

## Protocolos para Estabelecimento e Caracterização de Sítio Específico Experimental

**Palavras-Chave:** padronização de procedimentos experimentais, sítio de referência, variabilidade espacial

### Introdução

A variabilidade espacial é uma característica natural dos solos, sendo função da variação dos próprios fatores de formação do solo. Esta variabilidade espacial de atributos está ligada aos processos naturais de formação dos solos, refletindo a complexa relação entre estes fatores (Webster, 2000), e à atividade humana, que, embora trabalhe de forma a uniformizar os sistemas, também introduz variabilidade (Nkedi-Kizza et al., 1994; Couto et al., 1997). Variações em pequena escala podem ocorrer mesmo em escala métrica (Solie et al., 2001), exigindo cuidadosa análise para sua identificação e seu mapeamento.

Deve-se ter em conta que os mapas de solos disponíveis não são produzidos em escala suficientemente detalhada para atender aos objetivos de um sítio experimental, onde estas microvariações podem ocasionar problemas na análise e na interpretação dos resultados. Além disso, variações em atributos relevantes para fins agrônômicos podem não estar contempladas em um levantamento convencional por não serem diagnósticos para classificação, como áreas compactadas ou disponibilidade hídrica.

Outro problema a ser levantado é a existência de áreas com atributos alterados em função de manejos anteriores ou faixas com variações decorrentes de tratamentos diferenciais em experimentos, comuns nas áreas localizadas em estações experimentais. Este conhecimento detalhado e sua quantificação, no entanto, ainda se encontram em estágio incipiente, sendo esta informação indispensável para a correta avaliação dos fatores que afetam a produtividade, seja em áreas de produção comercial, seja em áreas experimentais.

Resultados obtidos em campo em áreas de produção confirmam esta necessidade (e.g., Dobermann et al., 1995; Dobermann et al., 1997). Apesar do número crescente de artigos publicados no exterior, incluindo alguns sobre estudos em escala sub-métrica, como o de Solie et al. (2001), no Brasil os trabalhos ainda são pontuais e, dadas as peculiaridades dos solos tropicais, sua extensão e sua diversidade, os conhecimentos ainda são incipientes. Trabalhos, como os de Silva et al. (2003), estudaram a variabilidade espacial de alguns atributos de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico, encontrando de moderada a forte dependência espacial.

Já Vieira e Gonzalez (2003) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Amarelo e de um Latossolo Vermelho,

95  
Circular  
Técnica

Sete Lagoas, MG  
Dezembro, 2007

### Autores

**João Herbert. M. Viana**

Eng. Agr., DSc, Pesquisador  
da Embrapa Milho e Sorgo,  
CP 151, 35701-970 Sete  
Lagoas-MG.

jherbert@cnpmc.embrapa.br

**Reinaldo L. Gomide**

Eng. Agr., PhD, Pesquisador  
da Embrapa Milho e Sorgo,  
CP 151, 35701-970 Sete  
Lagoas-MG.

gomide@cnpmc.embrapa.br

**Paulo E. P. Albuquerque**

Eng. Agr., PhD, Pesquisador  
da Embrapa Milho e Sorgo,  
CP 151, 35701-970 Sete  
Lagoas-MG.

emilio@cnpmc.embrapa.br

**Frederico O. M. Durães**

Eng. Agr., PhD, Pesquisador  
da Embrapa Milho e Sorgo,  
CP 151, 35701-970 Sete  
Lagoas-MG.

frederico.duraes@embrapa.br

**Camilo de L. T. Andrade**

Eng. Agr., PhD, Pesquisador  
da Embrapa Milho e Sorgo,  
CP 151, 35701-970 Sete  
Lagoas-MG.

camilo@cnpmc.embrapa.br

**Embrapa**

verificando a existência de dependência espacial e variação com o tempo da relação entre os fatores que afetam a produtividade. Esta variação com o tempo também foi observada por Silva et al. (2002), estudando a variabilidade espacial da matéria orgânica em uma área de agricultura de precisão. Para a implantação de experimentos de melhoramento e fenotipagem, deseja-se a máxima uniformidade dos fatores abióticos, visando minimização dos erros experimentais. Assim, a escolha do local a ser implantado o sítio experimental deve buscar um ponto de balanço entre a representatividade e a uniformidade local, além das próprias limitações relativas aos recursos necessários e infraestrutura.

O conceito de sítio específico foi desenvolvido para a agricultura comercial, visando aproveitar os recursos tecnológicos disponíveis com o advento de sistemas de posicionamento global (GPS) e de modernos equipamentos de coleta e armazenamento de dados associados a seu processamento em sistemas de informação geográfica. Sua aplicação em áreas experimentais está ainda em sua infância, embora o potencial de exploração da análise de variabilidade espacial em termos de geração de resultados em melhoramento já tenha sido objeto de estudo (Duarte, 2000).

## Objetivo

O trabalho tem por objetivo estabelecer os protocolos, os métodos e as técnicas de controle e monitoramento dos atributos físico-químicos de solo em culturas de cereais e legumes, necessários ao estabelecimento de sítios específicos experimentais, de forma a se obter a padronização dos procedimentos e das práticas que serão usados para identificar, caracterizar e selecionar germoplasmas de espécies vegetais tolerantes à seca nesses sítios.

## Procedimentos para implantação

Os procedimentos descritos a seguir visam levantar as informações mínimas necessárias à implantação de um sítio específico experimental. A disponibilidade de informações adicionais, por meio de métodos mais acurados ou de novas tecnologias, é sempre recomendado quando possível.

Principais etapas:

1 – Determinação do local e escolha da área. O local deve ser escolhido em função da disponibilidade de área e infraestrutura, estando normalmente limitado à estação experimental ou a área onde um controle rigoroso pode ser efetuado. Este local deve ser, na medida do possível, representativo das áreas agrícolas para as quais os materiais genéticos estão sendo testados.

2 – Levantamento bibliográfico da região, incluindo todos os mapas temáticos disponíveis, fotos aéreas, imagens, trabalhos científicos, teses e relatórios disponíveis. A bibliografia disponível deve ser compilada e deve incluir, no mínimo, os levantamentos de solos já realizados, os mapas geológicos e geomorfológicos, levantamentos plani-altimétricos, mapas de vegetação e uso da terra e ortofotos/imagens ortorretificadas do local.

3 – Histórico completo da área, incluindo dados de experimentos ou atividades executadas na áreas, obras e demais alterações por uso. Estes dados devem incluir o histórico desde o início da ocupação da área, podendo recorrer a informações verbais de antigos ocupantes e trabalhadores que já tenham trabalhado no local, mas, preferencialmente, documentação de registro, quando houver.

4 – Confecção de mapas preliminares. Mapas de trabalho e fotos ou imagens que auxiliem no campo a identificação de padrões diferentes de solo e cobertura vegetal.

5 – Planejamento e organização do trabalho de campo. Inclui o preparo e a organização de pessoal, materiais e equipamentos para o trabalho no campo.

6 – Levantamento plani-altimétrico da área do sítio, com curvas de nível com espaçamento vertical de um metro, pelo menos, ou mais detalhado em áreas planas. Deve ser efetuado por equipe especializada, usando equipamentos como estação total e GPS geodésico. Neste levantamento, deverão ser lançados pontos de controle fixos a serem usados como referência em levantamentos posteriores e nas coletas de dados. A marcação posterior dos experimentos deverá ser feita tendo estes pontos como referência, usando-se de levantamento planialtimétrico convencional, com o uso de trenas e/ou teodolitos, quando não se dispuser de GPS submétrico para locação dos talhões.

7 – Levantamento de solos ultra-detalhado, atualizado conforme a versão atual do sistema brasileiro de classificação de solos. Este levantamento, além de incluir a abertura de trincheira e a descrição de perfis nos locais representativos, quantas forem necessárias conforme os critérios do Manual de Levantamento de Solos (Lemos e Santos, 2002), deve incluir o levantamento sistemático por meio de tradagens entre as trincheiras, buscando identificar transições e manchas de solos.

8 – Levantamento pormenorizado das propriedades de interesse agrônomo ou experimental não contempladas em detalhe no levantamento anterior, como textura, fertilidade, resistência de solo, curvas de infiltração, espessura do horizonte A, gradientes texturais e condutividade elétrica. Este último pode ser efetuado por meio de amostragens ou equipamentos de medida contínua. Sugere-se estabelecer malhas de amostragens de 25 x 25 m. Recomenda-se o uso um DGPS para o georreferenciamento das malhas de amostragens e a coleta, em cada nó da malha, de amostras compostas de solo nas profundidades de 0-10,

10-30 e 30-50 cm. As seguintes análises são necessárias:

**Análises químicas (amostras compostas, estrutura deformada):**

- a - Fertilidade de solo (macro e micronutrientes)
- b - Matéria orgânica do solo

Análises físicas (amostras não-deformadas):

- a - Densidade de partículas e densidade de solo
- b - Curva de retenção de umidade (pelo menos cinco (5) pontos da curva)

**c - Textura (granulometria)**

- d - Estrutura, macro e micro-porosidade
- e - Infiltração de água no solo (VIB)
- f - Capacidade de campo in loco

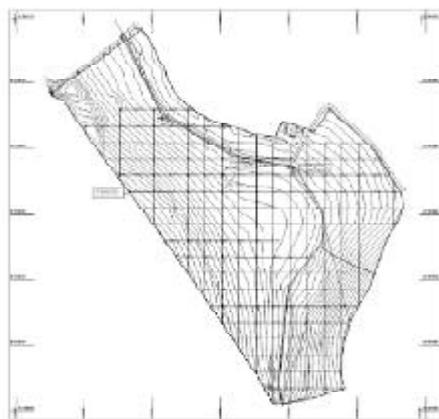
9 – Compilação dos dados em um sistema de informações geográficas e geração de mapas temáticos e de modelos numéricos de terreno na escala do sítio. Deve ser usado um programa adequado, de preferência compatível com os demais usados comercialmente, e que permita uma fácil manipulação dos dados e sua exportação, impressão de mapas e análises espaciais.

**Estudo de caso: exemplo do sítio específico experimental de Sete Lagoas-MG**

O sítio específico de Sete Lagoas foi implantado para atender ao Projeto GCP DPN\_WPM - Fenotipagem e Modelagem, em uma área experimental na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG. Para a implantação e a caracterização desse sítio, foram executados os passos descritos nesse protocolo, sendo apresentados abaixo exemplos dos procedimentos executados e dos resultados obtidos.

Nessa área, foi realizado um levantamento planialtimétrico em detalhe, por meio de uma estação total LEICA TC 805L, com precisão de  $00^{\circ}00'01''$ , utilizando-se o software Topograph para processamento e cálculos topográficos. Foram geradas curvas de nível eqüidistantes 0,5 metro verticalmente (Figura 1) e alocadas três bases geodésicas de referência, utilizando-se equipamento geodésico composto de receptores GPS Topcon Hiper L1L2 e coletor de dados Topcon modelo FC-100 com software TopSURV. A correção diferencial foi feita utilizando-se as bases do IBGE, de Uberlândia e Varginha, processadas pelo software Topcon Tools (Tabela 1). Uma malha locada em campo regular foi locada, com distância entre estacas de 25 metros.

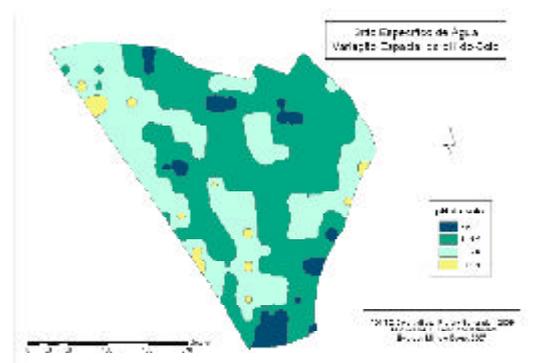
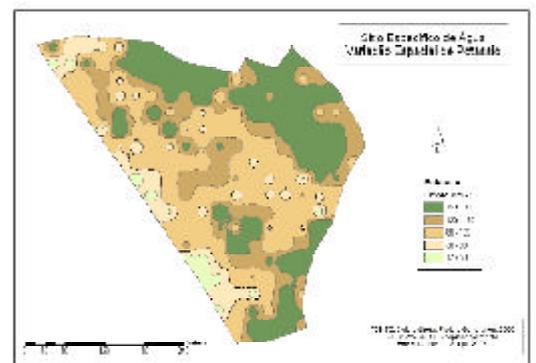
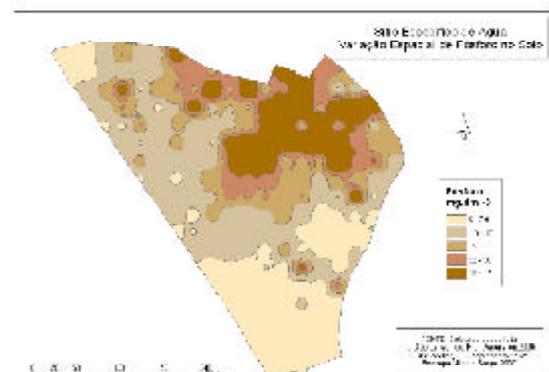
Para a caracterização química dos solos, foram coletadas amostras de solo em triplicata em uma grade de amostragem regular de 25 por 25 metros em um raio de um metro ao redor das estacas da grade nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 30 cm de profundidade. Nessas amostras, foi feita a análise química de fertilidade completa, conforme os procedimentos preconizados por Claessen (1997). Exemplos de mapas resultantes da interpolação dos resultados obtidos para os nutrientes fósforo e potássio e para o pH para a camada superficial (0 a 10 cm) são apresentados na Figura 2.



**Figura 1.** Mapa do sítio com curvas de nível

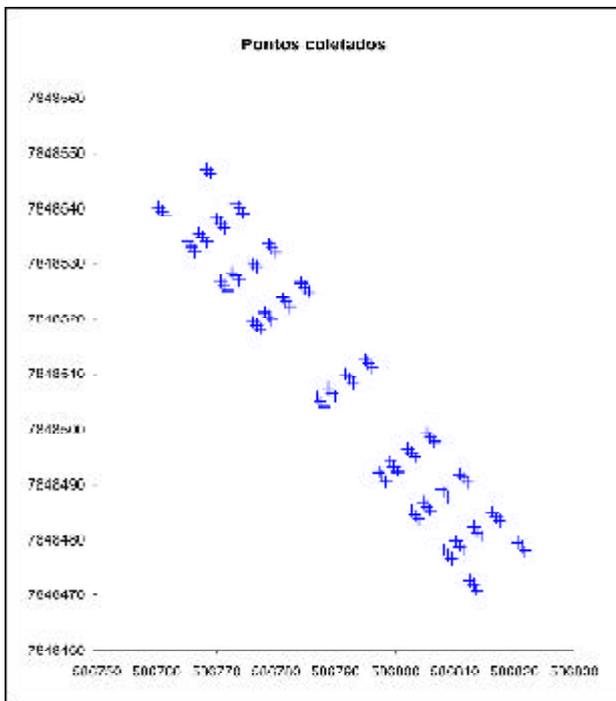
**Tabela 1.** Coordenadas das bases geodésicas do sítio específico.

Base geodésicas da Embrapa Milho e Sorgo			
Datum SAD 69	UTM 23		
Nome	Latitude	Longitude	Alt Ellip (m)
BUS-BaseM-1	19° 27' 17.20515	44° 10' 19.34919	730.702
BUS-BaseM-2	19° 27' 18.30578	44° 10' 27.55812	741.035
BUS-BaseM-3	19° 27' 17.04187	44° 10' 22.71995	731.214



**Figura 2.** Mapa interpolado para fósforo (a), potássio (b) e pH (c).

Para a caracterização física, foi efetuada uma coleta de amostras não deformadas para caracterização da densidade de solo em uma parcela utilizada para o projeto de modelagem, onde foi implantado um experimento com milho. Estas amostras foram coletadas nas profundidades de 0 a 5, 10 a 15 e 25 a 30 cm, em anéis de 50 mm de diâmetro por 50 mm de altura. Foram coletadas amostras em três pontos nas parcelas e nas bordaduras, conforme a Figura 3. O mapa obtido por interpolação por krigagem dos resultados de densidade é mostrado na Figura 4, indicando a variabilidade espacial desse atributo na profundidade de 10 a 15 cm.

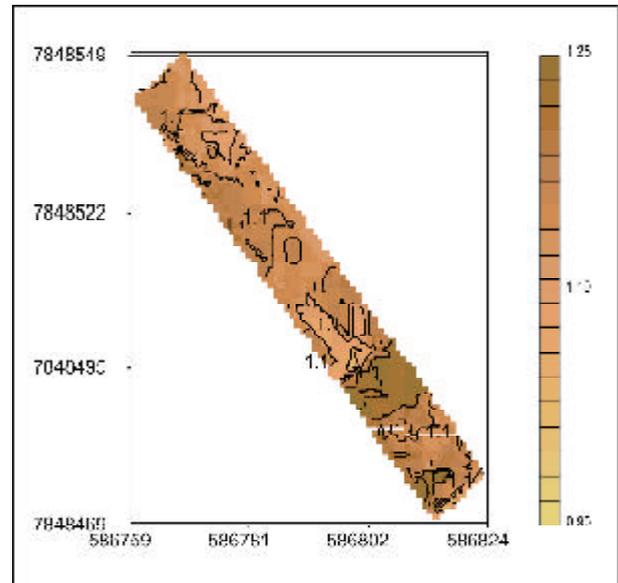


**Figura 3.** Pontos de coleta de amostras para a densidade de solo.

## Conclusões

Os procedimentos descritos proporcionam uma referência básica para o estabelecimento e o monitoramento dos atributos físico-químicos de solo em um sítio específico experimental e permitem a condução de trabalhos de fenotipagem e melhoramento sob condições adequadas de conhecimento do ambiente. Seu

uso adequado, no entanto, depende do planejamento, da execução e do gerenciamento dos experimentos de forma integrada, além dos ajustes necessários para cada caso particular.



**Figura 4.** Mapa interpolado para a densidade de solo na profundidade 10 a 15 cm. Escala lateral de densidade em  $\text{kg m}^{-3}$ .

## Literatura Citada

COUTO, E. G.; STEIN, A.; KLAMT, E. Large area spatial variability of soil chemical properties in Central Brazil. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 66, p. 139-152, 1997.

DOBERMANN, A.; GOOVAERTS, P.; GEORGE, T. Sources of variation in an acid Ultisol of the Philippines. *Geoderma*, Amsterdam, v. 68, p. 173-191, 1995.

DOBERMANN, A.; GOOVAERTS, P.; NEUE, H. U. Scale-dependent correlation among soil properties in two tropical lowland rice field. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 61, p. 1483-1496, 1997.

DUARTE, J. B. Sobre o emprego e a análise estatística do delineamento em blocos aumentados no melhoramento genético vegetal. 2000. 293 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa: SBCS; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 83 p.

NKEDI-KIZZA, P.; GASTON, L. A.; SELIM, H. M. Extrinsic spatial variability of selected macronutrients in a sandy soil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 63, p. 95-106, 1994.

SILVA, M. B.; URIBE-OPAZO, M. A.; de SOUZA, E. G.; JOHANN, J. A.; ANTES, C. A.; MERCANTE, E. Estudo da variabilidade espacial dos teores de matéria orgânica do solo nos anos 1998, 1999 e 2000 em uma área de agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. A engenharia agrícola para o desenvolvimento sustentável: água, energia e meio ambiente: [anais]. Salvador: SBEA: UFBA: Embrapa, 2002. CD-ROM. SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 27, p. 1013-1020, 2003.

SOLIE, J. B.; RAUN, W. R.; STONE, M. L. Submeter spatial variability of selected soil and Bermuda grass production variables. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 63, p. 1724-1733, 2001.

VIEIRA, S. R.; GONZALEZ, A. P. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. *Bragantia*, Campinas, v. 62, p. 127-138, 2003.

WEBSTER, R. Is soil variation random? *Geoderma*, Amsterdam, v. 97, p. 149-163, 2000.

### Circular Técnica, 95

Ministério da Agricultura,  
Pesquisa e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Milho e Sorgo**  
Endereço: Rod. MG 424 km 45 - Caixa Postal 151  
Fone: (31) 3779-1000  
Fax: (31) 3779-1088  
E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2007): 200 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente**: Antônio Álvaro Corsetti Purcino  
**Secretário-Executivo**: Paulo César Magalhães  
**Membros**: Carlos Roberto Casela, Flávia França Teixeira, Camilo de Lellis Teixeira de Andrade, José Hamilton Ramalho, Jurandir Vieira Magalhães

### Expediente

**Revisão de texto**: Clenio Araujo  
**Editoração eletrônica**: Tânia Mara Assunção Barbosa