O presente trabalho tem como objetivo utilizar as técnicas da geoestatística para avaliar a influência das variáveis climáticas – temperatura e precipitação - na produção cafeeira do estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: O Estado de Minas Gerais encontra-se na região Sudeste do Brasil, com área aproximada de 586753 km², possuindo grande variabilidade climática. Foi utilizado neste estudo, séries históricas normais anuais de precipitação pluvial e temperatura média do ar, para 32 estações climatológicas presentes no estado de Minas Gerais (1961 a 1990).

Utilizaram-se ainda informações sobre a produção de café beneficiado (t) de todos os municípios do estado de Minas Gerais obtidas a partir da Produção Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A dependência espacial das variáveis foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas e interpolação por krigagem. Para analisar o grau da dependência espacial dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella *et al.* (1994), onde:

$$\left(GD = \frac{Co}{Co+C} \right)$$

- Forte se $GD < 0,25$; moderada de $0,25 < GD < 0,75$ e fraca se $GD > 0,75$. O ajuste dos modelos de semivariogramas foi escolhido em função dos mínimos quadrados ponderados. Após o ajuste dos semivariogramas, foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária, de forma a possibilitar visualizar padrões de distribuição espacial das variáveis. O georeferenciamento da imagem foi realizado com base nas informações georeferenciadas dos municípios tais como coordenadas planas e polígonos indicando as fronteiras foram obtidas a partir do Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais (GEOMINAS, 2007). Para a realização da análise geoestatística e para a plotagem dos mapas foi utilizado sistema computacional estatístico R (Development Core Team, 2006) através de sua biblioteca geoR (Ribeiro & Diggle, 2001). Os mapas de krigagem produzidos encontram-se na Projeção Albers Conica Igual Área (unidades em metros), com Datum Horizontal SAD 69.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 apresenta os semivariogramas ajustados para as variáveis estudadas. Nos ajustes podem ser visualizados o comportamento dos modelos ajustados aos pontos do semivariograma empírico pelo método dos mínimos quadrados ponderados. Visualmente observa-se a melhor adequação do modelo exponencial aos dados de precipitação e produção de café e do modelo esférico aos dados de temperatura média anual.

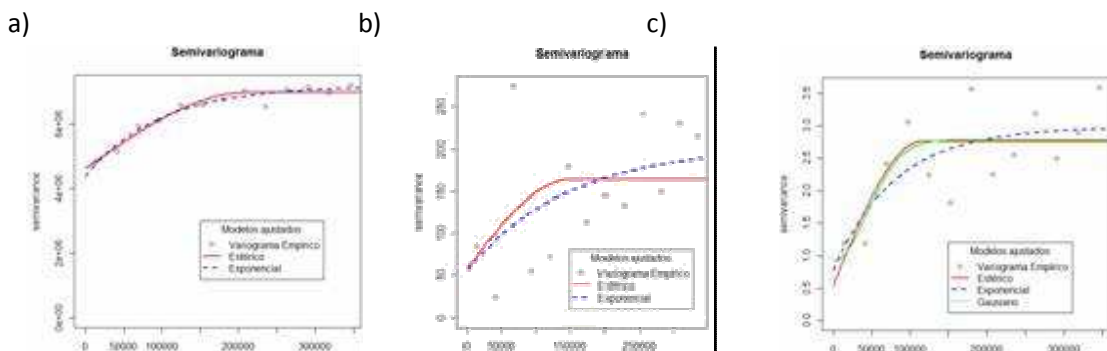


Figura 1 – Semivariogramas (a) Produção de Café de 2007(t), (b) Precipitação anual média (mm) e (c) Temperatura anual média (°C).

Na Tabela 2 encontram-se os resultados dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano ajustados, para as variáveis climáticas e para a produção de café, seus efeito pepita, patamar e alcance prático, bem como os resultados do grau de dependência espacial, além da indicação em negrito do melhor modelo ajustado, de acordo com a classificação de Cambardella *et al* (1994).

Tabela 2 – Ajuste do semivariograma das variáveis estudadas

	Modelo	Efeito Pepita (C ₀)	Patamar (C ₀ + C)	Alcance Prático	Grau de Dependencia	
Temperatura	Esférico	0.5376	2.7541	114205.5	19.52	Forte
	Exponencial	0.7741	2.9744	239780.7	26.03	Moderado
	Gaussiano	0.9144	2.7774	3101760	32.92	Moderado
Produção de café	Esférico	4611775	6969718.4	212174.1	66.17	Moderado
	Exponencial	4366580.73	7167488.9	283516.2	60.92	Moderado
Precipitação	Esférico	58.1105	164.5569	150000.1	35.31	Moderado
	Exponencial	55.4499	205.6587	449360	26.96	Moderado

Todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial, expressa pelos modelos de semivariogramas (Tabela 2 e Figura 1). Todas as variáveis foram expressas pelo modelo exponencial exceto a variável Temperatura que se adequou ao modelo esférico.

Na Figura 2 apresentam-se os mapas de krigagem produzidos para a temperatura média, produção de café e precipitação em Minas Gerais, os quais foram gerados utilizando-se o melhor modelo de semivariograma para cada situação. Observa-se, ainda, nestas figuras que as cores mais vermelhas significam menores valores e as cores brancas os maiores valores das variáveis em questão. É possível observar (Figura 2b), que as maiores temperaturas ocorrem na região norte do estado e as menores temperaturas ocorrem na parte sul, sendo esta variação de

temperatura influenciada principalmente pela latitude. A temperatura no estado apresenta grande variabilidade espacial, variando de 18 a 24 °C, tendo assim regiões bem distintas quanto à temperatura. Pela Figura 2c, pode ser visualizada a variação espacial da precipitação média anual no estado de Minas Gerais. É possível observar que as maiores lâminas foram verificadas na porção sul e sudoeste do estado, os menores valores observados correspondem à região norte, sobretudo na região nordeste. A variação da precipitação média anual ficou entre 70 e 130 mm, em todo o estado. Ao se observar o mapa de Produção de Café no ano de 2007 (Figuras 2a) percebe-se que as regiões que mais produziram café foram à região sul e principalmente a região do alto Paranaíba. Segundo Mendes (2002) a região sul possui boas condições ecológicas e climáticas com topografia razoável, boa infra-estrutura e café de boa qualidade, predominando pequenas propriedades e a região do alto Paranaíba se caracteriza por ser altamente tecnificada, por possuir grandes propriedades e cafés de alta tecnologia.

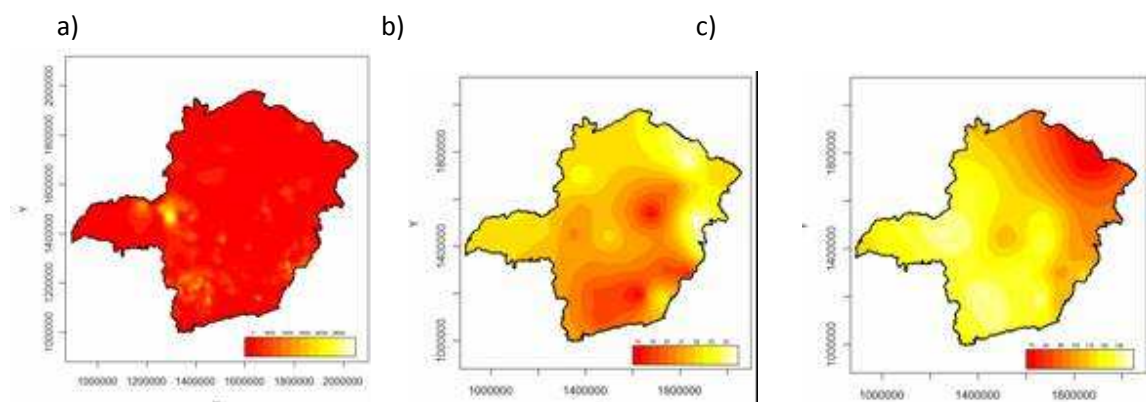


Figura 2 – Mapas de Krigagem (a) Produção de Café em 2007(t), (b) Temperatura média anual (°C) e (c) Precipitação média anual (mm).

Comparando o mapa de temperatura com o mapa (Figura 2ab de produção de café (Figura 2a) foi possível observar que os maiores produtores de café em Minas Gerais se localizam na região onde a temperatura média varia de 19 a 22°C. De acordo com Pinto *et al.* (2001) para cafeeiro da espécie *Coffea arabica* as temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18°C e 22°C, desta forma percebe-se que as regiões de maior produção de café se encontram nas condições ótimas de temperatura necessária para o bom cultivo do cafeeiro. Para as regiões de maior produção de café a precipitação anual média foi identificada como acima dos 120 mm.

CONCLUSÕES: O estudo do comportamento da variabilidade espacial de variáveis climáticas é importante para diversas áreas, principalmente para regiões agrícolas. Assim é possível fazer um estudo sobre qual a região mais indicada ao melhor desenvolvimento da cultura que se queira implantar. Por meio da comparação entre os mapas de Krigagem da temperatura média anual e precipitação com o mapa de produção de café no ano de 2007 do estado de Minas Gerais foi possível constatar que as regiões que mais produzem café se encontram nas zonas climáticas mais propícias ao bom desenvolvimento desta cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CARVALHO, L. G.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; ALVES, H. M. R. A regression model to predict coffee productivity in Southern Minas Gerais, Brazil. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, may/dec., v.8, n.2-3, p.204-211, 2004.

CRESSIE, N.A.C. **Statistics for spatial data**. (Revised Edition). New York: John Wiley, 1993. 900p.

GEOMINAS (2007) *Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais*. Informações sobre Divisão Político-Administrativa - 853 municípios. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>> [acesso em 11 janeiro. 2009].

IBGE (2009). Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Produção Agrícola Municipal (PAM). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/> [Acesso em 15 maio de 2009].

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS (IGO). Apresenta informações sobre a Precipitação. Disponível em: <<http://www.igeo.pt/teses/rita%20nicolau/cap1.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2007

LAMPARELLI, A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, R. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118 p.

MARIN, F.R. **Evapotranspiração e transpiração máxima em cafezal adensado**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 118 p. (Tese de doutorado)

MEDEIROS, S. de S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA JUNIOR, J. L. C. da. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Histórico e Importância Socioeconômica da Cafeicultura. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2002. p. 16-38.

PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E.D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.495-500, 2001. Número especial Zoneamento Agrícola.

R Development Core Team (2006). R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. www.r-project.org. Version 2.3.1.

RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) **geoR: A package for geostatistical analysis**. R-NEWS Vol 1, No 2. ISSN 1609-3631.