

**AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE AMBIENTAL E AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO NO DIMENSIONAMENTO DA MALHA AMOSTRAL PARA NUTRIENTES  
EM UM LATOSSOLO BRUNO COM BASE GEOESTATÍSTICA**

**JONATAM REIS DOS SANTOS<sup>1</sup>, LUCIANO GEBLER<sup>2</sup>, CÉLIA REGINA GRECO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Estudante de agronomia, Universidade de Caxias do Sul, Campus de Vacaria-RS

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo. Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Prof. Mestre Curso de Agronomia, UCS, Vacaria-RS,  
[lugebler@cnpuv.embrapa.br](mailto:lugebler@cnpuv.embrapa.br)

<sup>3</sup>Eng. Agrônoma, Doutora., Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por satélites, Campinas – SP.

**Apresentado no  
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ConBAP 2010  
Ribeirão Preto – SP, 27 a 29 de Setembro 2010**

**RESUMO:** O espaçamento escolhido para o grid de amostragem pode estar afetando a correta compreensão da variabilidade ambiental do solo agrícola. Apesar da existência de técnicas que permitem a inferência de quais procedimentos possam ser utilizados para seu dimensionamento, o critério econômico vem sendo usado pelos clientes da agricultura de precisão como o parâmetro orientador. Uma vez que o produtor visa o máximo de lucratividade da área, e quer evitar gastos desnecessários, o melhor planejamento do processo de amostragens passa a ser fundamental para o sucesso da AP. O trabalho visa demonstrar que com técnicas de geoprocessamento é possível obter a informação da variabilidade do local pelo auxílio no correto dimensionamento e orientação dos grids de amostragem, segundo uma proposição técnica, porém condizente com a econômica.

**PALAVRAS CHAVE:** variabilidade ambiental, grids de amostragem, geoestatística.

**ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL VARIABILITY AND AID TO DECISION  
MAKING IN THE MESH SIZING SAMPLE FOR NUTRIENTS ON AN OXISOL  
BASES GEOSTATISTICS**

**ABSTRACT:** The grid spacing chosen for the sampling may be affecting the correct understanding of the environmental variability of agricultural soil. Despite the existence of techniques that allow the inference procedures which can be used to its size, the economic criterion has been used by customers of precision agriculture as the guiding parameter. Once the producer seeks maximum profits in the area, and want to avoid unnecessary expenses, the better process planning of sampling becomes crucial to the success of AP. The paper demonstrates that with GIS techniques, it is possible to obtain information from the variability of the site for his help in proper design and orientation of the sampling grids, according to a technical proposition, but consistent with the economy.

**KEYWORDS:** environmental variability, design of grids, expedient methods

**INTRODUÇÃO:** O termo Agricultura de Precisão (AP) engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo de solo, insumos e culturas, de modo adequado às variações espaciais e temporais em fatores que afetam a produtividade das mesmas (TSCHIEDEL et al, 2002). Tratar o tema AP de forma genérica seria um erro. Assim, diversos fundamentos e ferramentas devem ser analisados conjuntamente, dependendo de condições e necessidades de cada produtor, do problema foco, da capacidade de investimento, do nível tecnológico, do nível educacional do

produtor, dentre outras. Porém todos estes fatores são fortemente influenciados pela variabilidade do solo no ambiente agrícola, onde será desenvolvida a atividade fim. (RAMBO, 2010). Segundo MOLIN (2002), tradicionalmente os agricultores tem feito a amostragem de solo de uma determinada área e uniformizam as sub-amostras em uma única, que passa a representar as características de fertilidade daquela área, assumida como uniforme. Com base nessa interpretação, fazem a aplicação de quantidades uniformes de fertilizantes, defensivos e sementes. No entanto é sabido que as propriedades do solo variam de local para local dentro dessa mesma área. E a viabilização da atividade, com a obtenção de lucro satisfatório, está sempre em risco em decorrência de fatores geralmente incontroláveis, que definem a produção agrícola. Portanto, a aplicação dos recursos disponíveis de forma eficiente é indispensável como garantia de sucesso (SILVA et al, 2003). Para que isso possa acontecer, é importante a obtenção de informações e sua correta interpretação sobre os fatores de produção na lavoura e como eles podem ser maximizados. Assim, garantir a representatividade de uma amostra se torna preponderante para um trabalho de AP, considerando a variabilidade intrínseca envolvida para cada solo. Logo a compreensão da importância na definição do tamanho do grid de amostragem é fundamental, pois mesmo um número de amostras considerado grande para uma situação, pode acabar sendo insuficiente para muitas outras. Apesar de visualmente ser possível compreender a variabilidade ambiental em um mapa e obter um indicativo de sua distribuição, somente técnicas mais apuradas como a geoestatística pode determinar com eficiência o posicionamento dos pontos de coleta na área, incluindo aí a melhor conformação espacial do grid amostral. Ao empregar a análise geoestatística, é esperado, segundo VIEIRA (2000), que medições localizadas próximas sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias. Para tanto, deve-se calcular a semivariância e construir os semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca. A semivariância é estimada pela equação 1:

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

em que N(h) é o número de pares dos valores medidos  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i+h)$ , separados por um uma distância h. Quando ocorre o aumento da semivariância  $\gamma(h)$  com a distância h até um valor máximo, no qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância limite que é o alcance, a dependência espacial existe e deve ser considerada. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance terão distribuição aleatória, indicando independência entre si após o alcance.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho de pesquisa foi efetuado no campus universitário de Vacaria sendo que a área do ocupada foi de 112,5 X 75 equivalentes a 8437,5m<sup>2</sup>, simulando um sistema de grids, dividido em quadrados de 12,50 x 12,50 metros de lado, num total de 156,25 m<sup>2</sup>, demarcados a campo com auxílio de equipamentos para medição topográfica (teodolito, trena, régua, balizas). Nesta área, em cada vértice dos quadrados que formavam o grid, foram coletadas 63 amostras simples de solo em campo nativo, numa profundidade de 0-10 cm, para posterior análise de solo, executada pelo laboratório de química e fertilidade de solo da UCS, em Caxias do Sul. Optou-se por utilizar o sistema comercial de laboratórios, de forma a estabelecer que os erros que houvessem fossem atribuídos somente ao trabalho em campo. Após a obtenção dos dados, executou-se sua análise exploratória, que foi feita por meio da estatística descritiva pelo programa STAT segundo VIEIRA et al. (2002), com o intuito de verificar principalmente a existência de valores discrepantes, o comportamento da distribuição de frequência e a porcentagem de variação de um mesmo conjunto de dados em três grades amostrais (12,5x 12,5m; 25x25m; 50x50m). Os dados de química do solo amostrados em 63 pontos foram estruturados em três grades amostrais, variando a distância entre pontos: 63 pontos na grade de 12,5 x 12,5m; 32 pontos na grade de 25 x 25 m e 6 pontos na grade de 50 x 50m. Buscou-se investigar a resposta de dependência espacial com o aumento do espaçamento da grade, com o intuito de saber se a dependência espacial continua a mesma ou não em cada dimensão. A análise geoestatística foi utilizada para verificar a existência de dependência espacial das variáveis em cada grade amostral segundo VIEIRA (2000); VIEIRA et al (2002) e VIEIRA et al (2008). Os programas computacionais utilizados e procedimentos para construção

e ajuste do modelo do semivariograma foram desenvolvidos por VIEIRA et al. (2002). Para a variável cujo o semivariograma identificou a estrutura de dependência espacial, pode-se estimar valores para qualquer outro local não amostrado dentro da área experimental, usando-se a krigagem ordinária, que segundo VIEIRA et al. (2002), estima os valores com condições de não tendenciosidade e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, ou seja, com variância mínima. Valores de peso foram associados com a minimização da variância e foram estimados valores no espaço amostrado. Com os valores estimados considerando dependência espacial, ou seja, os parâmetros de ajuste dos semivariogramas, foram construídos mapas de isolinhas no programa Surfer 7.0 (GOLDEN SOFTWARE, 1999) em função da coordenada geográfica arbitrária.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** Os semivariogramas que apresentaram dependência espacial foram ajustados com o modelo matemático de melhor correspondência. A maioria dos dados apresentou ajuste esférico, mas foi encontrado também ajuste exponencial. Foi calculado o grau de dependência espacial (GD), que é a proporção em percentagem da variância estrutural ( $C_1$ ) em relação ao patamar ( $C_0+C_1$ ) (equação 2), sendo, segundo ZIMBACK (2001), dependência fraca <25%, dependência moderada de 26 a 75 e dependência forte > 75%. Dentre os parâmetros da análise de solo que apresentaram dependência espacial em mais de uma alternativa de dimensionamento de grid, os teores de potássio (K), argila, alumínio (Al), pH e CTC, se destacaram. Outros parâmetros importantes, como os teores de fósforo, não apresentaram a dependência desejada, apesar de visualmente, por meio de mapeamento e interpolação dos resultados permitir uma indicação de um comportamento de dependência. Ao analisar os dados finais, é possível notar a existência de uma mancha de melhor fertilidade no lado direito inferior, principalmente referente ao potássio. Com o aumento da distância, ao dobrar a distância da grade amostral, a dependência espacial diminuiu consideravelmente. De 25x25 ainda foi possível encontrar dependência espacial para algumas variáveis (K, Argila e CTC), mas para 50x50 não foi encontrada nenhuma dependência espacial entre nenhum parâmetro. Isto aponta para a necessidade da correta avaliação do dimensionamento e posicionamento do grid na área. Os mapas e os semivariogramas que apresentaram dependência para dois dos grids escolhidos foram apresentados nas figuras 1 e 2. Desta forma se recomendaria que o grid fosse orientado segundo sua necessidade, baseado na recomendação do parâmetro orientador, que no caso de fertilizantes, os escolhidos poderiam ser os teores de potássio, CTC e de argila no solo; para condicionante de solo, o alumínio e o pH; para irrigação novamente os teores de argila. Mesmo se esta recomendação sofresse restrição econômica, ela demonstra que poderia ser corretamente direcionada e dimensionada (no caso de análise somente para fertilidade, reduzir os pontos de amostragem em 50% na área) com base nos dados geoestatísticos, obtendo ainda razoável eficiência da obtenção dos dados e monitoramento do grid.

Portanto, ao seguir estas orientações fica demonstrado que para os parâmetros potássio, CTC e argila, pode-se dobrar o espaçamento do grid de 12,5X12,5m para 25X25 metros mantendo a dependência espacial e sua representatividade, atendendo também o critério econômico na coleta de amostras de solo. Para os demais, desconsiderando o fósforo, que não apresentou representatividade nas dimensões estudadas, a análise somente poderia ser considerada de precisão, mesmo que à custa do critério econômico, se fosse aplicado um grid de 12,5X12,5, acima da qual não houve sinal de dependência espacial.

**CONCLUSÕES:** Observou-se que a geoestatística tem a capacidade de fornecer o auxílio à tomada de decisão necessária para orientar a implantação do grid amostral. Na área a maior zona de fertilidade de potássio e maior CTC encontra-se em uma mancha abaixo e a direita dos mapas e que este detalhamento desaparece à medida que o grid é espaçado, perdendo a orientação da dependência espacial dos dados. Esta mancha ainda pode ser vista ao utilizar um grid com muito maior, atendendo ao critério econômico de redução de custos, porém para os demais parâmetros da análise de solo, esta relação não se repete. O elemento fósforo, apesar de sua importância agrônômica, não demonstrou dependência espacial na área com os tamanhos de grid testados.

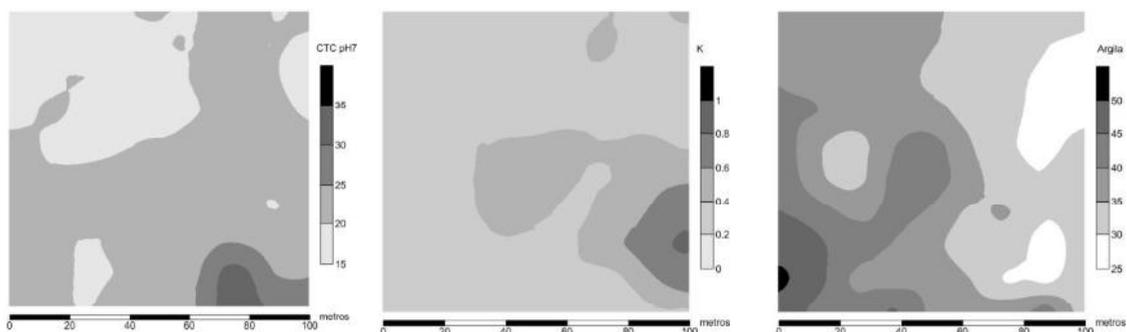


Figura 1: Mapas para variáveis com dependência espacial na grade de 12,5 x 12,5m

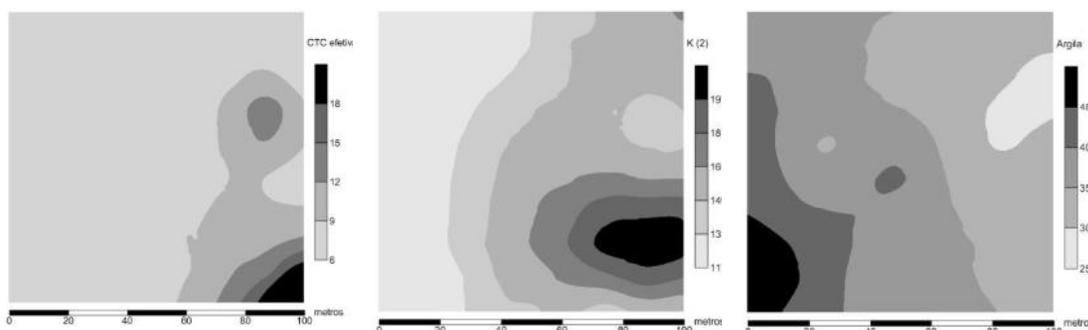


Figura 2: Mapas para variáveis com dependência espacial na grade de 25 x 25m

## REFERÊNCIAS:

- GOLDEN SOFTWARE - SURFER for windows. Release 7.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's guide. New York, Golden Software, 1999. 619p.
- MOLIN, J. P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3, 2002, Campinas. 9p
- RAMBO, L. Discutindo agricultura de precisão. Aspectos gerais. Disponível em: <[http://br.monografias.com/trabalhos900/agricultura-precisao\\_produtores/agricultura-precisao\\_produtores.shtml](http://br.monografias.com/trabalhos900/agricultura-precisao_produtores/agricultura-precisao_produtores.shtml)>. Acesso em 03 de maio de 2010.
- SILVA, C. B.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. Variabilidade econômica da agricultura de precisão: o caso do Paraná. In: XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2004, Cuiabá. XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural – Dinâmicas Setoriais e Desenvolvimento Regional, 2004.
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. P. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. Ciência Rural, Santa Maria, RS, v.32, n. 1, p.159-163, 2002.
- VIEIRA, S. R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R. F. (Ed.). TÓPICOS EM CIÊNCIA DO SOLO 1, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 3-87, 2000.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J. A.; TOPP, G. C. & REYNOLDS, W. D. Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters. In: ALVAREZ, V. H. (Ed.). TÓPICOS EM CIÊNCIA DO SOLO 2, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p 1-45, 2002.
- VIEIRA, S.R.; XAVIER, M. A; GREGO, C. R. Aplicações de geoestatística em pesquisa com cana-de-açúcar. In: MIRANDA-DINARDO, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A (Eds.). CANA-DE-AÇÚCAR, Campinas: Instituto Agrônomo. 2008. p. 839- 852.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise especial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo.** Botucatu, Unesp, 2001, 114p. Tese de livre docência.