



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

ISSN 1217-1981

Dezembro, 2009

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 18

Avaliação da Variabilidade Espacial do Solo em Experimentos de Eficiência Nutricional em Milho, Conduzidos em Área com Baixos Teores de Nutrientes: Um Estudo de Caso

*João Herbert Moreira Viana
Álvaro Vilela de Resende
Cláudia Teixeira Guimarães
Sidney Netto Parentoni*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Caixa Postal 151

Fone: (31) 3027 1100

Fax: (31) 3027 1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino

Secretário-Executivo: Flávia Cristina dos Santos

Membros: Elena Charlotte Landau, Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes,
Paulo Afonso Viana e Clenio Araujo

Revisor de texto: Clenio Araujo

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Editoração eletrônica: Communique Comunicação

1ª edição

1ª impressão (2009): 200 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo

Avaliação da variabilidade espacial do solo em experimentos de eficiência nutricional em milho, conduzidos em área com baixos teores de nutrientes: um estudo de caso / João Herbert Moreira Viana ... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 19 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1217-1981; 18).

1. Solo. 2. Fertilizante. 3. Milho. 4. Produtividade. I. Viana, João Herbert Moreira. II. Série.

CDD 631.8 (21. ed.)

Sumário

Introdução	5
Material e métodos	6
Resultados e discussão	7
Conclusões	18
Referências	19

Avaliação da Variabilidade Espacial do Solo em Experimentos de Eficiência Nutricional em Milho, Conduzidos em Área com Baixos Teores de Nutrientes: Um Estudo de Caso

¹ João Herbert Moreira Viana

² Álvaro Vilela de Resende

³ Cláudia Teixeira Guimarães

⁴ Sidney Netto Parentoni

Introdução

A variabilidade espacial dos atributos do solo é uma característica natural, ligada aos fatores pedogenéticos (WEBSTER, 2000), que pode ser atenuada ou incrementada em função do uso e manejo do mesmo (NKEDI-KIZZA et al., 1994; COUTO et al., 1997). Essa variabilidade é um desafio para a eficiência dos sistemas produtivos e tem sido abordada por meio de ferramentas de agricultura de precisão em áreas comerciais. Em áreas experimentais, no entanto, ainda é incipiente o uso de tal abordagem para manejar essa variabilidade em microescala, muito embora o impacto de seu uso já tenha sido verificado (DUARTE, 2000).

Apesar das áreas experimentais serem normalmente pequenas, assumir a priori sua homogeneidade em função do tamanho reduzido é incorrer em um risco elevado. A variabilidade espacial de atributos do solo e da resposta das plantas, em termos de produtividade, tem sido reportada na

¹Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador A, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG jherbert@cnpms.embrapa.br

² Eng. Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador A, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG - alvaro@cnpms.embrapa.br

³Eng. Agr., PhD Genética Molecular de Plantas Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG - claudia@cnpms.embrapa.br

⁴Eng. Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador A, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG, sidney@cnpms.embrapa.br

escala métrica ou submétrica em trabalhos científicos (por exemplo, SOLIE et al., 2001). Isso se torna especialmente preocupante em experimentos onde o principal objeto em estudo é a interação entre os genótipos e algum atributo específico do solo, como a disponibilidade de um nutriente ou a toxidez de algum elemento químico.

Idealmente, o estudo da variabilidade espacial de uma área experimental deve ser feito antes da implantação dos ensaios. No entanto, em casos onde isso não foi possível, pode-se avaliar o status ou a condição de homogeneidade da área após a implantação de experimentos, verificando a eventual ocorrência de efeito da variação do ambiente edáfico. Essa demanda pode surgir, também, quando se observa um comportamento considerado anormal no experimento. Por exemplo, quando da ocorrência de manchas ou de áreas isoladas com desenvolvimento reduzido de plantas ou baixa produção, que não pode ser exclusivamente atribuída às diferenças, a problemas fitossanitários ou a problemas de instalação do experimento.

O presente trabalho trata de um estudo de caso em uma área experimental, descrevendo a abordagem utilizada e as recomendações sugeridas para redução da variabilidade espacial do solo.

Material e métodos

No ano agrícola de 2008/2009, foi conduzido um grupo de ensaios de avaliação de híbridos, num total de 717 genótipos, divididos em sete experimentos, em uma área experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Foi utilizado, para cada experimento, o delineamento em látice, com duas repetições. No total, foram 1434 unidades experimentais, compostas de uma linha de 4 m de comprimento por 0,80 m de espaçamento entre linhas e uma distância de 0,80 m entre blocos. Nas quatro laterais externas da área, foram utilizadas fileiras de bordadura. Durante o desenvolvimento do

ensaio, foi observada a ocorrência de áreas onde havia uma redução anormal no desenvolvimento dos materiais em estudo, associada a um sintoma de clorose, de forma localizada em algumas parcelas nos cantos da área.

Para avaliar a condição de fertilidade da área, a mesma foi dividida em 44 talhões, medindo cada um 11,2 m por 14,1 m. Em cada um destes talhões, foi efetuada uma amostragem de solo. Para isso, em cada talhão, foi coletada uma amostra composta por tráfegem de cinco amostras simples, distribuídas aleatoriamente na área, nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm. Foram também coletadas adicionalmente cinco amostras simples em sequência (minitranssectos), em quatro talhões, para se avaliar a variabilidade espacial em curta distância.

As amostras foram preparadas e analisadas conforme as metodologias descritas por Claessen (1997). Foram determinados o pH em água, o teor de fósforo (P) extraído por Mehlich 1, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis e matéria orgânica.

Os dados de produtividade foram baseados na soma da produção das linhas colhidas em cada parcela, sendo correlacionados com os resultados de análise de solo das respectivas parcelas por meio de análise de correlação e de regressão linear simples.

Resultados e discussão

Os resultados de produtividade das parcelas, em kg ha⁻¹, seguiram uma tendência relativamente similar à verificada com base nas observações visuais feitas na área (Figuras 1 e 2). As pequenas discrepâncias entre os mapas provavelmente se devem ao fato de que as produtividades de cada um dos talhões de onde foram retiradas as amostras de solo foram resultantes da média das parcelas experimentais contidas no referido talhão, o que pode ter diluído um pouco o efeito das linhas com menor

desenvolvimento que faziam parte deste talhão.

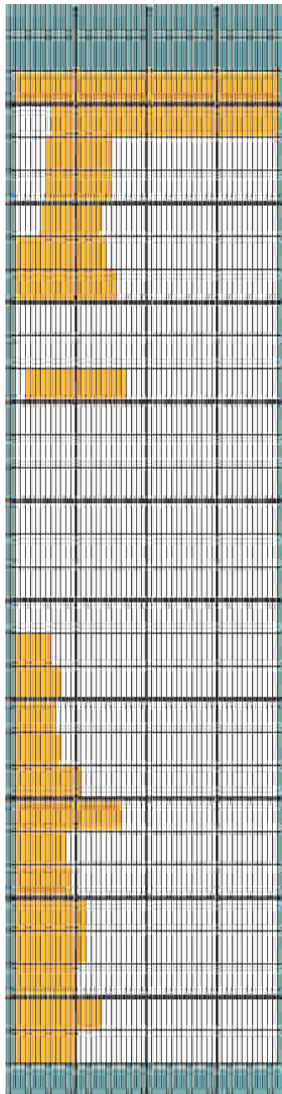


Figura 1 – Esquema das áreas com fileiras de plantas apresentando menor desenvolvimento, conforme verificadas em avaliação visual do experimento (destacadas em laranja)

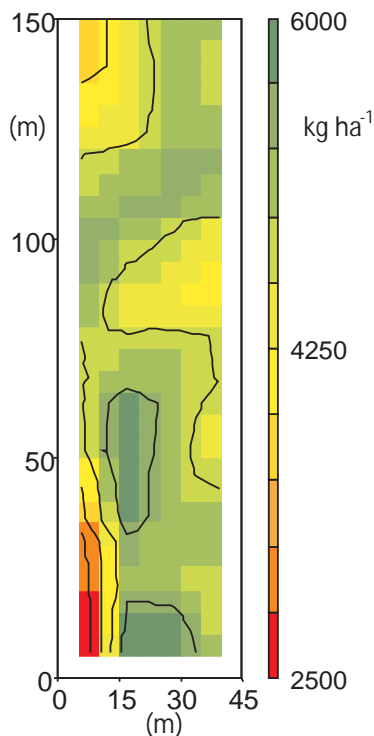


Figura 2 – Variação espacial da produtividade no experimento com base nos dados de produção por parcela

Os resultados da análise de solo indicam que a área apresenta acentuada variabilidade espacial na fertilidade, podendo observar regiões de maior teor de alumínio trocável (Figura 3), associadas com menores valores de cálcio (Figura 4), de pH (Figura 5) e de magnésio (Figura 6). Não obstante os baixos valores absolutos de Ca e Mg (Figuras 4 e 6), a relação Ca/Mg aumenta excessivamente no sentido das áreas de maior presença de Al^{+3} (Figura 7), caracterizando uma pior condição para o desenvolvimento da cultura.

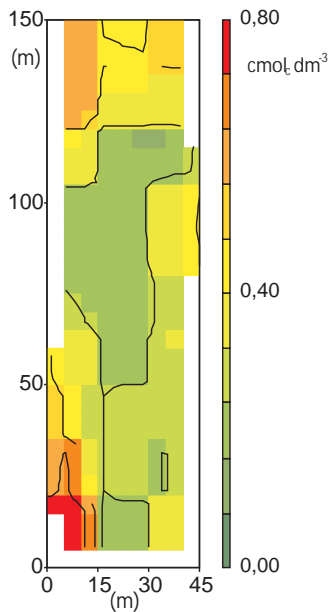


Figura 3 – Teores de Al^{+3} no solo, na camada de 0 a 20 cm

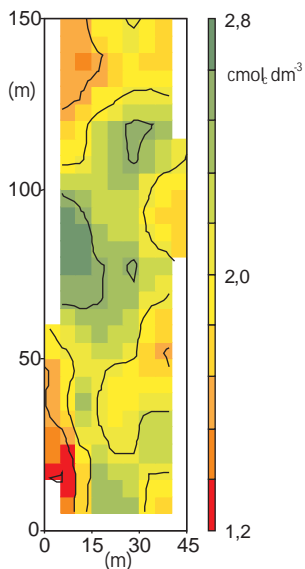


Figura 4 – Teores de Ca^{+2} na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

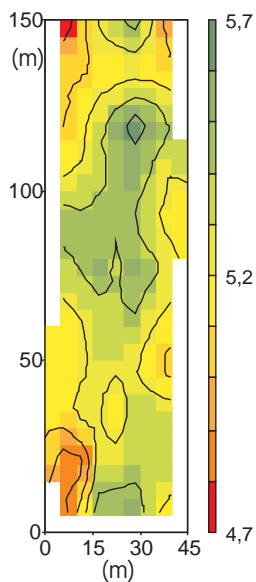


Figura 5 – Teores de P na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

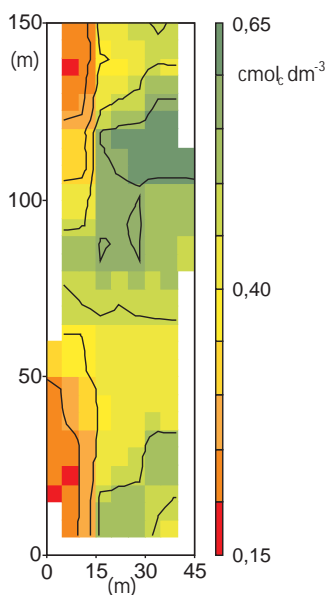


Figura 6 – Teores de matéria orgânica na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

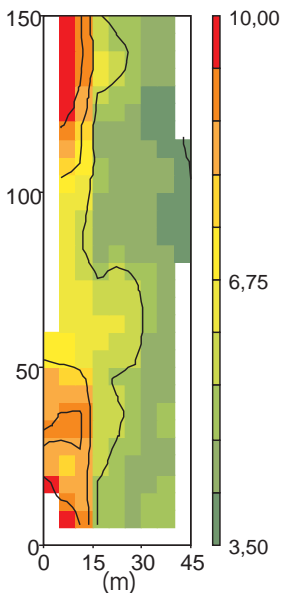


Figura 7 – Relação Ca/Mg na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

A observação no local permitiu constatar que essas são as áreas de cota mais baixa do terreno e que se encontram próximas a um terraço de base estreita, paralelo ao maior comprimento da área experimental. É possível que essas áreas tenham sofrido remoção de material do horizonte A para construção do terraço ou erosão mais acentuada em relação às demais áreas do experimento. Foi recomendada a correção diferencial da acidez, via calagem, com a aplicação de calcário dolomítico em taxa variada, conforme a necessidade constatada em cada parcela, e calculada de acordo com as recomendações disponíveis para o estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

Os valores de potássio se encontram baixos em toda a área, embora haja locais com teor mais elevado, mas ainda abaixo do nível crítico (Figura 8). Foi constatada, para os teores de fósforo, uma tendência de incremento na parte mais elevada da área experimental, embora ainda apresentando teores interpretados como baixos. Assim, deve ser considerada a possibilidade de se isolar essa parte mais elevada da área (Figura 9), que não seria utilizada em ensaios futuros de eficiência a fósforo.

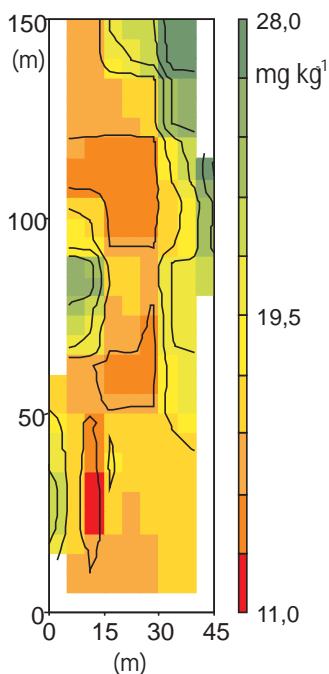


Figura 8 – Teores de K⁺ na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

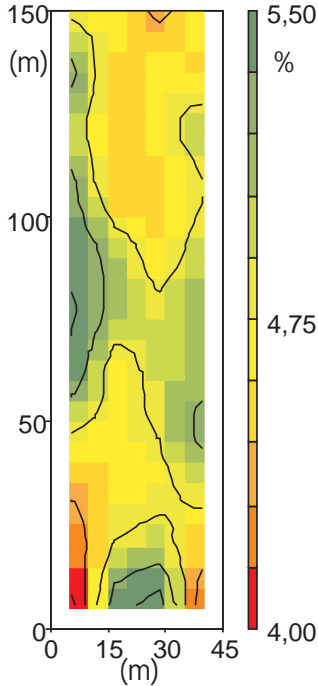


Figura 9 – Teores de P na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

A matéria orgânica apresenta teores relativamente elevados em toda a área experimental, embora sua variação possa estar também relacionada ao truncamento de horizonte superficial em alguns locais, conforme sugerido anteriormente (Figura 10).

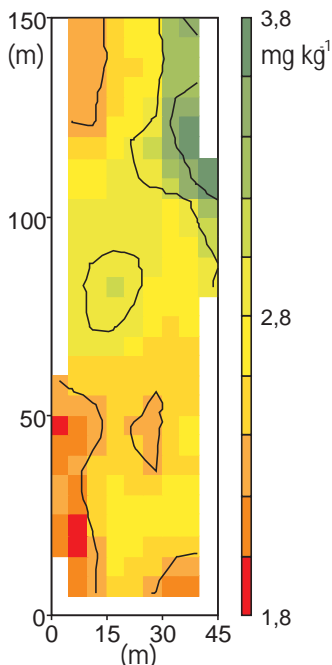


Figura 10 – Teores de matéria orgânica na área do experimento, na camada de 0 a 20 cm

As relações estabelecidas por meio de modelos lineares entre a produtividade medida nas parcelas e os resultados de análises químicas foram significativas, principalmente, para os atributos relacionados à disponibilidade de cátions básicos (Ca e Mg) e seu efeito sobre a presença de alumínio trocável (Tabela 1). Apesar dos valores de R^2 serem relativamente baixos, as relações indicam que algum efeito deletério está ocorrendo e se expressa a despeito da variabilidade dos genótipos de milho presentes nas parcelas experimentais que compunham cada um dos talhões de onde foram obtidas as análises de solo.

[Tabela 1]

Tabela 1 – Estatística das correlações e das regressões entre produtividade e as variáveis analisadas, usando-se um modelo de regressão linear do tipo $Y = a + bX$, para a camada de 0 a 20 cm

Variável	Correlação	Modelo ajustado	R ²	F de significação		
				Regressão	Interseção (a)	Variável (b)
pH	0,659	Y = -9187 + 2645 X	0,434	<0.001	<0.001	<0.001
Al ⁺³	-0,739	Y = 5490 -2726 X	0,546	<0.001	<0.001	<0.001
Saturação de Al	-0,752	Y = 5382 -59 X	0,565	<0.001	<0.001	<0.001
Ca ⁺²	0,683	Y = 1941 + 1341 X	0,467	<0.001	<0.001	<0.001
Mg ⁺²	0,556	Y = 3282 + 3209 X	0,310	<0.001	<0.001	<0.001
Relação Ca/Mg	-0,550	Y = 5797 -211 X	0,302	<0.001	<0.001	<0.001
P	0,362	Y = 2826 + 672 X	0,131	<0.05	<0.001	<0.05
K	-0,138	Y = 4929 -21 X	0,019	ns	<0.001	ns
Matéria Orgânica	0,359	Y = 989 + 747 X	0,129	<0.05	ns	<0.05

Para o fósforo, principal elemento em estudo nessa área, a correlação foi baixa e o modelo ajustado apresentou baixo coeficiente de determinação. Porém, foi significativo estatisticamente, fato que pode estar associado ao comportamento das plantas de milho na área de maior teor de P na parte superior da área. Sugere-se o isolamento da área com teores mais elevados de P, deixando-a como bordadura, por segurança.

No caso do potássio, a relação com a produtividade não foi significativa, o que indica que não deve ser dado tratamento diferencial, mas deve-se manter o esquema de fertilização potássica normal no plantio, em função dos baixos teores do nutriente no solo.

A matéria orgânica não apresentou relação significativa com a produtividade do milho na área experimental, apesar da variação espacial verificada.

Os resultados obtidos para os atributos de solo avaliados na camada de 20 a 40 cm seguiram a tendência geral verificada para a camada superficial, com maior expressão da saturação por alumínio e variáveis associadas à acidez do solo. O potássio apresentou teores muito baixos, assim como o fósforo. Não foi avaliada a matéria orgânica nessa camada.

Ainda na profundidade de 20 a 40 cm, as relações entre atributos de solo e a produtividade seguem padrão semelhante aos observados na camada de 0 a 20 cm, mas com menores valores de R^2 (Tabela 2). Nesta camada, o fósforo e o potássio não apresentaram relação significativa com a produtividade das parcelas. Isso indica que, de 20 a 40 cm, os valores observados para P e K devem influenciar a produtividade do milho de forma homogênea na área estudada.

Tabela 2 – Estatística das regressões entre produtividade e as variáveis analisadas, usando-se um modelo de regressão linear do tipo $Y = a + bX$, para a camada de 20 a 40 cm

Variável	Correlação	Modelo ajustado	R^2	F de significação		
				Regressão	Interseção (a)	Variável (b)
pH	0,657	$Y = -10570 + 3176 X$	0,432	<0.001	<0.001	<0.001
Al^{+3}	-0,460	$Y = 6292 - 2042 X$	0,212	<0.01	<0.001	<0.01
Saturação de Al	-0,519	$Y = 6447 - 37 X$	0,269	<0.001	<0.001	<0.001
Ca^{+2}	0,456	$Y = 3344 + 1625 X$	0,208	<0.01	<0.001	<0.01
Mg^{+2}	0,430	$Y = 3999 + 7598 X$	0,185	<0.01	<0.001	<0.01
Relação Ca/Mg	-0,435	$Y = 5206 - 42 X$	0,189	<0.01	<0.001	<0.01
P	-0,043	$Y = 4742 - 145 X$	0,002	ns	<0.001	ns
K	-0,157	$Y = 5005 - 37 X$	0,025	ns	<0.001	ns

Conclusões

A área experimental apresenta variabilidade espacial para os atributos analisados, sendo encontrada correlação entre a produtividade e a presença de alumínio, bem como, as variáveis associadas à acidez do solo (Ca^{+2} , Mg^{+2} e pH). Conseqüentemente, a aplicação de calcário deve ser feita em taxa variada, conforme a necessidade diferenciada de correção da acidez em diferentes partes da área. Os locais onde se constataram teores mais elevados de fósforo devem ser usados apenas como bordaduras, por ser essa a variável de solo de maior interesse no trabalho de melhoramento de milho conduzido na referida área experimental.

Referências

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

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

DUARTE, J. B. **Sobre o emprego e a análise estatística do delineamento em blocos aumentados no melhoramento genético vegetal**. 2000. 293 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba.

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.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

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.

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