

COMENTÁRIOS E CARTAS AO EDITOR

Comentários sobre “Desempenho da Co-Krigagem na Determinação da Variabilidade de Atributos do Solo”

O estudo realizado por Angelico (2006) sobre o desempenho da co-krigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo pretende “investigar a eficiência da co-krigagem na estimativa do pH e do manganês (Mn) de acordo com a matéria orgânica (MO)”.

O autor do trabalho cita, na introdução, diversos trabalhos (fundamentalmente da década de 80 e início de 90), que comparam a krigagem com modelos deterministas de inferência espacial (e.g., método do inverso da potência das distâncias), e salienta a maior eficiência da krigagem nomeadamente no que se refere a uma “descrição mais acurada da estrutura espacial dos dados e produção de informação sobre a distribuição da estimativa do erro” como forma de justificar a escolha do método para determinar a variabilidade de atributos do solo. Contudo, o autor ignora trabalhos mais recentes que evidenciam as vantagens da co-krigagem e a razão pela qual é adequado usá-la, no caso em apreço, não sendo necessário recorrer à simulação geoestatística (ver Goovaerts, 1997; Deutsch & Journel, 1998; Soares, 2000; Goovaerts, 2000, 2001; Bourennane et al., 2003; Mata-Lima, 2005; Franco et al., 2006; Larocque et al., 2006). Por outro lado, apesar de o autor referir-se ao fato de a krigagem considerar a distribuição da estimativa do erro como uma vantagem, tal capacidade é ignorada na secção de resultados e discussão, visto que o autor recorre ao cálculo do erro relativo percentual (equação da p.935 do artigo em apreço) para avaliar a eficiência do algoritmo utilizado. Cumpre salientar que essa abordagem é inadequada porque a krigagem permite construir mapas de incerteza espacial que fornecem uma visão global da congruência dos resultados (ver, e.g., Goovaerts, 1997; Soares, 2000; Franco, 2002; Larocque et al., 2006, p.7-9).

No quadro 1, o autor apresenta um simples resumo da análise descritiva das variáveis analisadas (pH, Mn e MO) que não se adequa ao estudo geoestatístico efetuado. Importa salientar que a geoestatística se baseia na hipótese de estacionariedade da média como parte integrante e fundamental do modelo probabilista geoestatístico (ver Soares, 2000, p.18; Mata-Lima,

2005), sendo apropriada quando se verifica homogeneidade de determinada amostra na área em que a variável se distribui. Continuando, a hipótese de estacionariedade da média, além de significar que pode ser estimada pela média aritmética, considera que os valores das amostras são suficientemente homogêneos para validar a representatividade da média da amostra na área em que se distribuem os dados.

Desse modo, é fundamental não só a representação espacial dos valores das amostras das variáveis analisadas na área em que se distribuem, mas também a construção de histogramas para cada uma das variáveis de modo a permitir uma competente análise e interpretação dos dados (ver Soares, 2000, p.27, 85, 96; Boezio et al., 2006, p.161; Franco et al., 2006, p.854, 855; Wu et al., 2006, p.189, 190) em substituição de um simples quadro de valores com descrição univariada. Ainda sobre a análise estatística de dados, Soares (2000, p.56-57) observa que a “*representação espacial da amostra permite visualizar o modo como o atributo se dispersa no espaço e, em particular, algumas características mais salientes da análise uni e bivariada. Por exemplo, a localização espacial de valores extremos de um histograma acentuadamente assimétrico pode dar uma ideia do grau de dificuldade esperado nos processos subsequentes de inferência espacial no qual intervêm aqueles valores extremos. Concretamente, se aqueles valores extremos se dispersam de modo a provocar grandes variâncias locais, qualquer processo de estimação naquelas áreas é previsivelmente mais complicado*”. Por conseguinte, a descrição univariada que Angelico (2006) apresenta no quadro 1 apenas resume medidas de localização da distribuição. O autor devia ter apresentado uma figura com a representação em planta do conjunto das 275 amostras do solo na área indicando a malha regular em que foram dispostas e apresentando também o histograma dos dados (ver, e.g., Soares, 2000, Franco et al., 2006; Larocque et al., 2006).

Quanto aos resultados, o quadro 2 permitiria melhor leitura e sensibilidade interpretativa se fossem apresentados gráficos *biplots* dos resultados, conforme se vê na figura seguinte (Figura 1), para permitir uma análise mais competente dos resultados (ver também Soares, 2000, p.66, 107-110; Boezio et al., 2006, p.162; Wu et al., 2006, p.195).

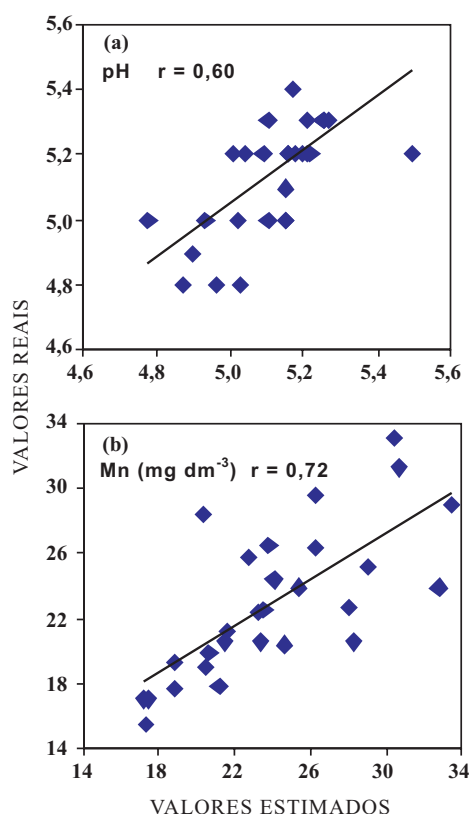


Figura 1. Biplots de valores reais vs estimados para: (a) pH e (b) Mn. Nota: análise efectuada com base nos dados apresentados no quadro 2 de Angelico (2006, p.935).

Como se pode comprovar os *biplots* apresentados na figura 1 revelam que a correlação entre os dados reais e estimados do pH e Mn são de 0,60 e 0,72, respectivamente. A menor correlação obtida para o caso de pH resulta da maior dispersão da nuvem de pontos que, por sua vez, revela maior imprecisão do estimador. Portanto, os resultados apresentados da figura 1 contradizem os resultados do Angelico (2006, p.936), comprovando a inadequação de uma análise baseada no simples cálculo do erro relativo percentual nesse tipo de situação. O procedimento recomendável e de uso frequente consiste na avaliação simultânea da eficiência por meio de vários métodos para permitir uma conclusão mais abalizada (ver, e.g., Chanasyk et al., 2003; Boken et al., 2004; Stacey et al., 2006).

A discussão dos resultados deveria apresentar comparativamente os mapas estimados por co-krigagem e pela krigagem normal obtidos a partir dos 28 dados da amostra, para cada uma das variáveis analisadas (ver, e.g., Soares, 2000, p.98; Boezio et al., 2006, p.162, 163). Vale destacar que a produção de tais mapas, provavelmente, permitiria ao autor comprovar que, quando a correlação entre as variáveis (principal e co-variável também designada por variável secundária) é elevada, existem vantagens na aplicação da co-krigagem em relação à krigagem normal.

Por fim, aproveita-se a oportunidade para encorajar o autor a efectuar tais verificações como forma de consubstanciar e valorizar o tratamento de dados disponíveis na Serrana Fertilizantes do grupo Bunge.

Herlander Mata-Lima

*Departamento de Matemática e Engenharias,
Universidade da Madeira (UMa). 9000-390 Funchal,
Portugal. E-mail: hlima@uma.pt*

*CERENA - Instituto Superior Técnico,
Universidade Técnica de Lisboa, IST-UTL,
Av. Rovisco Pais, 1. 1049-001 Lisboa. Portugal*

REFERÊNCIAS

- ANGELICO, J.C. Desempenho da co-krigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:931-936, 2006.
- BOEZIO, M.N.M.; COSTA, J.F.C.L. & KOPPE, J.C. Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível da água subterrânea. *Rev. Esc. Minas*, 59:159-164, 2006.
- BOKEN, V.K., HOOGENBOOM, G., HOOK, J.E., THOMAS, D.L., GUERRA, L.C. & HARRISON, K.A. Agricultural water use estimation using geospatial modelling and a geographic information system. *Agricultural Water Management*, 67:185-199, 2004.
- BOURENNANE, H.; SALVADOR-BLANES, S.; CORNU, S. & KING, D. Scale of spatial dependence between chemical properties of topsoil and subsoil over a geologically contrasted area (Massif central, France). *Geoderma*, 112:235-251, 2003.
- CHANASYK, D.S.; MAPFUMO, E. & WILLMS, W. Quantification and simulation of surface runoff from fescue grassland watersheds. *Agricultural Water Management*, 59:137-153, 2003.
- DEUTSCH, C.V. & JOURNEL, A.G. *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide*. New York, Oxford University Press, 1998.
- FRANCO, C. Aplicação da geoestatística para a caracterização da contaminação residual em metais pesados nas margens do rio Guadiana. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2002.
- FRANCO, C.; SOARES, A. & DELGADO, J. Geostatistical modelling of heavy metal contamination in the topsoil of Guadiana river margins (S Spain) using a stochastic simulation technique. *Geoderma*, 136:852-864, 2006.
- GOOVAERTS, P. *Geostatistics for natural resources evaluation*. New York, Oxford University Press, 1997.
- GOOVAERTS, P. Estimation or simulation of soil properties? An optimization problem with conflicting criteria. *Geoderma*, 97:186-195, 2000.

- GOOVAERTS, P. Geostatistical modelling of uncertainty in soil science. *Geoderma*, 103:3-26, 2001.
- MATA-LIMA, H. Geostatistics in reservoir characterization: From estimation to simulation methods. *Estudios Geológicos*, 61:135-145, 2005.
- SOARES, A. Geoestatística para ciências da terra e do ambiente. Lisboa, ISTPress, 2000.
- STACEY, K.F.; LARK, R.M; WHITMORE, A.P. & MILNE, A.E. Using a process model and regression kriging to improve predictions of nitrous oxide emissions from soil. *Geoderma*, 135: 107-117, 2006.
- LAROCQUE, G.; DUTILLEUL, P.; PELLETIER, B. & FYLES, J.W. Conditional Gaussian co-simulation of regionalized components of soil variation. *Geoderma*, 134:1-16, 2006.
- WU, J.; NORVELL, W.A. & WELCH, R.M. Kriging on highly skewed data for DTPA-extractable soil Zn with auxiliary information for pH and organic carbon. *Geoderma*, 134:187-199, 2006.

Resposta aos Comentários sobre “Desempenho da Co-Krigagem na Determinação da Variabilidade de Atributos do Solo”

Após analisar o comentário do Professor Dr. H. Mata-Lima, reconheço que o método que utilizei (o erro relativo percentual) é inadequado para avaliar o desempenho da krigagem, considerando, conforme observado pelo próprio Professor, que a krigagem permite construir mapas de incerteza espacial que fornecem uma visão global da congruência dos resultados. Agradeço ao Professor pelas críticas feitas sobre meu trabalho.

João Carlos Angelico

Professor de Estatística da Faculdade Orígenes Lessa – FACOL.

*Rod. Osny Matheus, Km 08, CEP 18683-900
Lençóis Paulista (SP)*

E-mail: jcangelico@facol.br