

# **METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE FERTILIDADE DO SOLO, UTILIZANDO O INTERPOLADOR DE KRIGAGEM.**

**Enio Fraga da Silva<sup>1</sup>, Helga Restum Hissa<sup>2</sup>, José Ronaldo de Macedo<sup>1</sup>, Marcelo Tuler de Oliveira<sup>3</sup>, Claudio Lucas Capeche.** 1- CNPS/EMBRAPA, Rua Jardim Botânico, 1024; CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ, enio@cnps.embrapa.br, jrmacedo@omega.incc.br capeche@cnps.embrapa.br; 2- PESAGRO-RIO/EEC, Av. Francisco Lamego, 134, CEP 28080-000; 3- Dep. Cartografia - UFPR

Palavras chave: Geoestatística, Geoprocessamento, Modelagem Digital de Terreno, Saturação de bases

A Ciência do Solo se caracteriza por possuir uma informação substancialmente qualitativa e é geralmente descrita de forma vaga e imprecisa. Neste contexto, a utilização das tecnologias do Geoprocessamento, para melhor representar os fenômenos é inevitável. Pode-se citar a tecnologia da Modelagem Digital de Terreno (MDT) juntamente com as técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoestatística, que em muito auxiliam na representação de fenômenos contínuos.

Considera-se que a Modelagem Digital de Terreno não é apenas um simples construtor digital das feições do relevo, mas a aplicação de seus diferentes métodos de interpolação na estimação, extrapolação e arranjo regular, dos pontos amostrados em campo de forma irregular ou semi-regular. Desta forma, a variável dependente  $Z (z=f(x,y))$ , pode ser a fertilidade, grau de salinidade, distribuição granulométrica ou outro fator relevante que se deseja analisar.

A técnica de krigagem permite a interpolação dos dados das propriedades de solo através de procedimentos de estimação que apresentam propriedades de não tendenciosidade e de variância mínima, considerando a dependência espacial.

A krigagem linear, tal como a krigagem ordinária e a krigagem universal, são procedimentos bastante utilizados nas ciências ambientais para estimar variáveis aleatórias espacialmente distribuídas em pontos não amostrados. O produto final de tais procedimentos é freqüentemente um mapa de isolinhas mostrando a distribuição espacial das propriedades de interesse, como pode ser vista neste trabalho (Figuras 1, 2 e 3).

Muitos exemplos existem na literatura da aplicação de krigagem em variáveis do solo. BURGES & WEBSTER (1980), WEBSTER & BURGES (1981), MCBRATNEY & WEBSTER (1983) em seus trabalhos mostraram que a teoria das variáveis regionalizadas, originalmente desenvolvida por MATHERON (1971), pode ser adaptada a ciências do solo.

O mapa de isolinhas de atributos do solo produzidos pela krigagem e os associados mapas da variância estimada, constam em publicações de BURGES & WEBSTER (1980), WEBSTER & MCBRATNEY (1987), WEBSTER & BURGES (1981) e BRAGA & DRUCK (1993), no qual são utilizadas técnicas da Geoestatística na inferência de pontos não amostrados, através do método de interpolação de krigagem.

Estes trabalhos descrevem modelos de variogramas próprios para propriedades do solo e não só mostram a boa adequação deste interpolador frente a dados de solo, como também a melhor performance quando comparados a outras técnicas de interpolação.

Estes autores consideram que a krigagem apresenta uma estrutura teórica desejável, condições favoráveis de implementação e uma maior estabilidade às variações contínuas que se observam nas amostras de solo.

Na ciência de solos, os mapas de isolinhas têm sido utilizados por vários autores para representação dos atributos contínuos do solo, entretanto, ainda não obtiveram amplo

reconhecimento e não são utilizados freqüentemente.

O objetivo deste trabalho é fazer o mapeamento da fertilidade do solo, tendo como indicador os dados de Saturação de bases, utilizando técnicas de geoestatística e Krigagem.

O trabalho foi conduzido na Fazenda Angra da PESAGRO-RIO/Estação Experimental de Campos, em área de 61 ha., coordenadas 21°44'56"S e 41°17'25"WGr, situada à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, no município de Campos dos Goytacazes, RJ. A topografia predominante é plana, sendo os solos geomorfologicamente formados a partir de sedimentos aluvionares de origem fluvial, apresentando problemas de drenagem e variabilidade quanto à fertilidade.

As amostragens foram feitas em forma de grade com observações equiespaçadas de 50m, totalizando 270 pontos. De cada ponto foram retiradas amostras com trado holandês nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 80cm, procedendo-se à determinação das características morfológicas (cor, gleização, profundidade, ocorrência de camada de impedimento, camada arenosa, relevo, uso e vegetação locais) à nível de campo. As características químicas e físicas tais como  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Al^{+++} + H^+$ , pH, Passimilável, C orgânico, CTC total, valor S, valor V% e textura, foram determinados nos laboratórios do CNPS-EMBRAPA.

Neste trabalho, geraram-se os mapas de isolinhas de algumas propriedades do solo (Sat. Bases, Fósforo e Potássio), sendo que, nos resumos serão apresentados os mapas de Saturação de bases (figuras 1, 2 e 3, respectivamente para as profundidades 0-20, 20-40 e 40-80 cm). As sub-figuras a e b, correspondem, respectivamente, ao mapa de saturação de bases e mapa de erros.

Para geração dos mapas de isolinhas, utilizaram-se dois softwares:

- Geoeas - Criação dos Variogramas, e utilização do interpolador de Krigagem;
- Surfer for Windows - Visualização dos mapas.

A metodologia utilizada para aplicação do interpolador de Krigagem consta das seguintes etapas:

- Análise exploratória dos dados;
- Definição do modelo de variograma;
- Validação do variograma;
- Interpolação dos dados.

As figuras 1a, 2a e 3a mostram os mapas de isolinhas da saturação de bases, indicando as áreas de maior ou menor saturação de bases, verificando-se coerência entre a amostragem e o mapa final.

O bom ajuste dos dados pode ser verificado pelo dimensionamento dos erros, apresentados nas figuras 1b, 2b e 3b, que mostram que a ocorrência de erros da amostragem é muito pequena, indicando que a confiabilidade dos dados foi alta no geral. Entretanto nas bordas, por falta de informações, a possibilidade de erros é maior. Isto mostra que o interpolador de Krigagem interpola os dados não sendo indicado para extrapolações. Este fato é causado pela malha trabalhada no campo ter seguido um padrão transversal de acordo com as variações topográficas do terreno - sentido N-NE, e não no sentido norte-sul das coordenadas geográficas (latitude e longitude).

Figura 1 - Mapas de Saturação de Bases 0-20 cm	
a. Mapa de isolinhas	b. Mapa de erros

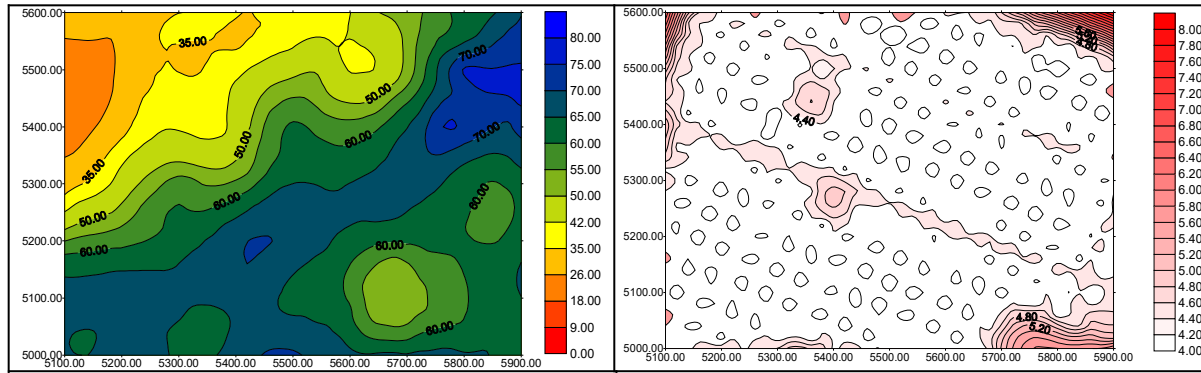


Figura 2 - Mapas de Saturação de Bases 20-40 cm

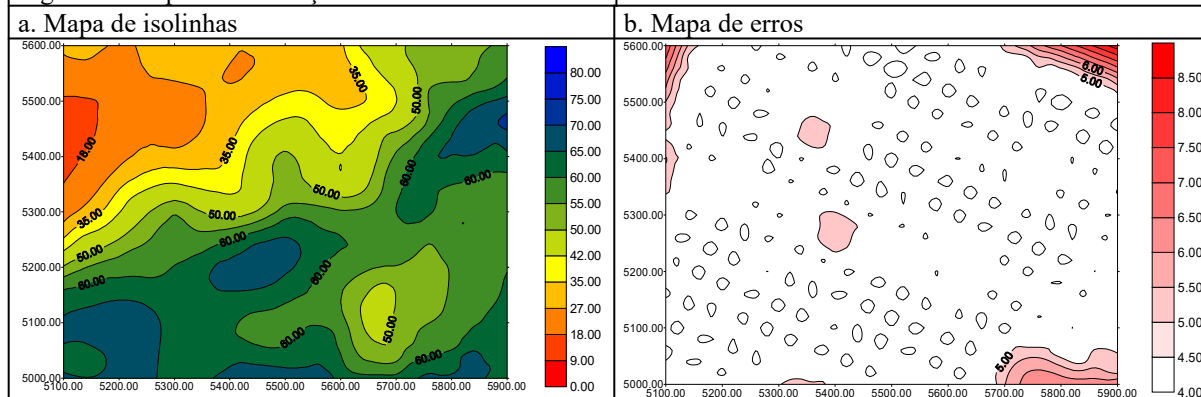
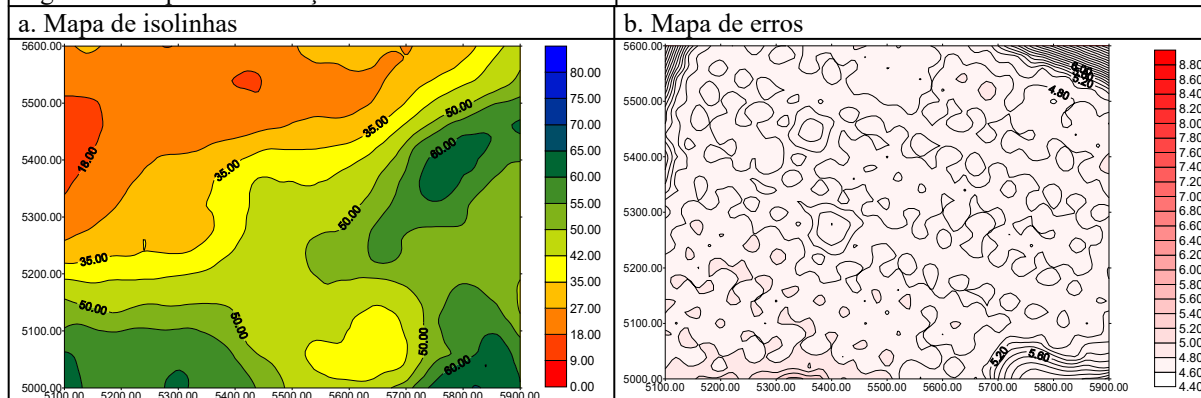


Figura 3 - Mapas de Saturação de Bases 40-80 cm



Em termos agrônômicos, observa-se que a saturação de bases diminui com a profundidade, como mostram as figuras 1a, 2a e 3a. Relacionando a saturação de bases com a textura (dados não apresentados), observa-se que as áreas com maior V% (supostamente de maior fertilidade) consideradas eutróficas, são aquelas que apresentam maior concentração de argila. A figuras 1a, 2a e 3a, indicam, também, que a área de maior concentração de bases corresponde à área de drenagem interna do terreno, sugerindo que a movimentação da água de drenagem tende a translocar as argilas e juntamente com ela, as bases adsorvidas no complexo de troca.

As figuras mostram que nas profundidades de 0 - 20 e 20 -40 cm, mais de 50% da área apresenta saturação de bases elevada (figuras 1a e 2a). Em contrapartida, na profundidade de 40 a 80cm, mais de 60% da área estudada apresenta caráter distrófico (figura 3a).

Em termos geoestatísticos podemos afirmar que a amostragem foi bastante confiável.

A técnica de interpolação por Krigagem comprovou suas qualidades na uniformização, no tratamento de dados anisotrópicos e principalmente ao fornecer o erro da predição, tornando o mapa mais confiável e os dados coletados no campo melhor aproveitados, o que possibilita o mapeamento mais preciso das áreas de maior potencial agrícola.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BRAGA, L. & DRUCK, S. Analysis of Soil Properties by Geoestatistical Methods; Forum Proceedings of International Forum of Geoestatistical for next Century, **1993**, 87-90.
- BURGES, T.M. & WEBSTER, R. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties. I the Semi-variogram and Punctual Bugging; J. Soil Sc., **1980**, 31, 315-331.
- GEOEAS. **Geostatistical Environmental Monitoring Systems**; U.S. EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, versão 1.2.1, 1991.
- MATHERON, G. **The Theory of Regionalized Variable and its Applications**; Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique (5), Fontainebleu, France, 1971.
- McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties V. Co-regionalization and Multiple Sampling Shalegy; Journal of soil science, **1983**, 34, 137-162.
- OLIVEIRA, M.T. **Desenvolvimento de Modelo de Mapeamento para Determinação de Áreas Aptas em Função do Perfil do Solo e da Topografia, Comparando a Classificação Fuzzy e Booleana**; Dissertação de Mestrado. IME, R.J., 1996.
- OLIVEIRA, M.T.; SAMPAIO, A.C.F. & FUKS, S.D. Comparação entre os Métodos de Classificação Fuzzy e Booleano para Determinação do Mapa de Umidade: Estudo de Caso; Anais do XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Salvador, Ba., **1995**, 1-10.
- SURFER. **Surface Mapping System**; Goldem Software, Inc., versão 5.00, 1994.
- WEBSTER, R. & BURGES, T.M. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Propreties; III Changing Drift and Universal Kriging, J. Soil Sc., **1981**, 31, 505-524.
- WEBSTER, R. & McBRATEY, A.B. Mapping Soil Fertility at Broom's Bar by Simple Kriging; Journal of the Science of Food and Agriculture, **1987**, 38, 97-115.