

## Mapeamento Digital das Classes de Solos da Universidade Federal de São Carlos - Campus de Araras-SP

**Fernando de Alvarenga Yoshida<sup>(1)</sup>; Rubismar Stolf<sup>(2)</sup>**;

<sup>(1)</sup> Estudante de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, Técnico em Geoprocessamento e Professor Especialista em Gestão Ambiental do Curso de Administração de Empresas e Turismo das Faculdades Integradas de Botucatu-SP. [fernandoyoshida@gmail.com](mailto:fernandoyoshida@gmail.com).

<sup>(2)</sup> Professor Doutor do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, campus de Araras-SP. [rubismar@cca.ufscar.br](mailto:rubismar@cca.ufscar.br).

**RESUMO:** O Mapeamento Digital de Solos (MDS) é imprescindível à conservação e ao gerenciamento dos recursos naturais; sua execução requer o conhecimento pedológico, a compilação de dados ambientais (clima, geologia, vegetação e relevo) e a análise e interpretação de dados e imagens. O objetivo deste estudo foi associar metodologias para mapeamento digital de solos: análise *fuzzy* e geoestatística, as duas ferramentas melhor recomendadas para o estudo proposto. Partindo de um levantamento físico-químico detalhado do solo do objeto de estudo, a utilização dos dois métodos em sequência mostrou-se muito eficaz, gerando uma carta pedológica concisa e diversos outros mapas com a distribuição espacial dos elementos físico-químicos do solo.

**Termos de indexação:** pedologia, análise *fuzzy*; geoestatística.

### INTRODUÇÃO

A cartografia de solos é imprescindível à conservação e ao gerenciamento dos recursos naturais; sua execução requer o conhecimento pedológico, a compilação de dados ambientais (clima, geologia, vegetação e relevo) e a análise e interpretação de imagens (Carvalho, 2009). O Mapeamento Digital de Solos (MDS) pode ser definido como a criação e a disseminação de sistemas de informação espacial em solos por modelos numéricos, inferindo a variação espacial e temporal de propriedades e tipos de solos através da observação destes e das variáveis ambientais relacionadas (Lagacherie & Mcbratney, 2007).

Verificou-se que há trabalhos que utilizam o mapeamento digital de área agrícola-ambiental para levantamentos de uso do solo (Rodrigues et al., 2001), levantamento e distribuição de classes de solos (Caten et al., 2009), variabilidade espacial dos elementos físico-químicos do solo (Clayton et al., 2011 e Zimback, 2001), mapeamento de áreas de preservação permanente (Peluzio et al., 2010), entre outros temas.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho é a elaboração de um mapa de distribuição espacial dos tipos ou classes de solo para o

Campus da Universidade Federal de São Carlos, em Araras-SP e a elaboração de mapas temáticos sobre os elementos físicos e químicos do horizonte A (0cm-20cm).

### MATERIAL E MÉTODOS

Quanto à técnica de mapeamento foram utilizados o método *fuzzi* e o geoestatístico, utilizando, neste último, como método de interpolação de dados, o inverso ponderado da distância (IDW), mais especificamente o inverso do quadrado da distância, pela sua simplicidade (Mello et al., 2003).

A geração dos mapas foi feita em duas etapas: primeiramente pela análise *fuzzy*, servindo de arcabouço estrutural e em seguida através da geoestatística. Os dados utilizados na elaboração deste estudo foram realizados por LIMA (2000), sendo um levantamento físico-químico detalhado do solo da área objeto de estudo.

#### Análise *fuzzy*

A técnica *fuzzy* tem sido intensamente utilizada em trabalhos de inferência espacial. Quando comparada com a modelagem convencional, tem a prerrogativa de não forçar os especialistas a definirem regras dicotômicas rígidas com contatos normalmente artificiais, que diminuem a habilidade de articular eficientemente soluções para problemas complexos, tão comuns em processos naturais (Tansheit, 2006). A tomada de decisão no ambiente *fuzzy* é orientada a esclarecer incertezas.

#### Geoestatística

Segundo Landim (1998), a geoestatística é um ramo da estatística que une o conceito de variáveis aleatórias com o conceito de variáveis regionalizadas, gerando um novo conceito de funções aleatórias, que são posteriormente processadas por aplicativos computacionais. Inúmeros métodos de interpolação, com diversos níveis de complexidade, estão disponíveis na literatura (Carvalho et al., 2002, 2004). Nos estudos de distribuição espacial dos tipos de solos, a literatura sugere dois métodos geoestatísticos; a Krigagem (KRIG) e o Inverso Ponderado da Distância (IDW) (Mello et al., 2003).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conceitos da metodologia fuzzy permitiram atribuir valores para as classes de hipsometria, de declividade e de orientação de vertentes (figuras 1 e 2 - página 4). O cruzamento desses dados resultou na representação do relevo onde as classes de solos serão inseridas. Assim, serviu de base, ou seja, de delineamento inicial para a distribuição espacial das classes do solo, gerada pelo segundo método, o geoestatístico.

Como realizado no método da análise *fuzzy*, atribuiu-se um peso para cada classe de solo identificada no levantamento de solos e aplicou-se então o método geoestatístico do Inverso do Quadrado da Distância, que gerou um mapa com os limites espaciais para cada classe de solo (figura 3 - página 4).

Partindo então do arcabouço da Análise *Fuzzy*, sobrepondo com o resultado do IDW, gerou-se a Carta de Distribuição Espacial dos Tipos de Solos do Campus de Araras-SP da Universidade Federal de São Carlos (figura 4 - página 5). A utilização dos dois métodos em sequência (*Fuzzy* e Geoestatística) traz uma clareza maior de onde termina uma classe de solo e inicia a outra. Os limites dessa distribuição espacial ficam mais claros, o que traz uma confiabilidade maior no resultado gerado, em comparação à simples aplicação da análise *fuzzy* ou somente a aplicação da geoestatística, tornando essa carta de distribuição dos tipos ou classes de solos mais precisa.

Ainda como objetivos desse estudo, foram gerados mapas de todos os atributos físico-químicos do solo. Nesses mapas, utilizou-se a Krigagem como método geoestatístico, conforme orientado pela literatura sobre o tema, pois esse método gera uma margem de erro pequena, tornando o resultado confiável (Mello et al., 2003). Segue abaixo dois dos mapas gerados: capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V %) (Figuras 5 e 6 - página 5).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um mapa digital de solos é essencialmente um banco de dados espacial de propriedades do solo, baseado em amostragem e modelagem estatístico/matemática da paisagem. A amostragem de campo é utilizada para determinar a distribuição

espacial das propriedades do solo, as quais são quantificadas em laboratório (Lagacherie, 2007). Assim, este projeto buscou a elaboração de um Mapa Digital de Solos, utilizando duas técnicas: a análise *fuzzy* e a geoestatística, em sequência. A combinação desses dois métodos trouxe uma confiabilidade maior aos limites de distribuição espacial de cada tipo ou classe de solo, gerando uma carta de distribuição espacial das classes de solos mais precisa, bem como, diversos outros mapas de distribuição espacial dos elementos físico-químicos do solo.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, C.C.N.; ROCHA, W.F. & UCHA, J.M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando interferência fuzzy. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 13:46–55, 2009.
- CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M. & VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 37:1151-9, 2002.
- CARVALHO, J.R.P.; DECHEN, S.C.F. & DUFRANC, G. Variabilidade espacial da agregação do solo avaliada pela geometria fractal e geoestatística. R. Bras. Ci. Solo, 28:1-9, 2004.
- CATEN, A.T., DALMOLIN, R.S.D., PEDRON, F.A., QUOOS, J.H. Mapeamento Digital: Probabilidade Associada à Distribuição Espacial de Classes de Solos. Geomática, Vol. 4 - Nº 2. UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, 2009.
- CLAYTON, A.A., GONÇALVES, J.L.M., VIEIRA, S.R., SILVA, C.R., FRANCISATTE, W. Spatial variability of physical and chemical attributes of some forest soils in southeastern of Brazil. Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil), v.68, n.6, p.697-705, November/December; 2011.
- LAGACHERIE, P.P. & MCBRATNEY, A.B. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.; VOLTZ, M., Digital soil mapping: an introductory perspective. Amsterdam, Elsevier, 2007, p.3-22.
- LANDIM, P.M.B. Análise estatística de dados geológicos. Fundação Editora da UNESP. Rio Claro, 1998.
- LIMA, S.A. Levantamento pedológico detalhado do centro de ciências agrárias (CCA/ARARAS) da Universidade Federal de São Carlos, 2000.



- MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M.; MELLO, J. M. & OLIVEIRA, M.S. 2003. Krigagem e inverso do quadrado da distancia para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas Intensas. R. Bras. Ci. Solo, 27:925-933, 2003.
- RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. Utilização de Sistema de Informação Geográfica na Avaliação do Uso da Terra em Botucatu (sp). Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 25, núm. 3, pp. 675-681. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Viçosa, Brasil; 2001.
- TANSHEIT, R. Fundamentos da lógica Fuzzy e controle Fuzzy. Disponível em: <[http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-Logica\\_Control\\_Fuzzy.pdf](http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SI-Logica_Control_Fuzzy.pdf)>. Acesso em 10 de janeiro de 2012.
- VIEIRA, S. R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: Roberto Ferreira Novais; Victor Hugo Alvarez V.; Carlos Ernesto G. R. Schaefer. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v. I, p. 1-54.
- ZIMBACK, C.R.L. Spatial analysis of soil chemical attributes for mapping of fertility. UNESP/FCA, Botucatu, Brazil, 2001.



Altimetria Modelo TIN - UFSCAR - Campus Araras

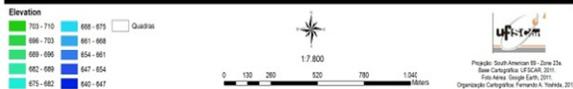
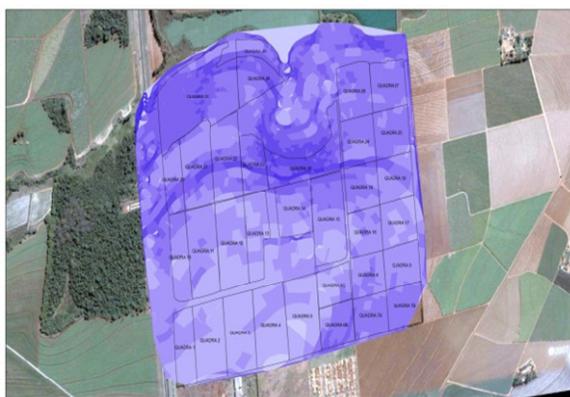


Figura 1 –MDE Altimetria



Declividade - UFSCAR - Campus Araras

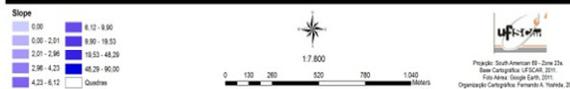
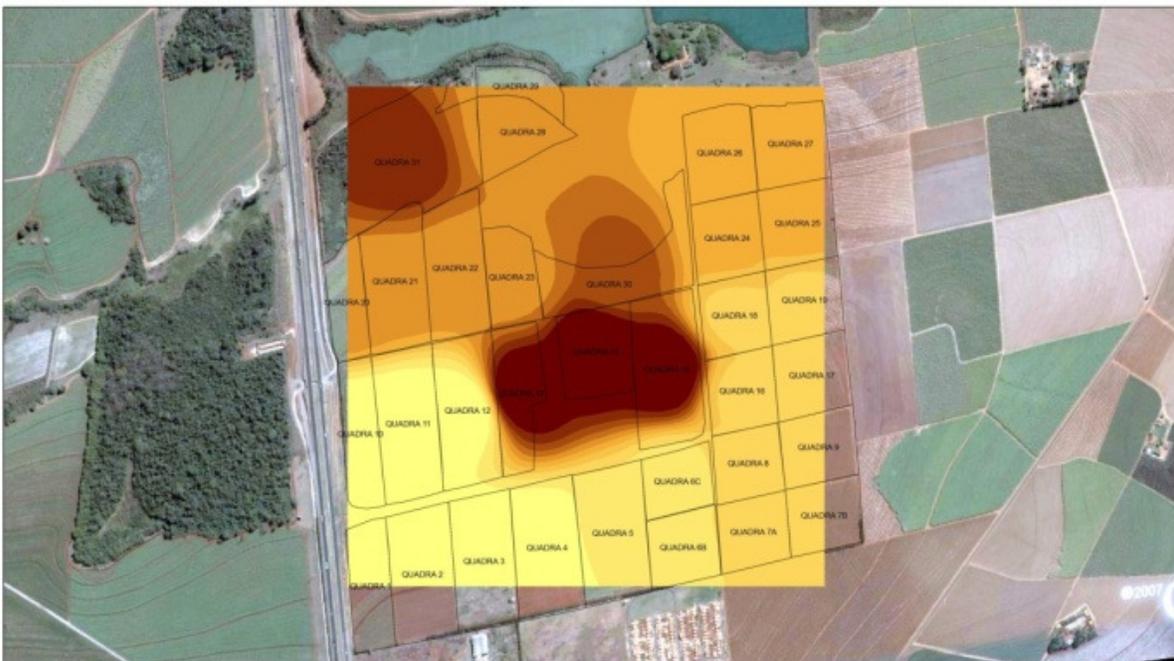


Figura 2 – MDE Declividade



IDW - Classes de Solos - UFSCAR - Campus Araras

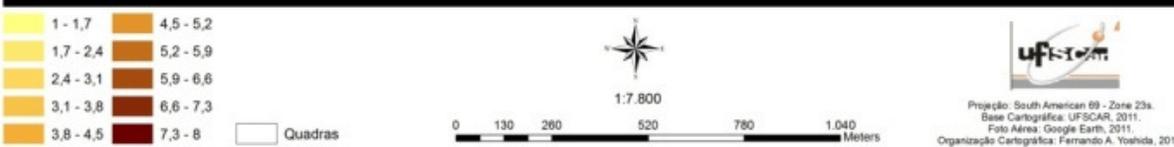


Figura 3 – Mapa Geostatística IDW – Inverso do Quadrado da Distancia



**Pedologia - UFSCAR - Campus Araras**

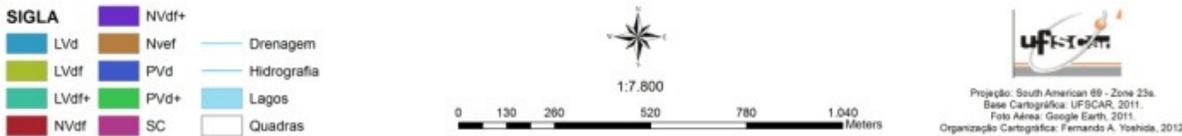


Figura 4 – Carta de Distribuição Espacial dos Tipos de Solos do Campus de Araras-SP da Universidade Federal de São Carlos.



**Capacidade de Troca de Cátions (CTC) - UFSCAR - Campus Araras**

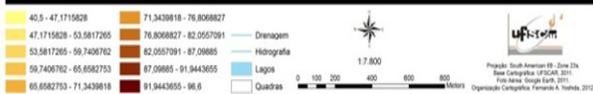


Figura 5 – CTC

**Saturação por Bases (%) - UFSCAR - Campus Araras**

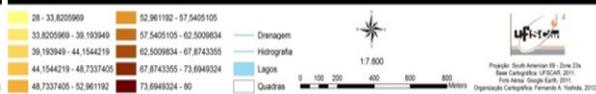


Figura 6 – Saturação por Bases