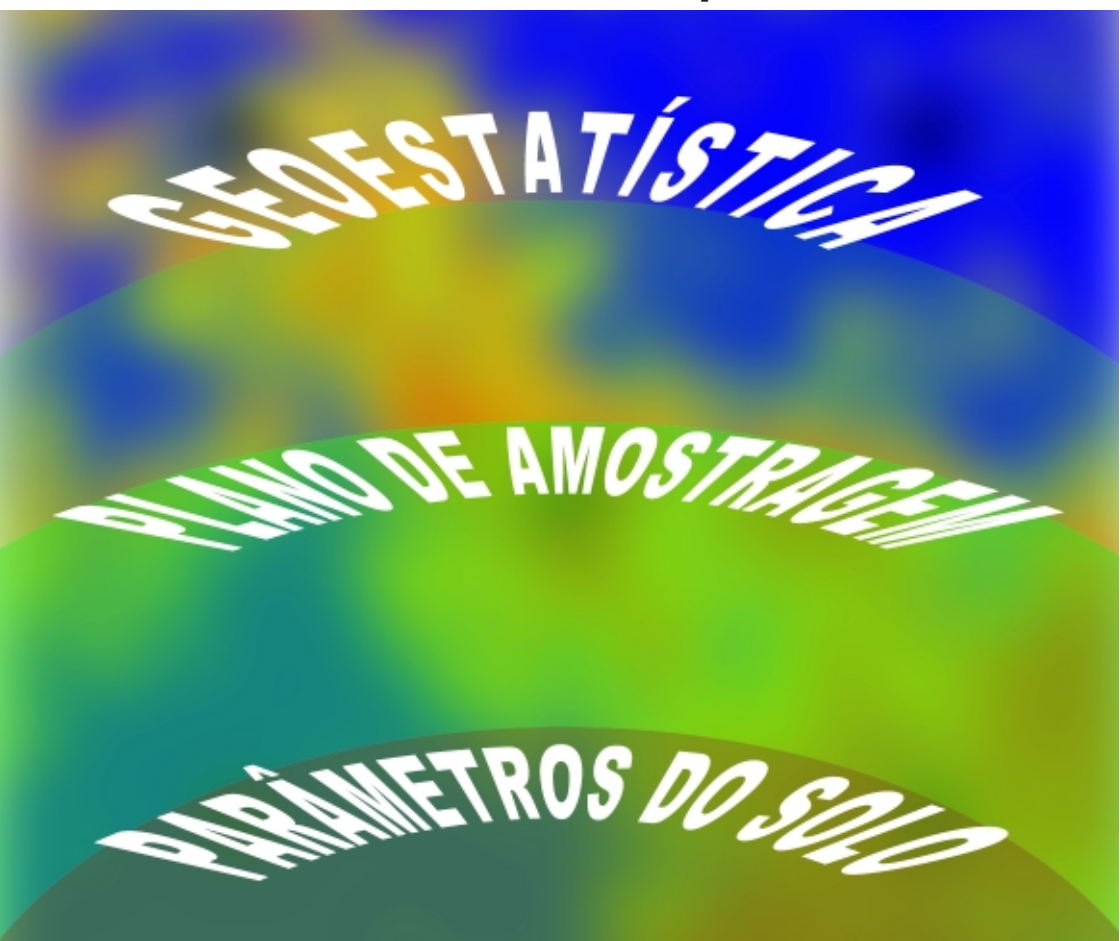


Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta



República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiro
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu
Dante Daniel Giacomelli Scolari
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Informática Agropecuária

José Gilberto Jardine
Chefe-Geral

Tércia Zavaglia Torres
Chefe-Adjunto de Administração

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Álvaro Seixas Neto
Supervisor da Área de Comunicação e Negócios

Documentos 15

Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta

José Ruy Porto de Carvalho

Gilberto Nicollela

Embrapa Informática Agropecuária
Área de Comunicação e Negócios (ACN)

Av. André Tosello, 209
Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – Barão Geraldo
Caixa Postal 6041
13083-970 – Campinas, SP
Telefone (19) 3789-5743 - Fax (19) 3289-9594
URL: <http://www.cnptia.embrapa.br>
e-mail: sac@cnptia.embrapa.br

Comitê de Publicações

Amarindo Fausto Soares
Ivanilde Dispato
José Ruy Porto de Carvalho (Presidente)
Luciana Alvim Santos Romani
Marcia Izabel Fugisawa Souza
Suzilei Almeida Carneiro

Suplentes
Adriana Delfino dos Santos
Fábio Cesar da Silva
João Francisco Gonçalves Antunes
Maria Angélica de Andrade Leite
Moacir Pedroso Júnior

Supervisor editorial: *Ivanilde Dispato*
Normalização bibliográfica: *Marcia Izabel Fugisawa Souza*
Capa: *Intermídia Produções Gráficas*
Editoração eletrônica: *Intermídia Produções Gráficas*

1ª. edição

on-line - 2002

Todos os direitos reservados

Carvalho, José Ruy Porto de.

Uso de geoestatística na definição de plano de amostragem em levantamento de parâmetros do solo – uma proposta / José Ruy Porto de Carvalho, Gilberto Nicollela. — Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2002.

17 p. : il. — (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária ; 15)

ISSN 1677-9274

1. Geoestatística. 2. Amostragem. 3. Variáveis do solo. I. Nicollela, Gilberto. II. Título. III. Série.

CDD – 21st ed.
551.01595
551.021
551.0727

Autores

José Ruy Porto de Carvalho

Eng.Agr., Ph.D. em Estatística Aplicada, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo - 13083-970 - Campinas, SP.

Telefone (19) 3789-5797 - e-mail: jruy@cnptia.embrapa.br

Gilberto Nicollela

Doutor em Estatística Experimental, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, Rod. Campinas Mogi Mirim, Km 127,5 - 13820-000 – Jaguariúna, SP.

Telefone (19) 3867-8700 - e-mail: nicolela@cnpma.embrapa.br

Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta

Apresentação

As análises geoestatísticas auxiliam a agricultura de precisão a definir as necessidades do solo, a cultura apropriada às condições ambientais e a quantidade e qualidade da aplicação de defensivos agrícolas. Além disso, ela é de grande importância na determinação de um plano de amostragem ideal para as condições em estudo.

Este documento compreende a elaboração de um plano de amostragem para avaliação espacial de propriedades físico-químicas de solo, para uma área pré-definida, por meio de técnicas geoestatísticas. A determinação do tamanho da amostra e do espaçamento entre os pontos amostrais serão obtidos em função do risco máximo s^2_{\max} estabelecido.

José Gilberto Jardine
Chefe-Geral

Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Revisão de Literatura | 9 |
| Objetivos | 12 |
| Objetivo principal | 12 |
| Objetivo secundário | 12 |
| Método | 13 |
| Referências Bibliográficas | 15 |

Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta

Uso de Geoestatística na Definição de Plano de Amostragem em Levantamento de Parâmetros do Solo – Uma Proposta

*José Ruy Porto de Carvalho
Gilberto Nicollela*

Revisão de Literatura

É uma prática há longo tempo reconhecida que em qualquer estudo de natureza científica o processo de amostragem, a saber, a escolha de parte de um conjunto de componentes ou de fração de material constituinte do todo, é quase sempre o problema que demanda soluções mais intrincadas e criativas. Não obstante, essa dificuldade não é única, visto que, o grau de precisão desejado e o custo da amostragem são condicionantes de extrema importância, no delineamento do plano de amostragem.

Nas ciências do solo, objeto deste trabalho, as dificuldades se acentuam, desde que, hoje, sabe-se da importância e influência da localização e da conformidade dos pontos selecionados, como também, da distância que os separa, para o sucesso do plano de amostragem. Pontos amostrais próximos têm uma maior probabilidade de serem espacialmente dependentes. Com isso pretende-se enfatizar que, se uma amostra produzirá ou não resultados representativos do conjunto ou da população estudada, depende essencialmente se os erros introduzidos pelo processo de amostragem são adequados, de sorte a não invalidar os resultados obtidos (Yates, 1981; Cochran, 1977; Chitolina et al., 1999).

Segundo Carvalho et al. (2002), “a estatística clássica assume que a variação das características do solo dentro das unidades amostrais não

são correlacionadas, e que a média das amostras é o melhor estimador das características de solo em qualquer local na unidade amostral. O número de amostras necessário para estimar o valor médio das características de solo, segundo Cochran (1977), é definido por:

$n = t_{\alpha}^2 s^2 / d^2$, em que n é o número de amostras necessário para estimar a média μ , dentro de uma tolerância d . A quantidade t_{α}^2 é a estatística t de Student, referente a um determinado nível de probabilidade α , e s^2 é a variância amostral." Normalmente, o uso da Estatística clássica requer maior número de amostras do que a Geoestatística, para estimar o parâmetro em estudo com determinada precisão. Por isso, McBratney & Webster (1983), Vieira et al. (1983) e Souza et al. (1997) preconizam que o estudo da dependência espacial das propriedades do solo pode reduzir o número de amostras em relação ao uso dos procedimentos amostrais definidos na Estatística clássica.

A avaliação de uma ou mais propriedades do solo, levando-se em conta a variabilidade espacial, seja com a finalidade de se produzir o mapeamento da propriedade para a área de interesse ou de inferir sobre sua estimativa média, é uma preocupação que vem acompanhando os pesquisadores desde o início do século passado, de acordo com Smith (1910), Montgomery (1913), Waynick e Sharp (1919), citados por Camargo (1997). No entanto, os resultados advindos desses trabalhos baseavam-se em análises realizadas com as ferramentas disponíveis da estatística clássica, onde uma grande quantidade de dados amostrais eram gerados, visando-se caracterizar e descrever a distribuição espacial da(s) propriedade(s) avaliadas. A hipótese básica assumida nesses estudos apoiava-se no fato que as variações de um local para outro eram tomadas como aleatórias. Evidentemente, a evolução das informações resultantes desses estudos revelou a certeza de que a estatística clássica não era uma técnica factível para discriminar a variabilidade espacial de parâmetros de solo.

A mudança de enfoque, envolvendo-se a variabilidade espacial, só foi possível a partir da transposição da teoria das variáveis regionalizadas, desenvolvida por Matheron (1963, 1971), para a interpretação de dados de concentração de ouro, na qual incorporava-se não apenas a distância entre as observações, como a localização geográfica e a dependência

espacial. A idéia mais elementar dessa teoria se traduz no fato que, quanto mais próximos estiverem dois pontos amostrados, espera-se que mais próximos estarão os valores mensurados.

Resumidamente, a teoria das variáveis regionalizadas foi elaborada sobre o pressuposto que a variação de uma variável pode ser explicada pela soma de três componentes (Burrough, 1987):

- (i) Um componente estrutural associado a um valor médio constante ou a uma tendência constante;
- (ii) Um componente aleatório, espacialmente correlacionado;
- (iii) Um ruído aleatório.

Formalmente, se \mathbf{x} representa uma posição numa determinada dimensão, então o valor da variável Z , em \mathbf{x} , é dado por (Burrough, 1987):

$$Z(\mathbf{x}) = m(\mathbf{x}) + e'(\mathbf{x}) + e''$$

onde:

$m(\mathbf{x})$ - função determinística que descreve a componente estrutural de Z em \mathbf{x} ;

$e'(\mathbf{x})$ - termo estocástico, que varia localmente e depende espacialmente de $m(\mathbf{x})$;

e'' - ruído aleatório não correlacionado, com distribuição normal com média zero e variância s^2 .

Similarmente ao que acontece quando da aplicação dos procedimentos da estatística clássica, os resultados produzidos por intermédio das técnicas geoestatísticas, basicamente o ajuste dos dados pelo semivariograma e a interpolação de pontos no interior da grade ou malha de amostragem, dependem intrinsecamente do plano da amostragem delineado, ou seja, do número de pontos amostrados e de sua disposição ou formato no campo. Daí a importância do esboço do plano de amostragem, de tal maneira, a ser representativo da região R sob estudo. Aqui também, o custo da amostragem e a precisão desejada são fatores limitantes.

Pesquisa relatada por Nielsen et al. (1973) pode ser considerada um marco na interpretação da variabilidade espacial de propriedades do solo, não propriamente por preconizar o uso do ferramental geoestatístico, mas por demarcar o início da preocupação de alguns cientistas de solo, em conhecer e estimar o tipo e a magnitude de variação espacial de tais propriedades.

A partir do começo da década de 80, uma gama diversificada de trabalhos foi publicada, em ciências do solo, fazendo-se uso dos conceitos pertinentes à teoria das variáveis regionalizadas, a saber, semivariograma, auto-correlação, krigagem, cokrigagem, etc., (Vieira, 1979; Burgess & Webster, 1980; McBratney & Webster, 1983; Vieira et al., 1983; Trangmar et al., 1985; Webster, 1985; Warrick & Myers, 1987; Weitz et al., 1993; Salviano, 1996; Camargo, 1997; Nicolella, 1999).

Objetivos

Objetivo principal

Elaborar um plano de amostragem para avaliação espacial de propriedades físico-químicas de solo, para uma área pré-definida, por meio de técnicas geoestatísticas. A determinação do tamanho da amostra e do espaçamento entre os pontos amostrais serão obtidos em função do risco máximo s^2_{\max} estabelecido.

Objetivo secundário

1. Delineamento de um pré-plano amostral que possibilite o conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo, em termos do melhor semivariograma ajustado, para os dados observados.
2. Conhecer o comportamento das variáveis mensuradas, do item 1, em relação às suas variâncias estimadas. Tais estimativas, juntamente ao semivariograma ajustado, constituirão a base sob a qual será esboçada a amostra definitiva de solo no campo.

Método

Considerando-se que o interesse principal deste trabalho é a geração de um plano de amostragem que apresente características de qualidade bem definidas, a saber, que o risco seja menor ou igual ao máximo estabelecido s^2_{\max} designado, um aspecto importante da confecção do plano refere-se à configuração da amostra, que terá o formato de malha e o espaçamento entre os pontos amostrados, ou seja, a distância entre pares consecutivos de pontos. Esses dois fatores condicionam o valor assumido pela densidade da amostragem, definida como a razão entre o tamanho da amostra e a região amostrada R . A densidade será fixada a partir do levantamento topográfico da região e das informações geradas da pré-amostragem.

O delineamento da amostragem justifica-se quando existe o interesse de se controlar o risco ou precisão desejada, estipulando-se o risco máximo s^2_{\max} para as inferências, planejando-se a amostragem, de forma que o risco não supere esse máximo (Cabannes, 1979; Burgess et al., 1981), citados por Oliveira (1991).

Considerando-se a escassez de informações relacionadas à variabilidade de propriedades físico-químicas, que serão mensuradas nesse estudo, tais como, permeabilidade do solo, fósforo, potássio, matéria orgânica, etc., variabilidade essa, passível de conhecimento, através do uso de técnicas geoestatísticas, torna-se imprescindível o esboço de uma pré-amostragem, cuja finalidade seria fornecer subsídios para uma modelagem geoestatística inicial dos parâmetros, a partir da qual seriam estabelecidos o tamanho e a distância entre os pontos amostrados.

Dentro dessa perspectiva, Oliveira (1991) apresenta os passos que devem ser contemplados, colocados na forma de problemas a serem resolvidos, para que se chegue a uma solução final, ou seja, o planejamento da amostragem. Esse autor apresenta as possíveis soluções, admitindo que os dados são ajustados por ambos os modelos, isotrópico e anisotrópico. Além disso, constrói tabelas para o risco do plano, admitindo-se que o modelo teórico linear se ajusta aos dados da pré-amostragem, determinando esse risco, para os dois formatos de malha mais eficientes, o quadrado e o retangular. O risco é calculado em função do efeito pepita do modelo, do tamanho n da amostra e do tipo de malha (quadrada ou retangular).

Basicamente, a sequência de procedimentos ou métodos que serão adotados nesse trabalho segue a mesma linha proposta por Oliveira (1991), ressaltando-se que, como não se conhece à priori, o modelo que melhor se ajusta aos dados, gerados pela pré-amostragem, tem-se que ter cautela na construção dessa primeira malha de amostragem para que se obtenha uma estimativa, a mais precisa possível, do efeito pepita, condicionante importante na determinação do risco do plano, para efeito de mapeamento da região R.

O plano de amostragem será realizado em solos podzólicos na Estação Experimental de Pindorama do Instituto Agrônomo. A pré-amostragem a ser adotada nesse trabalho estará condicionada ao levantamento topográfico, às informações já conhecidas da região, no tocante aos parâmetros de interesse que serão medidos e ao conhecimento dos técnicos que têm atuado na área. O tamanho dessa pré-amostra será em torno de no mínimo 70 pontos, sendo que haverá uma maior intensidade da amostragem nas direções onde se espera maior variabilidade dos dados.

Referências Bibliográficas

BURGESS, T. M.; WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I. The semi-variogram and punctual kriging. **Journal of Soil Science**, v. 31, p. 315-331, 1980.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1987. 193 p.

CAMARGO, E. C. G. **Módulo de procedimentos geoestatísticos para o sistema de processamento de informações geo-referenciadas (SPRING) baseado em técnicas de krigagem**. 1997. 108 f. Tese (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CARVALHO, J. R. P. de; SILVEIRA, P. M. da; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, ago. 200.

CHITOLINA, J. C.; PRATA, F.; SILVA, F. C. da; MURAOKA, T.; VITTI, A. C. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de solo para análise de fertilidade. In: SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1977, 428 p.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. How many observations are needed for regional estimation of soil properties? **Soil Science**, Baltimore, v. 135, n. 3, p. 177- 183, 1983.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, p. 1246-1266, 1963.

MATHERON, G. **The theory of regionalized variable and its application**. Fontainebleau: Centre de Geostatistique, 1971. (Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique, n. 5).

NICOLELLA, G. **Avaliação do risco de contaminação do lençol freático, pelo herbicida tebuthiuron em cultura de cana-de-açúcar, utilizando geoestatística e simulador CMLS**. 1999. 149 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W.; ERH, K. T. Spatial variability of field-measured soil-water properties. **Hilgardia**, v. 42, n. 7, p. 215-259, 1973.

OLIVEIRA, M. S. de. **Planos amostrais para variáveis espaciais utilizando geoestatística**. 1991. 100 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SALVIANO, A. A. C. **Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba, SP**. 1996. 91 f. (Tese Doutorado) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 1-10, 1997.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v. 38, p. 45-94, 1985.

VIEIRA, S. R. **Spatial variability of field-measured infiltration rate**. 1979. 79 p. Thesis (Master Science) - University of California, David.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. 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.; MYERS, D. E. Optimization of sampling locations for variogram calculations. **Water Resources Research**, v. 23, n. 3, p. 496-500, 1987.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. **Advances in Soil Science**, v. 3, p. 1-70, 1985.

WEITZ, A.; BUNTE, D.; HERSEMANN, H. Application of nested sampling technique to determine the scale of variation in soil physical and chemical properties. **Catena**, v. 20, p. 207-214, 1993.

YATES, F. **Sampling methods for censuses and surveys**. 4th ed. London: Charles Griffin, 1981. 458 p.



Informática Agropecuária