

Geostatistical Sampling Methods and the Construction of Semivariograms and the Kriging Process

Heron Viterbre Debique Sousa

*Mestrando em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, 31270-901, Brasil*

Ícaro Viterbre Debique Sousa

*Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária – Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Universidade do Estado de Minas Gerais
Avenida Paraná, 3001, Divinópolis - MG, 35501-168, Brasil*

Artur Saturnino Rodrigues

*Doutorando em Biocombustíveis – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Rua da Glória, 187, Diamantina - MG, 39100-000, Brasil*

Marcelo Robert Fonseca Gontijo

*Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Universidade do Estado de Minas Gerais
Avenida Paraná, 3001, Divinópolis - MG, 35501-168, Brasil*

Thaís Prado Vasconcelos Silva

*Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental – Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)
Universidade do Estado de Minas Gerais
Avenida Paraná, 3001, Divinópolis - MG, 35501-168, Brasil*

Ivana Prado de Vasconcelos

*Mestre em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
Universidade do Estado de Minas Gerais
Avenida Paraná, 3001, Divinópolis - MG, 35501-168, Brasil*

ABSTRACT

Em geoestatística o método de amostragem é um fator que influencia no resultado dos mapas de krigagem. Utilizar a amostragem aleatória ou sistemática, apesar de comumente resultar em ajuste de semivariograma com o mesmo modelo, causa diferenças entre seus parâmetros. Comparando as duas técnicas de amostragem foi possível observar os resultados dos mapas na mesma região e determinar que o uso da amostragem sistemática com auxílio de submalhas auxilia no controle de outliers espaciais e é o ideal para detectar todos os níveis de dependência espacial.

Palavras-chave: *Krigagem; Semivariograma; Dependência Espacial.*

Date of Submission: 25-06-2023

Date of acceptance: 05-07-2023

I. INTRODUCTION

Ao realizar a análise geoestatística de um determinado local, é necessária a coleta de informações, e a retirada dessas amostras é um fator que pode influenciar no resultado a ser obtido. Oliveira (1991), Vieira (2000), Yamamoto e Landim (2013) apresentam que principal objetivo da análise geoestatística é gerar mapas que demonstrem o fenômeno em pontos não amostrados naquela região, para isso se utiliza de um sistema de interpolação denominado krigagem, em que os pontos não amostrados são estimados por meio dos valores dos pontos de sua vizinhança.

Yamamoto e Landim (2013) enunciam que para realizar o processo de krigagem de maneira precisa é necessário que se faça um sistema de amostragem dos pontos de modo que se obtenha o máximo de informações do local em estudo. O sistema de amostragem pode se dar de duas formas principais: amostragem aleatória e sistemática.

Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar as diferenças ao se realizar cada amostragem em uma mesma área. Determinando diferenças estruturais na distribuição de pontos no espaço, comportamento de parâmetros geoestatísticos e os mapas gerados com a krigagem.

II. MATERIAL AND METHODS

O estudo consiste em analisar espacialmente, por meio da geoestatística, dados espaciais de variável do solo coletados em uma mesma região de maneira aleatória e sistemática. A natureza dos dados não é de interesse neste estudo, mas sim a maneira como foram coletados. A origem e tipologia dos dados não são explícitas pois os resultados devem ser interpretados de maneira generalizada para qualquer variável do solo.

Neste trabalho é empregado o estimador de semivariância proposto por Cressie e Hawkins (1980) e a utilização de 70% da distância máxima para os gráficos de semivariância. De acordo com Oliveira (1991), a utilização de 70% da distância máxima tem o intuito de evitar a presença de outliers espaciais que ocorrem quando se possui poucas amostras separadas por distâncias maiores.

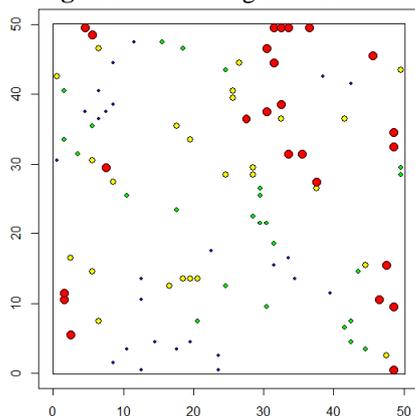
Todas as análises apresentadas neste trabalho foram realizadas utilizando a linguagem de programação R Core Team (2020) com auxílio do pacote geoR, criado por Ribeiro e Diggle (2001), e é destinado à análise de dados espaciais utilizando geoestatística.

III. DISCUSSION

Esta análise é dividida em três partes: análise exploratória, análise variográfica e krigagem. Em todas as etapas serão comparados e discutidos os resultados obtidos em cada sistema de amostragem.

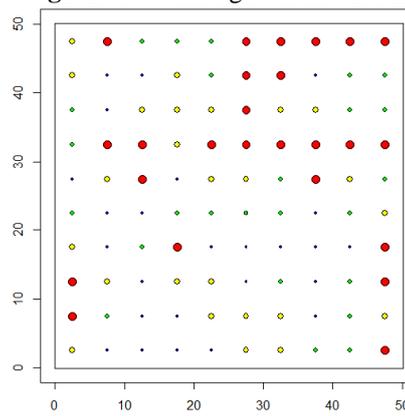
A primeira análise da coleta de dados é visual. Nota-se que a amostragem aleatória, representada na figura 1, apresenta falhas, com locais não amostrados e pontos muito distantes entre si. Dado que a krigagem considera a distância entre os pontos amostrados, esse fator influencia o resultado. Por sua vez, a amostragem sistemática (figura 2) resultou em melhor distribuição dos pontos coletados, com distância uniforme entre eles.

Figura 1: Amostragem aleatória.



Fonte: Própria (2023).

Figura 2: Amostragem sistemática.



Fonte: Própria (2023).

A tabela 01 apresenta as estatísticas descritivas de cada amostragem, e mostra a existência de diferenças em cada método adotado em uma mesma área experimental.

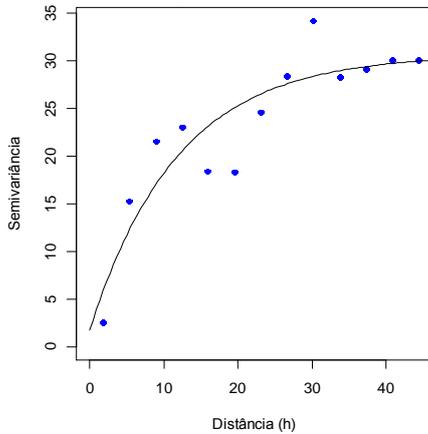
Tabela 01: Estatística descritiva das amostragens.

	Mínimo	Máximo	Distância máxima (m)	Distância mínima (m)
Aleatória	3,137	29,061	65,8559	1
Sistemática	4,418	26,668	63,63961	5

Fonte: Própria (2023).

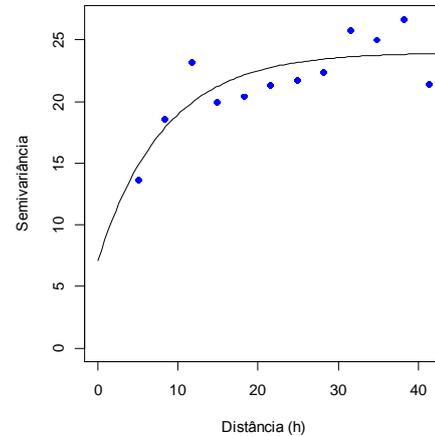
De forma subsequente, foram executadas as nuvens de pontos de cada amostragem e depois, utilizando o estimador de semivariância de Cressie e Hankins (1980), foram ajustados os semivariogramas. As figuras 3 e 4 mostram o modelo de semivariograma ajustado, que é o mesmo para as duas situações. A amostragem aleatória apresenta efeito pepita próximo ao zero ideal, o que ocorre em razão da existência de coletas dentro desse sistema de amostragem que possuem distâncias pequenas entre si. Porém, a amostragem sistemática possui limitação de distância mínima, neste caso de cinco metros, o que faz com que toda a informação de dependência espacial em trechos menores que essa distância não seja detectada.

Figura 3: Ajuste do semivariograma para a amostragem aleatória.



Fonte: Própria (2023).

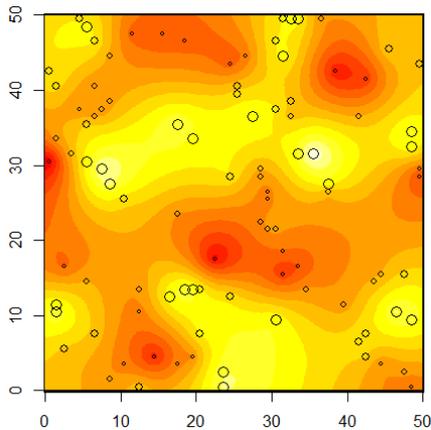
Figura 4: Ajuste do semivariograma para a amostragem sistemática.



Fonte: Própria (2023).

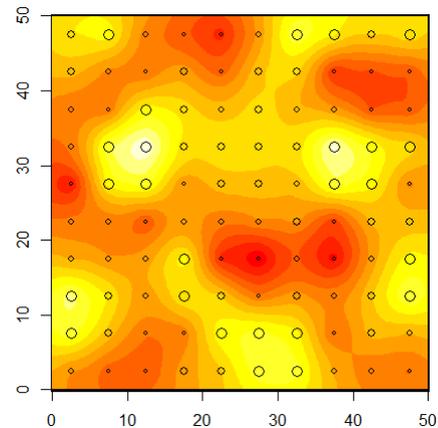
Ao analisar os mapas krigados nas figuras 5 e 6, para cada sistema de amostragem da área experimental, podemos observar que existem semelhanças em alguns aspectos, como a presença de valores mais altos na região oeste e valores menores na região sudeste. Apresentam também diferenças de coloração, o que indica diferença entre os valores krigados.

Figura 5: Krigagem para a amostragem aleatória.



Fonte: Própria (2023).

Figura 6: Krigagem para a amostragem sistemática.



Fonte: Própria (2023).

IV. CONCLUSION

Ao se analisar uma mesma área experimental com coleta de dados de duas maneiras diferentes (aleatória e sistemática), é possível concluir que o sistema de amostragem de fato possui influência no resultado. Apesar de apresentarem o mesmo semivariograma, com o mesmo modelo de ajuste, os mapas de krigagem resultantes de cada sistema de amostragem são nitidamente diferentes.

Entre a escolha dos métodos aleatório ou sistemático para a coleta de dados espaciais, subtende-se, em razão de apresentar melhor distribuição espacial dos dados, a menor ocorrência de outliers espaciais, o método de amostragem sistemático possui resultados que podem se assemelhar mais à realidade do fenômeno. Entretanto, é importante a criação de submalhas amostrais, com intuito de coletar também de maneira sistemática, valores que possuem distâncias menores do que a malha coletada anteriormente. Dessa forma, torna-se possível a detecção de dependência espacial em níveis mais precisos.

REFERENCE

- [1]. CRESSIE, N.; HAWKINS, D. M. Robust estimation of the variogram: I. **Journal of the International Association for Mathematical Geology**, v. 12, n. 2, p. 115-125, 1980.
- [2]. CRESSIE, N. The origins of kriging. **Mathematical geology**, v. 22, n. 3, p. 239-252, 1990.
- [3]. KRIGE, D. G. **A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand: By DG Krige**. 1951. Tese de Doutorado. University of the Witwatersrand.
- [4]. MATHERON, G. The theory of regionalised variables and its applications. **Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique**, v. 5, p. 212, 1971.
- [5]. OLIVEIRA, M.S. de. **Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando Geoestatística**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- [6]. RIBEIRO Jr., P.J. & DIGGLE, P.J. (2001) **geoR: A package for geostatistical analysis**. R NEWS, Vol 1, No 2, 15-18. ISSN 1609-3631.
- [7]. R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [8]. VIEIRA, S. R. et al. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-53, 2000.
- [9]. YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.