

## APLICAÇÃO DA GEOESTATÍSTICA EM DADOS DE CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS

APPLICATION OF GEOSTATISTICS IN DATA OF CATION EXCHANGE CAPACITY

SIBALDELLI, R.N.R.<sup>1</sup>; OLIVEIRA, M.C.N. de <sup>2</sup>. DA SILVA, E.F.<sup>3</sup>., CAPECHE, C.L.<sup>3</sup>., HISSA, H.R.<sup>3</sup>., MACEDO, J.R.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Curso de Especialização em Estatística – UEL – Londrina/Embrapa Soja

[rubson@cnpso.embrapa.br](mailto:rubson@cnpso.embrapa.br)

<sup>2</sup> Pesquisadora - Embrapa Soja, Londrina, PR.

<sup>3</sup> Pesquisadores - Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

### Resumo

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) é um importante atributo dos solos, pois a disponibilidade de nutrientes para as plantas é permitida através da propriedade de troca de cátions. O presente trabalho teve como objetivo identificar a dependência espacial da CTC e fazer uso das técnicas de Geoestatística para esta variável. O levantamento amostral foi realizado no município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, foram coletadas amostras de forma regionalizadas, com trado holandês, em uma malha regular, distando 900 metros para cada coordenada geográfica: norte e leste, esta malha foi idealizada com espaçamento de 50 metros, totalizando 273 amostras que após as análises iniciais foram reduzidas a 240 amostras, sem a presença de dados discrepantes. Os dados foram submetidos às análises descritivas exploratórias, com o uso do *box-plot*, testes de normalidade e gráficos de controle. Posteriormente, foram realizadas as análises geoestatísticas retirando-se as tendências linear e quadrática, determinação do semivariograma que melhor representa os dados, *krigagem* ordinária e construção de mapas da área amostral. Observou-se que a CTC possui dependência espacial e que o semivariograma que melhor representa os dados é o modelo exponencial. Através do mapa amostral pôde-se analisar a interpolação realizada por *krigagem*, representando satisfatoriamente a área amostral.

### Introdução

Rajj (1939) define a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) como a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso ou volume. Esse é um dos principais atributos dos solos, pois a disponibilidade de nutrientes para as plantas é permitida através dessa propriedade. A Estatística é o ramo da Matemática que trata da coleta, análise, interpretação e apresentação de um grupo de dados numéricos, já a Geoestatística é um ramo da Estatística que estuda variáveis regionalizadas. O início da Geoestatística ocorreu na década de 1950, na África, com dados de concentração de ouro, do engenheiro de minas Daniel G. Krige e do estatístico H. S. Sichel. A Geoestatística fornece técnicas para confecção de mapas com variáveis georreferenciadas, por meio do método de interpolação (*krigagem*). O objetivo deste trabalho foi identificar a dependência espacial de dados de CTC e selecionar o melhor modelo de ajuste, por meio de técnicas de Geoestatística.

### Material e Métodos

A área onde foi realizado o levantamento encontra-se ao Norte do estado do Rio de Janeiro, à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, no município de Campos dos Goytacazes, com as coordenadas geográficas 21°44'47"S e 41°18'24" O. Este levantamento fez parte do Projeto "Planejamento de uso das terras da Estação Experimental de Campos/PESAGRO-RIO, e subsídios ao manejo de irrigação" (Capeche et al., 1997).

As amostras de solo coletadas de forma regionalizadas possibilitaram a análise da direção da variabilidade da CTC ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), permitindo mapear essa variabilidade. A coleta foi realizada com trado holandês, em uma malha regular, distando 900 metros para cada coordenada geográfica: norte e leste. Essa malha foi idealizada com espaçamento de 50

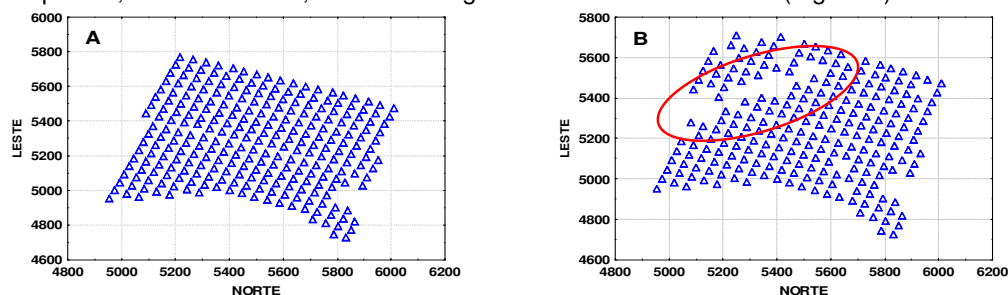
metros, totalizando 273 amostras, que após as análises iniciais foram reduzidas a 240, sem a presença de dados discrepantes.

As análises descritivas são extremamente importantes em trabalhos envolvendo análises de dados, pois deve-se comparar diferentes métodos e procurar aquele que melhor descreve os dados. Usando esta premissa foi realizada esta análise com o uso da estatística descritiva, *box-plot*, testes de normalidade e gráficos de controle. Após isso foram realizadas as análises geoestatísticas, retirando-se a tendência linear e quadrática, determinando-se o semivariograma que melhor representa os dados, *krigagem* ordinária (interpolação dos dados) e construção de mapas da área amostral.

Utilizou-se o programa Statistica (2004) para as análises descritivas e exploratórias, o programa Surfer (mar 26.2010) para geração de mapas e o pacote de programas GEOEST (Sidney Rosa Vieira, 2002) para as análises geoestatísticas (inclusive para a *krigagem*).

## Resultados e Discussão

Na avaliação exploratória espacial, foram detectados dados considerados discrepantes, em sua maioria, na mesma região de coleta das amostras (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa de amostragem em malha regular, com 273 amostras (a), na presença de dados considerados discrepantes; e de 240 amostras (b) sem a presença de dados considerados discrepantes, para a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), na camada de 0-20 cm do solo.

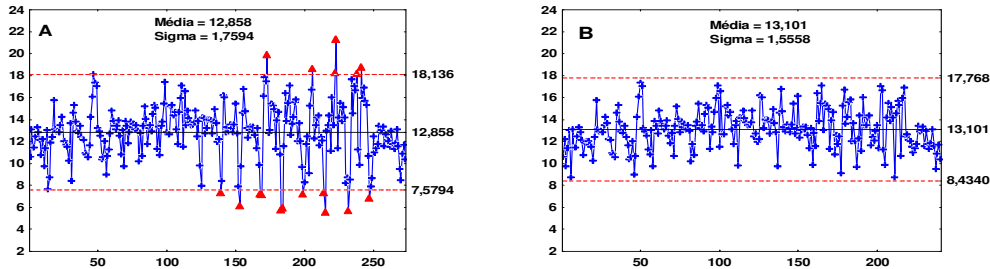
**Tabela 1.** Resultados das estatísticas descritivas para a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), 0-20cm do solo com e sem dados discrepantes.

Estatísticas	273 amostras		240 amostras	
Média	12,86		13,10	
Mediana	12,57		13,08	
Mínimo	5,55		8,72	
Máximo	21,30		17,32	
Variância	6,64		3,14	
Coefficiente de Assimetria	-0,24		0,06	
Coefficiente de Curtose	0,81		-0,13	
Desvio Padrão	2,58		1,77	
Coefficiente de Variação (%)	20,06		13,51	
Kolmogorov-Smirnov	d=0,0704	p<0,15000	d=0,0507	n.s.
Shapiro-Wilk	W=0,9782	p=0,00035	W=0,9916	p=0,187

Observou-se pelos resultados da Tabela 1, que a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), apresentou média e mediana com valores bem próximos; assimetria e curtose com valores próximos do ideal, isto é, do valor zero. Assim sendo os valores do conjunto de dados com 240 amostras foi considerado melhor. O valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov  $d = 0,0507$ , n.s., e do teste de Shapiro-Wilk tem valor de  $W = 0,9916$ , com  $p = 0,187$ , asseguraram a normalidade dos dados.

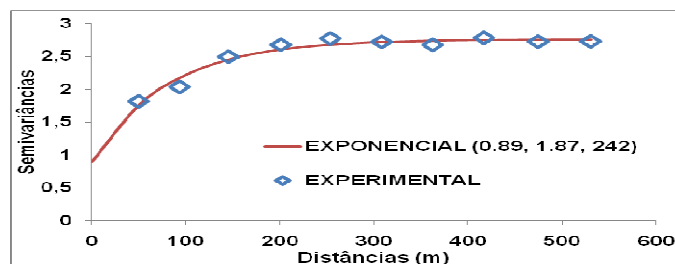
Quanto à distribuição dos dados, foram realizados os gráficos de *box-plot* e controle para auxiliar na decisão de retirada de dados considerados discrepantes. Como este último

teste apresentou um rigor mais apurado que o primeiro na observação dos dados decidiu-se por seguir a sua orientação (Figura 2).



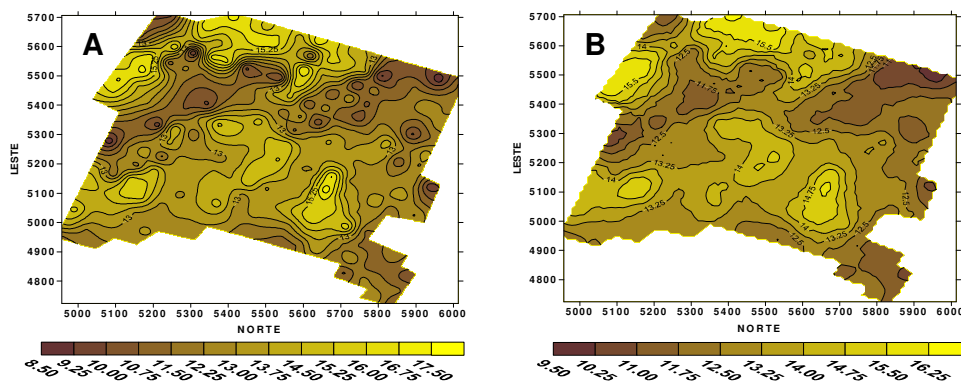
**Figura 2:** Gráfico de controle, com intervalo de segurança de  $3\sigma$ , para a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), na camada de 0-20 cm do solo, com 273 amostras (a), na presença de dados discrepantes e com 240 amostras (b), sem a presença de dados discrepantes.

Escolheu-se o modelo exponencial, apresentando o efeito pepita de 0,89, patamar de 1,87 e alcance de 242 metros (Figura 3), concordando com os trabalhos já realizados com as variáveis Cálcio, Silte e Argila, pertencentes a este mesmo banco de dados, por Capeche et al. (1997), Oliveira (2003) no caso do Cálcio, Santana (2008) e Santos (2011) no caso do Silte, e para a variável Argila por Rosa Neto (2009) e Shing (2011).



**Figura 3:** Semivariograma experimental ajustado ao Modelo Exponencial, para a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

A *krigagem* foi realizada levando-se em consideração sete vizinhos para cada ponto calculado. Os mapas abaixo (Figura 4) comparam os dados originais (Figura 4-a) com os resultados obtidos pela *krigagem* (Figura 4-b).



**Figura 4:** Mapa da área amostral, antes (a) e após a *Krigagem* (b), considerando o modelo exponencial, usando sete vizinhos para a variável CTC ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), na camada de 0-20 cm do solo.

Pôde-se observar na Figura 4-b que após o interpolador de krigagem houve uma suavização da superfície. Foi possível também visualizar os menores valores da CTC, exatamente no local onde após as enchentes das duas lagoas, a água se movimentou pelo meio da região (Talvegue), para a parte mais baixa do local experimental. Com o método geoestatístico foi possível reduzir o número de amostras numa região permitindo, também, conhecer o histórico de todos os macro e micronutrientes o que permite a instalação de outras culturas na região.

## Conclusões

- A análise exploratória detecta valores discrepantes permitindo melhor análise geoestatística;
- Os dados da CTC indicam dependência espacial;
- A Geoestatística permite detectar e demonstrar esta dependência e,
- O modelo com melhor ajuste é o modelo exponencial.

## Referências

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; MANZATTO, H. R. H.; SILVA, E. F. Caracterização pedológica da fazenda Angra – PESAGRO/RIO – Estação experimental de Campos (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 26. , 1997. Rio de Janeiro. **Informação de solos na verbalização do conhecimento sobre o uso das terras**: anais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, [1997]. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. C. N. de. **Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariâncias**: uma aplicação ao teor de cálcio no solo. 2003.140f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Edição Ceres, Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1939, 343p.

ROSA NETO, E. A. **Uso de Geoestatística no estudo espacial de dados e propriedades físicas em solos hidromórficos**. 2009. 30f. (Monografia) – Universidade Estadual de Londrina – Londrina

SANTANA, T. F. **Aplicação de método geoestatístico a dados de pesquisa utilizando o software geoEas e variowin**. Monografia – Universidade Estadual de Londrina – Londrina, PR. 2008. 49p.

SANTOS, M. R. G.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Aplicação da geoestatística a dados de teor de silte em solo hidromórfico. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 6. , 2011, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 79-82 (Embrapa Soja. Documentos, 328). Editado por Odilon Ferreira Saraiva, Paula Geron Saiz. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=395&cod\\_pai=1](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=395&cod_pai=1)>.

SHING, L. R.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Uso da geoestatística na determinação da variabilidade espacial do teor de argila no solo. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 6. , 2011, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. p. 79-82 (Embrapa Soja. Documentos, 328). Editado por Odilon Ferreira Saraiva, Paula Geron Saiz. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=395&cod\\_pai=1](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=395&cod_pai=1)>.