

# AValiação dos Teores de Fósforo em Solo sob Pastagem Considerando a Variabilidade Espacial

Gustavo Soares de Souza<sup>1</sup>, Samuel de Assis Silva<sup>2</sup>, Julião Soares de Souza Lima<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia, CCA-UFES, Deptº Engenharia Rural, Caixa Postal 16, CEP: 29500-000, Alegre-ES, e-mail: [gdsouza@hotmail.com](mailto:gdsouza@hotmail.com)

<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, CCA-UFES, Deptº Engenharia Rural, Alegre-ES, e-mail: [samuel-assis@hotmail.com](mailto:samuel-assis@hotmail.com)

<sup>3</sup>Prof. Orientador, CCA-UFES, Deptº Engenharia Rural, Alegre-ES, e-mail: [limajss@hotmail.com](mailto:limajss@hotmail.com)

**Resumo-** O solo apresenta variabilidade espacial em suas características químicas e físicas, sendo seu conhecimento necessário para que a amostragem do solo para fins agrícolas represente com exatidão a sua fertilidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de fósforo na área segundo o método convencional de amostragem (zigue-zague) e da distribuição espacial em pontos de amostragem em uma malha regular de 64 pontos, espaçados de 10 m. O experimento foi realizado em uma pastagem de *Brachiaria decumbens* com seis anos de implantação, na Escola Agrotécnica Federal de Alegre - ES, em um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo. As amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0-0,20m. Foram realizadas análises de estatística clássica e geoestatística. O atributo fósforo apresentou forte dependência espacial. Constatou-se maior concentração do nutriente na região central da área. Comparando os métodos de amostragens, observou-se que o valor médio do fósforo não representa bem a população e que 54% da área apresenta teores maiores que o encontrado no método convencional. A caracterização de zonas de manejo permite o melhor entendimento da variabilidade espacial, permitindo a realização de um manejo localizado, de forma a otimizar os recursos utilizados.

**Palavras-chave:** geoestatística, zonas de manejo, amostragem do solo

**Área do Conhecimento:** Agronomia

## Introdução

Os solos tropicais apresentam diversos problemas que levam à redução da produtividade das culturas, sendo uns destes o baixo nível de fertilidades.

A utilização de áreas com pastagens tem assumido destaque pela elevada proporção que tem ocupado em relação ao total das áreas agrícolas, e devido às estimativas apontarem que a maioria das áreas degradadas encontra-se sob pastagens (AZEVEDO, 2004), apresentando esta prática baixo rendimento, em função, principalmente, do desgaste do solo, necessitando suprir suas limitações de nutrientes com o uso de fertilizantes e corretivos.

O fósforo (P) é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (NOVAIS e SMYTH, 1999). Os solos brasileiros são carentes de P, em consequência do material de origem e da forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991).

O solo apresenta variabilidade espacial que ocorre tanto em suas características químicas, como nas físicas, mesmo em uma área aparentemente uniforme. O conhecimento dessa variabilidade é necessário para que a amostragem do solo para fins agrícolas represente com exatidão a sua fertilidade. Duas formas principais de amostragem experimental podem ser utilizadas: a inteiramente casualizada, na qual cada

observação é independente das demais, e a regionalizada, em que a coleta é feita de acordo com um plano espacial determinado (REICHARDT et al., 1986).

A análise da distribuição espacial dos atributos do solo possibilita a distinção de regiões com menor e maior variabilidade e a geração de mapas para aplicação diferenciada de insumos agrícolas, levando-se em conta a quantidade de nutrientes necessária ao ótimo desenvolvimento do cultivo e a quantidade disponível em diferentes áreas do talhão (variabilidade espacial), promovendo a produtividade máxima, melhor uniformização da produção e maior eficiência e otimização dos recursos utilizados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de fósforo na área em função da sua variabilidade espacial e compará-los com o método convencional de amostragem.

## Materiais e Métodos

O experimento foi realizado em uma área de pastagem da Escola Agrotécnica Federal de Alegre - ES, apresentando clima tropical, com precipitação média anual de 1.200 mm. O relevo tem declividades variando de 30° a 45°. A área experimental é cultivada seis anos com *Brachiaria decumbens*, em substituição à vegetação nativa. O solo do local foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 1999).

Foi instalada uma malha (*grid*) de pontos espaçados de 10 m, totalizando 64 pontos amostrais georreferenciados (GPS). As amostras foram coletadas na profundidade de 0-0,2 m, no cruzamento das linhas do *grid*.

Para a recomendação, segundo método de convencional de amostragem, foram escolhidos aleatoriamente 20 pontos na área dispostos em zigue-zague, para formar uma amostra composta. As amostras também foram coletadas na mesma profundidade e encaminhadas para o laboratório.

O atributo do solo analisado foi o fósforo (P) conforme metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

Os dados foram, primeiramente, avaliados pela análise exploratória, calculando-se a média, valores máximo e mínimo, mediana, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, desvio padrão e o teste da normalidade dos dados Shapiro - Wilk's, ao nível de 5% de probabilidade, pelo *software* Statistica 6.0 (STATSOFT, 2001).

Em seguida, foi utilizada a geoestatística para o estudo da dependência espacial, considerando o ajuste do semivariograma escalonado pela variância dos dados, conforme a equação (VIEIRA, 2000), utilizando-se o programa GS<sup>+</sup> (ROBERTSON, 1998):

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

em que:  $\gamma^*$  é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados  $Z(x_i)$ ,  $Z(x_i + h)$ ;  $h$  é a distância entre pontos amostrais; e  $N(h)$  é o número total de pares de pontos possíveis.

O ajuste dos modelos teóricos de semivariogramas possibilitou definir os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0+C$ ), contribuição ( $C$ ) e alcance ( $a$ ) e índice de dependência espacial (IDE).

O IDE, que é a razão entre a contribuição ( $C$ ) e o patamar  $[C/(C_0+C)]*100$ , foi classificado por Zimback (2001), em: baixa ( $IDE \leq 25\%$ ), moderada ( $25\% < IDE \leq 75\%$ ) e forte ( $IDE > 75\%$ ).

A elaboração de mapas de distribuição espacial do atributo foi feita com base na interpolação dos dados (krigagem ordinária). O mapa foi importado para o *software* IDRISI 32 (CLARCK LABS, 2000), onde foi reclassificado com base no valor da amostra convencional. Os mapas finais foram confeccionados no *software* SURFER (1999) que permite um melhor acabamento gráfico.

## Resultados

Os valores obtidos da análise exploratória dos dados de fósforo (P) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva dos 64 pontos analisados na profundidade de 0-0,2 m

Atributos	P (mg dm <sup>-3</sup> )
$\bar{x}$	1,65
Md	1,00
s	0,79
Mín.	1,00
Máx.	3,00
CV	47,88
C <sub>s</sub>	0,73
C <sub>k</sub>	-1,00
W (p-valor)	0,00*

$\bar{x}$ -média; Md- mediana; s- desvio padrão; Máx.- máximo; Mín.- mínimo; CV- coeficiente de variação; C<sub>s</sub>- Coeficiente de assimetria; C<sub>k</sub>- coeficiente de curtose; \*- distribuição não normal pelo teste de Shapiro-Wilk's.

O valor médio da amostra composta gerada pelas 20 amostras em zigue-zague foi de 1,55 mg dm<sup>-3</sup>.

Os valores obtidos da análise geoestatística dos dados de fósforo (P) estão na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros e modelo do semivariograma escalonado ajustado na análise espacial, com os 64 pontos na profundidade de 0-0,2 m

Parâmetros	P (mg dm <sup>-3</sup> )
Modelo	Esférico
C <sub>0</sub>	0,12
C <sub>0</sub> +C	1,30
a (m)	33,10
IDE	0,91
R <sup>2</sup>	0,99

C<sub>0</sub> - Efeito Pepita; C<sub>0</sub>+C - Patamar; a - Alcance; IDE - Índice de Dependência Espacial; R<sup>2</sup> - Coeficiente de Determinação.

A Figura 2 apresenta o ajuste do semivariograma escalonado para o atributo P na profundidade de 0-0,2 m, considerando distribuição isotrópica.

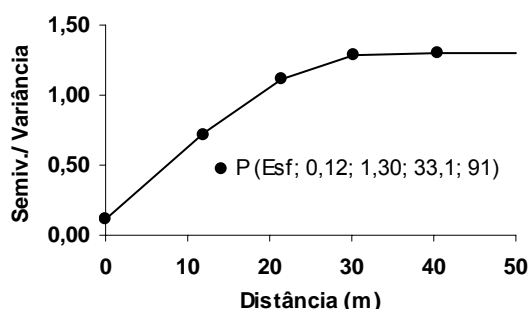


Figura 2. Semivariograma escalonado (modelo,  $C_0$ ,  $C_0+C$ ,  $a$ , IDE) do teor de P no solo sob pastagem, Esf: modelo esférico,  $C_0$ : efeito pepita,  $C_0+C$ : patamar e IDE: índice de dependência espacial.

Com base nos parâmetros espaciais encontrados, foram interpolados os valores pelo método de krigagem ordinária, estimando valores em locais não amostrados, e construindo o mapa de isolinhas. (Figura 3 e 4).

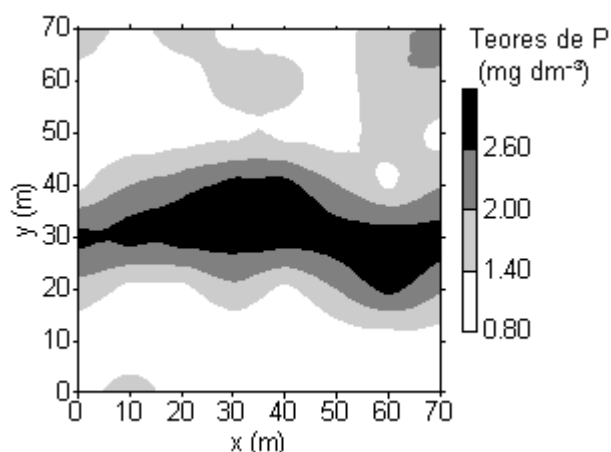


Figura 3. Distribuição espacial dos teores de P na área em estudo na profundidade de 0-0,2 m.

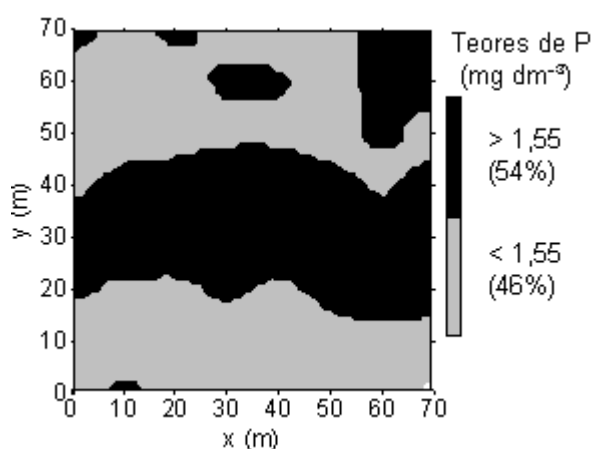


Figura 4. Mapa da área experimental apresentando locais de teores maiores e menores que o observado no método convencional (ziguezague).

## Discussão

Pode-se observar no resultado obtido pelo método convencional de amostragem um teor de P de  $1,55 \text{ mg dm}^{-3}$ , sendo classificado como baixo ( $P < 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), conforme Prezotti et al. (2007).

Observou-se na análise dos 64 pontos amostrais que o atributo em estudo apresenta coeficiente de assimetria positivo, indicando a mediana maior que a média. Foi encontrado valor positivo para o coeficiente de curtose, ou seja, ocorre uma maior concentração de valores em torno da média.

O teste de Shapiro - Wilk's indicou distribuição não normal. Segundo Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística e sim que os dados não apresentem uma calda alongada na distribuição, como o ocorrido.

O atributo em estudo apresentou alta variabilidade para o coeficiente de variação de 47,88%. De acordo com a classificação proposta por Wilding e Dress (1983), o CV pode apresentar variabilidade baixa ( $CV < 15\%$ ), moderada ( $15\% < CV < 35\%$ ) e alta ( $CV > 35\%$ ).

A análise geoestatística mostrou que o fósforo (P) apresentou dependência espacial, sendo ajustado o modelo esférico às semivariâncias.

O efeito pepita ( $C_0$ ) é o parâmetro que indica a variabilidade não explicada, neste caso correspondeu a 12% da variabilidade dos dados. Conforme critérios estabelecidos por Zimback (2001), o IDE ( $> 75\%$ ) foi classificado como forte.

Foi encontrado o alcance de dependência espacial entre as amostras de 33,10 m. Vieira (2000) afirma que pontos coletados em distância maiores que o alcance são independentes, ou seja, para considerar uma coleta aleatória para o estudo deste atributo, deve-se considerar esta distância.

O mapa da distribuição espacial dos teores de P na área estudada (Figura 3) foi confeccionado com a estimativa de valores para locais não medidos (interpolação) através da krigagem ordinária. Constatou-se a maior concentração de nutrientes na região central da área, que apresenta toposequência convexa, reduzindo esses valores nas extremidades no sentido vertical. O atributo apresentou uma maior continuidade espacial no sentido horizontal.

Após reclassificação do mapa de distribuição espacial do P, foram calculadas áreas que apresentavam os teores maiores e menores que o encontrado na amostragem convencional ( $1,55 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Observou-se que 54% da área apresenta teores maiores que o encontrado na amostra composta. Além disso, percebe-se que esta variação não apresenta um comportamento regular, demonstrando que isso poderia influenciar

negativamente nos dados obtidos pela amostragem convencional, e indicando que a média dos dados não é a melhor estatística para representar a população dos dados. A análise espacial permitiu identificar regiões diferenciadas, o que não é obtido com a estatística clássica.

## Conclusão

1) O P apresentou forte estrutura de dependência espacial, o que permitiu o seu mapeamento, utilizando-se técnicas geoestatísticas.

2) A metodologia convencional de amostragem não mostrou a variabilidade de P existente na área, tendo como base uma aplicação homogênea de insumos, neste caso não permitiria otimizar os recursos usados.

## Referências

- AZEVEDO, E.C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004. 141 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- CLARK LABS. **Idrisi version I32.11 for Windows**. [S.1.]: Clark Labs. 2000. 1 CD-ROM.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.
- REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R.; LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, n.1, p.1-6, 1986.
- ROBERTSON, G. P. GS<sup>+</sup>: **Geostatistics for the environmental sciences - GS<sup>+</sup> User's Guide**. Plainwell, Gamma Desing Software, 1998. 152p.
- STATSOFT, Inc. **Statistica: data analysis software system, version 6**. 2001. CD-ROM.
- SURFER for windows. Realese 7.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. **User's Guide**. New York: Golden software, 1999, 619p.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-53.
- WILDING, L.P.; DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P. & DREES, L.R. (Eds.). **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York, Elsevier, 1983. p.83-116.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.