



XXXI
CONGRESSO
BRASILEIRO
DE CIÊNCIA
DO SOLO

CONQUISTAS
& DESAFIOS
da Ciência do
Solo brasileira



De 05 a 10 de agosto de 2007 Serrano Centro de Convenções - Gramado-RS

ESPAIALIZAÇÃO E CORRELAÇÃO ENTRE OS NUTRIENTES DO SOLO DE MACHADINHO D'OESTE, RO

CÉLIA REGINA GREGO⁽¹⁾, GUSTAVO SOUZA VALLADARES⁽¹⁾, MATEUS BATISTELLA⁽¹⁾
EVARISTO EDUARDO DE MIRANDA⁽¹⁾

RESUMO – Tanto o planejamento quanto a sustentabilidade agrícola de projetos de assentamento rural, como o de Machadinho d'Oeste, podem ser beneficiados com informações espaciais da fertilidade do solo. O objetivo do trabalho foi identificar a dependência espacial dos macro e micronutrientes do solo de Machadinho d'Oeste, RO, e a existência de correlação entre eles. Foram utilizados 76 pontos de amostragem e determinados os macros e micronutrientes a uma profundidade de 0-10 cm. Para analisar a variabilidade espacial, usou-se a geoestatística, por meio da análise de semivariogramas, interpolação dos dados por “krigagem” e construção de mapas de isolinhas. Para identificar a correlação entre duas variáveis foram construídos e ajustados os “cross” semivariogramas. Os resultados indicam baixo nível de fertilidade devido ao baixo teor de bases e a presença de alumínio e hidrogênio. Houve correlação espacial positiva significativa entre soma de bases com cálcio e magnésio, entre alumínio e hidrogênio e entre pH CaCl₂ e pH em água. Já entre alumínio e pH CaCl₂ ocorreu correlação negativa e não houve correlação significativa entre os micronutrientes, decorrentes as pequenas manchas com valores máximos discrepantes. A espacialização decorrente da correlação espacial existente evidenciou a baixa fertilidade na maior parte da área de Machadinho d'Oeste, RO.

Introdução

Quando uma propriedade físico-química do solo georreferenciada varia de um local para outro com algum grau de continuidade, como ocorre com os nutrientes do solo, a dependência espacial pode ser verificada utilizando a análise geoestatística. A geoestatística permite uma análise espacial útil ao planejamento e ao controle das informações de produção [1,2,3,4].

As informações espaciais da fertilidade do solo podem beneficiar tanto no planejamento quanto na sustentabilidade agrícola de projetos como o do município de Machadinho d'Oeste, RO. Neste município, foi estabelecido um projeto de assentamento rural iniciado em 1983 e que vem sendo estudado durante 20 anos para monitoramento de diversos fatores biofísicos [5,6,7,8].

A modelagem geoespacial permite a descrição quantitativa da variabilidade espacial dos atributos dos

solos e a estimativa não tendenciosa da variância mínima de valores desses atributos em locais não amostrados. Acessar essa variabilidade faz da geoestatística uma eficiente ferramenta de suporte a decisão de amostragem para monitoramento de variáveis dependentes espacialmente, [4]. As intervenções para corrigir variações indesejáveis da oferta de nutrientes no solo podem ser baseadas em mapas de isolinhas das variáveis dependentes espacialmente.

O objetivo deste trabalho foi identificar a dependência espacial dos macro e micro nutrientes do solo na Gleba Machadinho, RO, baseando-se na ocorrência de correlação entre estes nutrientes.

Palavras-Chave: Geoestatística, variabilidade espacial, fertilidade do solo

Material e métodos

A área em estudo localiza-se nos municípios de Machadinho d'Oeste e Anari, entre Ariquemes e Jaru, conhecida como gleba Machadinho, estando compreendida entre as coordenadas de 9° 15' e 9°48' de latitude sul 61°48' e 62°30' de longitude oeste de Greenwich, distanciado a cerca de 400 km da capital, Porto Velho. Os solos predominantes são os Latossolos Amarelos Distróficos, mas também são encontrados Nitossolos Vermelhos e Háplicos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos, Gleissolos e Plintossolos, [8]. A altitude chega a ultrapassar 200m nas vertentes pronunciadas e serras e entre 100 a 200m nas superfícies de aplainamento. Alguns relevos residuais apresentam altitudes superiores a 400 m.

Em 2004 foram coletadas amostras deformadas de solo em 76 pontos georreferenciados na profundidade de 0 a 0,10m (Figura 1) para determinação dos macro e micronutrientes do solo segundo [9]. Primeiramente, os dados foram analisados pela estatística descritiva para verificar a existência de valores discrepantes e a distribuição de frequência dos dados.

Para analisar a variabilidade espacial foi utilizada a análise geoestatística, [2], por meio da construção e ajuste de semivariogramas, interpolação dos dados por “krigagem” e construção de mapas de isolinhas. Para a identificação da correlação entre dois nutrientes foram realizadas as análises de “cross” semivariograma para as variáveis que apresentaram correlação significativa ao nível de significância de 0,05 segundo [10]. O software empregado foi o ArcMap 9.0.

⁽¹⁾ Pesquisadores da Embrapa, Centro de Pesquisa de Monitoramento por Satélite, Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803, Parque São Quirino, CEP:13088-300, Campinas, SP. E-mail: crgrego@cnpm.embrapa.br

Resultados e Discussão

Os parâmetros estatísticos descritivos de todos os nutrientes obtidos na análise de fertilidade do solo (Tabela 1) permitem identificar principalmente valores discrepantes e a normalidade dos dados pelos valores de assimetria e curtose. Os resultados indicam baixo nível de fertilidade devido ao baixo teor de bases e a presença de alumínio e hidrogênio. Valores semelhantes também foram encontrados por [11] em outros solos de Rondônia. Foram encontrados também valores discrepantes quando comparados os valores mínimos e máximos. Com o cálculo dos “outliers” segundo [12], foi possível a eliminação de alguns valores discrepantes, tornando os valores de assimetria e curtose mais próximos de zero, ou seja, valores com distribuição de frequência próxima da normalidade. Esta discrepância nos dados, verificada na Tabela 1, principalmente para os micronutrientes, deve-se as diferentes condições de uso e ocupação do solo nos pontos amostrados. O número de pontos de coleta de amostras foi limitado pela própria dificuldade de acesso a certos locais da área. [11] encontraram grandes diferenças comparando a fertilidade dos solos sob floresta, sob queimadas e sob pastagem.

Quando verificada a dependência espacial através do ajuste do semivariograma, foram obtidos os parâmetros efeito pepita (C_0), variância estrutural (C_1) e alcance (a), Tabela 1, utilizados na krigagem, segundo [2]. A aleatoriedade dos dados (efeito pepita puro) ocorreu em alguns casos (matéria orgânica, fósforo, manganês e zinco) aos quais não foi possível o ajuste dos semivariogramas pela inexistência do patamar (C_0+C_1). Isto pode ser devido à baixa densidade amostral em relação ao tamanho da área, resultando em vizinhos próximos com valores discrepantes. Porém, a maioria dos nutrientes apresentou dependência espacial com predomínio de ajuste dos semivariogramas escalonados pelo modelo esférico, conforme verificado na Figura 2A. Semivariogramas escalonados também foram utilizados por [13] em dados de umidade do solo.

Os mapas das Figuras 2 e 3 representam a espacialização de dados com dependência espacial. A soma de bases (Figura 2A) apresentou correlação positiva significativa com cálcio ($r=0,98$) e magnésio ($r=0,87$) e também apresentou semelhanças na distribuição espacial do potássio e sódio (Figura 2B e C). A maior parte da área apresenta soma de bases menor do que $3,00 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$, indicando baixa fertilidade natural do solo, necessitando de adubação para cultivo e principalmente de correção para elevação da saturação de bases (Figura 2F) que também se apresenta baixa (máximo de 54,4%). Houve correlação positiva significativa entre alumínio e hidrogênio ($r=0,85$) e negativa entre alumínio e pH CaCl_2 ($r=-0,77$), indicando redução dos teores do alumínio (Figura 2D) com o aumento do pH (Figura 2E). Correlação positiva significativa ocorreu entre pH CaCl_2 e pH em água ($r=0,97$), o que geralmente ocorre

devido à correlação elevada entre eles, sendo que os valores são ligeiramente menores no pH CaCl_2 do que em água. Os máximos valores de pH CaCl_2 encontrados na Figura 3E (4,8 a 5,5) são os limites inferiores para o desenvolvimento adequado da maioria das plantas cultivadas segundo [10].

Para os micronutrientes, Figuras 3G, H, I e J, não houve correlação significativa, apesar da semelhança na distribuição espacial encontrada entre ferro (Figura 4A) e cobre (Figura 4B). Os valores discrepantes encontrados principalmente para estes nutrientes proporcionaram pequenas manchas de valores máximos, o que pode ter prejudicado a identificação de correlação espacial significativa.

Referências

- [1] WENDROTH, O., REYNOLDS, W.D., VIEIRA, S. R., REICHARDT, K. & WIRTH, S. 1997. Statistical Approaches to the Analysis of Soil Quality Data. In GREGORICH, E.G., CARTER, M.R. (eds.). *Soil Quality for Crop Production*: Elsevier, New York, p. 247-76, 1997.
- [2] VIEIRA, S.R. 2000. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. *Tópicos em ciência do solo*, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-54.
- [3] CARVALHO, J.R.P., SILVEIRA, P.M. & VIEIRA, S.R. 2002. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.8, p.1151-9.
- [4] DRUCK, S., CARVALHO, M.S., CÂMARA, G. & MONTEIRO, A.V.M. 2004. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA. 209p.
- [5] MIRANDA, E. E. de. 1991. Avaliação do impacto ambiental da colonização em floresta amazônica. In: LÉNA, P.; OLIVEIRA, A. de (org.) *Amazônia - a fronteira agrícola 20 anos depois*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. p. 223-238.
- [6] MANGABEIRA, J. A. de C., ROMEIRO, A. R., AZEVEDO, E. C. de & ZARONI, M. M. H. 2002. *Tipificação de sistemas de produção rural: a abordagem da análise de correspondência múltipla em Machado d'Oeste-RO*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite., 30 p., il. (Circular Técnica, 8).
- [7] BATISTELLA, M., ROBESON, S. & MORAN, E. F. 2003. Settlement design, forest fragmentation, and landscape change in Rondônia, Amazônia. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *Bethesda*, v. 69, n. 7, p. 805-812.
- [8] VALLADARES, G. S., BOGNOLA, I. A. & GOVÊA, J. R. F. 2003. *Levantamento de reconhecimento de solos de média intensidade da Gleba Machado, RO*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite., 92 p., il. (Documentos, 30).
- [9] VAN RAIJ, B., ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J. A. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. ed. 1, Instituto Agronômico de Campinas, p. 285.
- [10] FISHER, R.A. 1970. *Statistical methods for research workers/Statistical methods for research workers*. Edinburgh, Oliver & Boyd, 362p.
- [11] NUMATA, L.; SOARES, J.V. & LEÔNIDAS, F.C. 2002. Comparação da fertilidade de solos em Rondônia com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.949-955.
- [12] CAHN, M.D.; HUMMEL, J.W. & BROUER, B.H. 1994. Spatial analysis of fertility for site-specific crop management. *Soil Science Society. America. Journal*, v.58:1240-1248.
- [13] GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R.; ANTONIO, A.M. & DELLA ROSA, S.C. 2006. Geoestatistical analysis for soil moisture content under the no tillage cropping system. *Scientia Agricola*, vol.63, p.341-350.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos (média, variância, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos, assimetria e curtose) e de ajuste dos semivariogramas (C_0 efeito pepita; C_1 variância estrutural, a alcance e r coeficiente de correlação) dos atributos do solo da Gleba Machadinho, RO.

Nutriente	Unidade	Média	Variância	CV (%)	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose	C_0	C_1	A	r	Ajuste
Macronutrientes													
Cálcio	cmol _c .kg ⁻¹	1,62	1,514	76,16	0,20	5,40	1,00	0,43	1,10	0,35	11039	0,35	Esférico
Magnésio	cmol _c .kg ⁻¹	0,45	0,102	71,29	0,10	1,30	1,02	0,23	0,06	0,07	7830	0,41	Esférico
Potássio	cmol _c .kg ⁻¹	0,13	0,004	49,13	0,03	0,32	0,99	0,87	0,00213	0,00271	20090	0,07	Exponencial
Sódio	cmol _c .kg ⁻¹	0,02	0,0001	69,88	0,01	0,07	2,37	6,28	0,00008	0,00016	22270	0,40	Exponencial
Soma de Bases	cmol _c .kg ⁻¹	1,90	1,410	62,64	0,39	4,79	0,72	-0,56	0,88	0,57	22020	0,48	Esférico
Alumínio	cmol _c .kg ⁻¹	0,29	0,058	83,45	0,00	1,00	1,10	0,50	0,04	0,02	22645	0,37	Gaussiano
Hidrogênio	cmol _c .kg ⁻¹	4,51	1,235	24,67	2,00	7,10	-0,25	-0,19	0,0082	0,006	15510	0,46	Exponencial
pH CaCl ₂		4,62	0,218	10,10	3,80	5,50	0,54	-1,04	0,00136	0,0005	10430	0,47	Esférico
pH água		5,39	0,310	10,33	4,50	6,60	0,75	-0,16	0,16	0,15	10030	0,44	Exponencial
Matéria Orgânica	g kg ⁻³	2,41	1,270	46,66	1,00	6,70	1,67	3,65	Efeito pepita puro				
Fósforo	cmol _c .kg ⁻¹	4,13	7,160	64,75	1,10	9,30	0,52	-1,26	Efeito Pepita Puro				
Capacidade Troca Catiônica	cmol _c .kg ⁻¹	8,14	8,190	35,14	6,00	18,30	2,33	4,62	0,0016	0,0012	15620	0,51	Esférico
Saturação de Bases	%	29,26	200,090	48,33	8,10	54,40	0,23	1,28	260	100	29358	0,32	Gaussiano
Micronutrientes													
Ferro	mg L ⁻¹	188,50	33170,00	96,65	10,90	838,50	1,73	2,67	15000	20000	11000	0,26	Esférico
Manganês	mg L ⁻¹	24,66	486,500	89,44	2,40	94,50	1,78	2,68	Efeito Pepita Puro				
Cobre	mg L ⁻¹	0,69	0,290	78,36	0,10	2,60	1,54	2,85	0,150	0,230	14000	0,12	Gaussiano
Zinco	mg L ⁻¹	4,51	3,690	42,59	2,00	10,20	1,07	0,97	Efeito Pepita Puro				
Boro	mg L ⁻¹	0,19	0,010	48,63	0,10	0,40	0,62	-0,67	0,003	0,006	8000	0,49	Esférico
Enxofre	mg L ⁻¹	6,20	11,240	54,13	0,70	17,40	1,25	2,16	4,800	7,000	10000	0,25	Esférico



Figura 1. Grade de pontos de amostragem na área da Gleba Machadinho, RO.

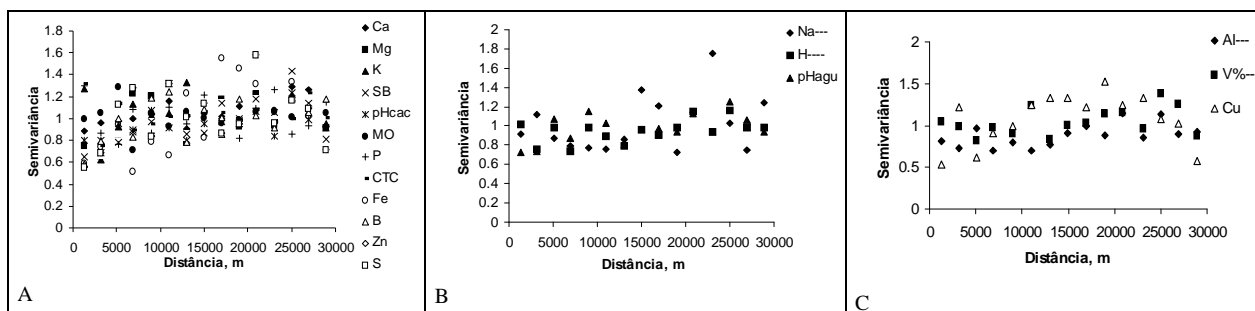


Figura 2. Semivariogramas escalonados dos atributos dos solos que apresentaram dependência espacial, modelos de ajuste: A: esférico, B: exponencial, C: gaussiano.

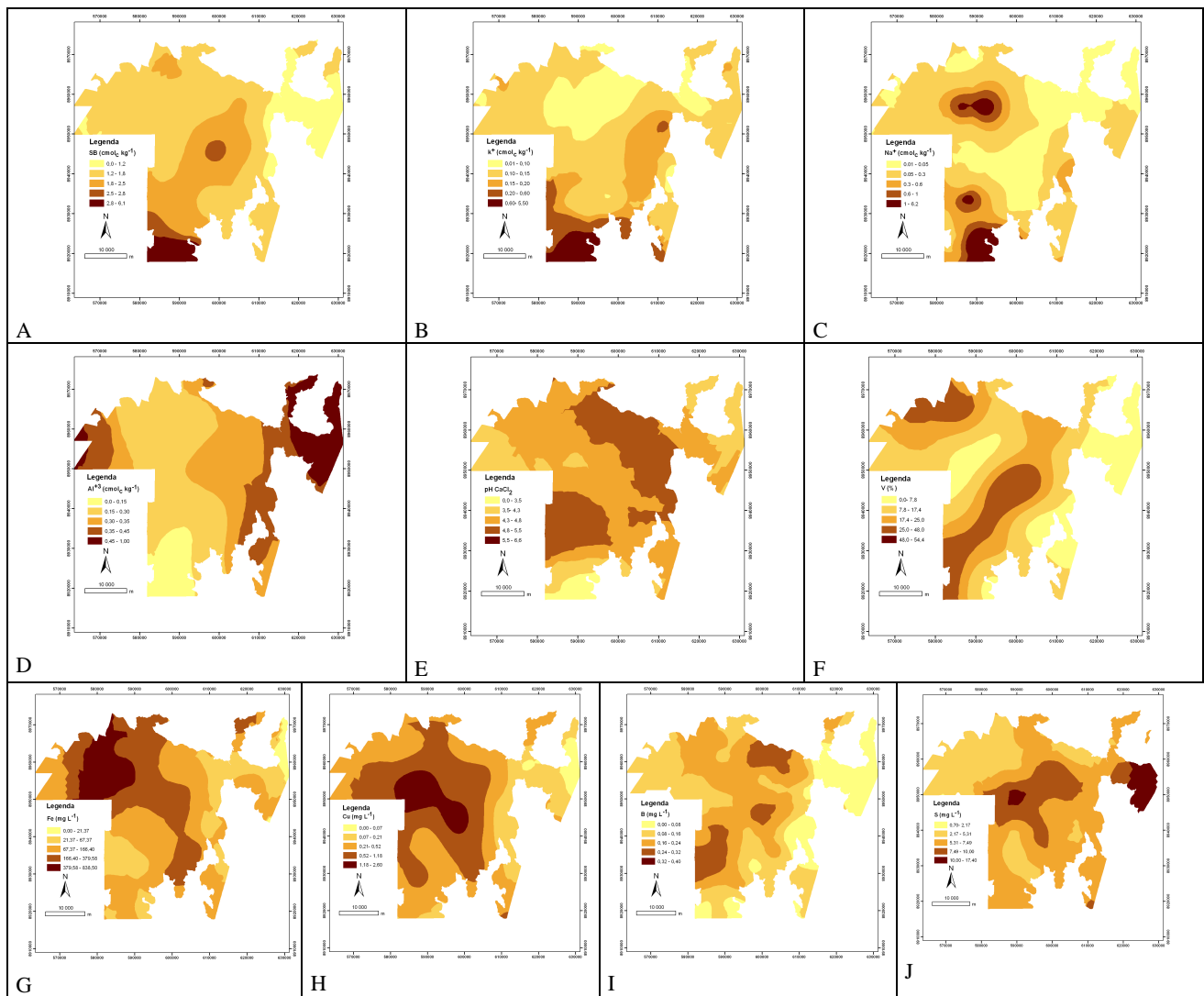


Figura 3: Mapas de isolinhas dos atributos dos solos da Gleba Machado: A: soma de bases (SB), B: potássio (K), C: sódio (Na), D: alumínio (Al), E: pH CaCl₂, F: saturação de bases (V%), G: Ferro (Fe), H: Cobre (Cu), I: Boro (B) e J: enxofre (S).