

---

## VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS ÁCIDOS DE UM SOLO CULTIVADO COM MILHO

**José A. dos SANTOS<sup>1</sup>; Cleber K. de SOUZA<sup>2</sup>**

### RESUMO

Com o objetivo de verificar a variabilidade espacial em uma área cultivada com milho no IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes foi demarcada uma área em grid regular espaçada de 30m x 30m totalizando 86 pontos amostrais. As amostras de solo foram enviadas ao laboratório de análise de solo do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes para determinação das variáveis pH, Al e H+Al. Os dados foram submetidos a análise estatísticas descritiva e geoestatística. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial, caracterizada pelo ajuste dos modelos de semivariograma.

### INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão busca gerenciar os recursos disponíveis, enfatizando o aumento na produtividade e mantendo ou reduzindo a quantidade de insumos. Entre as técnicas para a aplicação em taxa variável, está aquela baseada na recomendação de um insumo em função da variabilidade espacial da oferta ambiental (MOLIM, MASCARIM, VIEIRA JÚNIOR, 2006)

A utilização de ferramentas de agricultura de precisão permite uma valorização da variabilidade espacial dos atributos do solo e a possibilidade de manejá-la, visando aumentar a eficiência técnica e econômica do uso de insumos (SANTI et al. 2009) Nesse contexto, de acordo com Santi et al. (2012), a utilização do conjunto de tecnologias de Agricultura de Precisão (AP) deve ser vista como uma

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma, Bolsista CAPES do Programa Jovens Talentos para a Ciência, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes/MG E-mail: adriano.santos01@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor/Pesquisador, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG – E-mail: cleber.souza@ifsuldeminas.edu.br

moderna técnica de gerenciamento dos atributos do solo em uma determinada área, fornecendo subsídios para o adequado aprimoramento do manejo e maximização da eficiência dos recursos produtivos, alicerçado no manejo localizado e no respeito à variabilidade existente no campo.

Assim, conhecer a variabilidade espacial dos atributos do solo, permite implantar o manejo em sítio específico ou em taxa variada com possíveis reduções nos custos de produção. No entanto, os benefícios econômicos da aplicação de novas tecnologias variam em função da cultura, da heterogeneidade do solo, mão-de-obra capacitada e outras variáveis pouco controláveis, como o clima (DURIGON, DILL, 2007).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi verificar a variabilidade espacial dos atributos acidez ativa, acidez trocável e acidez potencia de um solo cultivado com Milho silagem no município de Inconfidentes-MG.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido na área de cultivo de milho silagem da Fazenda escola do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes - MG, altitude 869 m, latitude - 22° 19' 01", longitude 46°19'40". O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO eutrófico (SOUZA, 2015), predominante argiloso.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é o Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (JÚNIOR et al., 2014).

A área foi demarcada em grid regular de 30m x 30m com auxílio de um GPS (Figura 1) totalizando 86 pontos georreferenciados. Em cada ponto foram coletadas 10 amostras simples, para composição de uma composta, respeitando um raio de 5 metros em torno do ponto. As amostras foram identificadas e submetidas ao Laboratório de Solos do IFSULDEMINAS-Campus Inconfidentes para determinação das variáveis pH,  $Al^{3+}$  e H+Al.

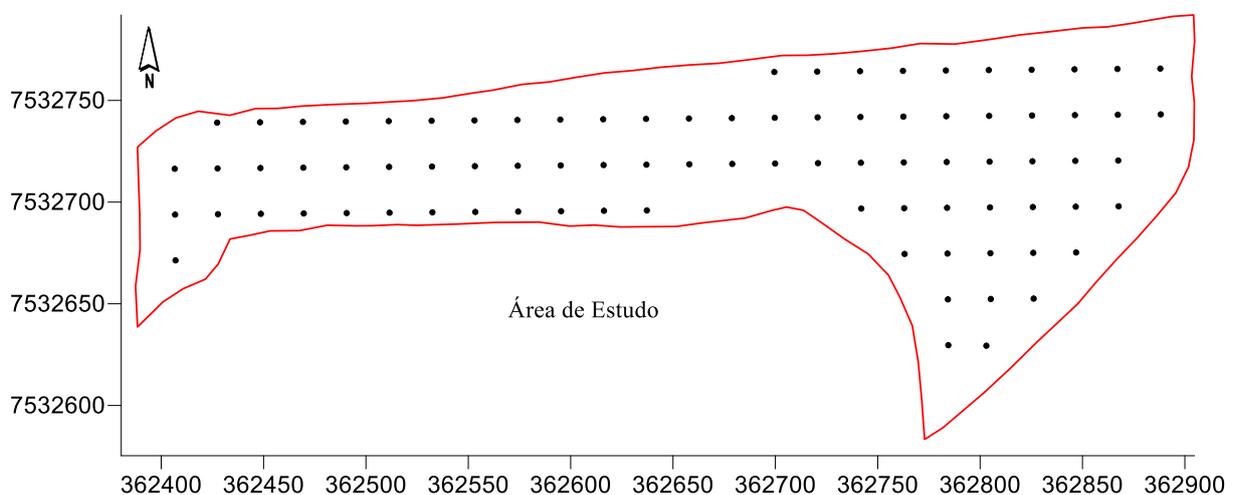
Com os dados obtidos em cada ponto amostral referentes as variáveis analisadas, calcularam-se os parâmetros estatísticos básicos (média, variância, desvio-padrão, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos, assimetria e curtose), utilizando-se o GEOSTAT a partir do software STAT conforme descrito por Vieira et. al (2002).

Para analisar a variabilidade espacial, os dados foram analisados através de métodos geoestatísticos de análise de semivariogramas partindo das

pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca. A autocorrelação espacial entre locais vizinhos foi calculada através da semivariância  $\gamma(h)$  conforme Equação 1.

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

em que  $N(h)$  é o número de pares de valores medidos  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i+h)$ , separados por um vetor  $h$ .



**Figura 1** – Grid amostral da área em estudo.

O cálculo da equação 1 gera valores de  $\gamma(h)$  correspondentes a distâncias  $h$  e, segundo Vieira (2000), é esperado que medições realizadas em locais próximos sejam mais parecidas entre si do que aquelas separadas por grandes distâncias. Dessa forma, a  $\gamma(h)$  aumenta com a distância até um valor máximo, a partir do qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância-limite de dependência espacial, que é o alcance.

Os ajustes dos modelos experimentais ao semivariograma basearam-se no maior valor do coeficiente de determinação e no menor valor da raiz quadrada do erro médio. Com os modelos ajustados para os semivariogramas, utilizou-se o teste de jackknifing para verificar se as estimativas dos parâmetros dos semivariogramas estavam adequados (VIEIRA, 2000). Além disso, observaram-se em cada modelo os menores valores da raiz quadrada do erro médio quadrático (RMSE) e o maior

coeficiente de determinação ( $R^2$ ). A análise geoestatística foi realizada com o conjunto de softwares GEOSTAT (VIEIRA et al., 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

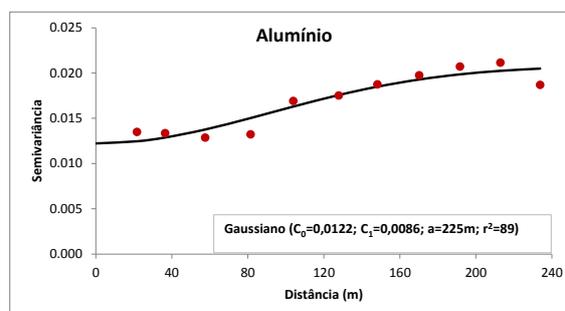
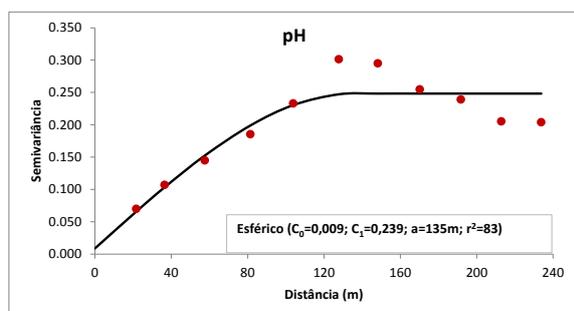
Os resultados da estatística descritiva para as variáveis estudadas estão apresentadas no Quadro 1. De acordo com o critério de classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick & Nielsen (1980), observa-se que o pH apresenta valores baixos, Al muito alto e H+Al alto valores de CV.

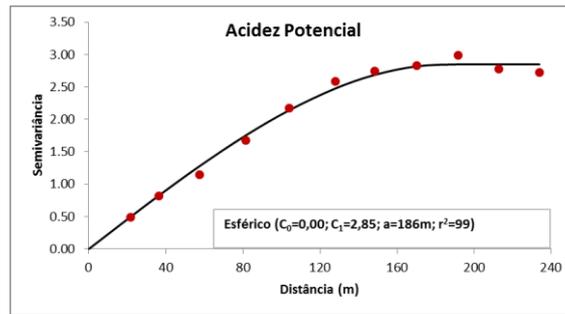
A amplitude dos valores fornece uma ideia da variação dos dados. Assim, é importante vincular os valores médios, com os pontos de mínimos e máximos, alertando para a possibilidade de sub ou superestimação dos valores; valores extremos poderiam encontrar-se concentrados em determinados locais do campo não é percebido na análise descritiva, quando se procede a amostragem tradicional.

**Quadro 1.** Parâmetros estatísticos para as variáveis estudadas

	pH	Al	H+Al
Pontos amostrados	86	86	86
Média	5,80	0,06	4,70
Variância	0,19	0,02	2,15
Desvio Padrão	0,44	0,15	1,46
Coeficiente de Variação (%)	7,66	223,2	31,22
Mínimo	4,80	0,00	1,17
Máximo	7,83	0,80	8,47
Assimetria	1,80	3,25	0,09
Curtose	6,54	11,5	-0,28

Na Figura 2 são apresentados os modelo ajustados de semivariograma para as variáveis estudadas, nesta nota-se que todas as variáveis apresentaram dependência espacial, a qual é expressa por meio do ajuste dos modelo Esférico (pH e H+AL) e gaussiano para a variável Al.





**Figura 2** – Semivariogramas ajustados para as variáveis estudadas.

A partir da análise dos modelos nota-se que o alcance (a) foi maior que o espaçamento amostral, indicando correlação entre as amostras. Deste modo, o alcance da dependência espacial é um parâmetro importante para a interpretação dos semivariogramas uma vez que indica a máxima distância onde os pontos estão correlacionados entre si, ou seja, quanto maior o alcance, maior a homogeneidade entre as amostras.

Neste estudo, foram observados alcances de 135m, 225m e 186m para pH, Al e H+Al, respectivamente, mostrando que a distância de 30m x 30m foi suficiente para expressar a variabilidade espacial para essas variáveis.

## CONCLUSÕES

É verificada dependência espacial para todas as variáveis estudadas por meio do ajuste de modelo de semivariograma.

O pH apresentou o menor valor de alcance indicando maior dependência espacial quando comparado com o Al e o H+Al.

## REFERÊNCIAS

DURIGON, Reges; DILL, Paulo J. **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. Santa Maria, 2007.

JÚNIOR, Sá et al. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2014

MOLIN, José P.; MASCARIN, Leonardo S.; VIEIRA JÚNIOR, Pedro A. Avaliação de intervenções em unidades de aplicação localizada de fertilizantes e de populações de milho. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 528-536, 2006.

SANTI, Antônio Luis et al. Distribuição horizontal e vertical de fósforo e potássio em área manejada com ferramentas de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**-maio/junho de, v. 2012, p. 19.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. **Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data.** In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.1-45.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. cap. 2, p. 319-344.