

ANÁLISE DA DEPENDÊNCIA ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

Rodrigo Lopes Bassoli¹, Alceu Linares Pádua Júnior¹, André Medeiros de Andrade¹

¹Instituto de Ciências Agrárias, campus Unai - UFVJM, Avenida Vereador João Narciso N° 1380, Bairro Cachoeira. e-mail: rodrigobassoli@hotmail.com.br; alceu.linares@ufvjm.edu.br; andre.medeiros@ufvjm.edu.br;

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade espacial de alguns atributos físicos e químicos do solo em três profundidades diferentes e relacionar com a produtividade de soja em grandes áreas. Foram utilizados 51 pontos amostrados e georreferenciados que posteriormente foram submetidos a uma análise estatística descritiva. Foi possível observar dependência espacial dos atributos físicos do solo nas três profundidades. Fósforo remanescente e pH em água apresentaram efeito pepita puro em todas as três profundidades. Para a produtividade da soja o IDE foi moderado e o alcance médio foi de 5500 metros, valor considerado elevado em decorrência da grande distância entre os pontos amostrados.

Palavras-chave — geoestatística, índice de dependência espacial, krigagem, soja, agricultura de precisão.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the spatial variability of some soil physical and chemical attributes at three different depths and relate to soybean yield over large areas. We used 51 georeferenced points that were analyzed statistically. The results indicate spatial dependence of soil physical properties in the three depths. Remaining phosphorus and pH in water showed pure nugget effect in all three depths. For soybean yield the FDI was moderate and the average range was 5500 m, value considered high due to the large distance between the points sampled.

Key words — geostatistics, spatial dependency index, kriging, soybean, precision agriculture.

1. INTRODUÇÃO

Agricultura de precisão é uma importante ferramenta no manejo químico e físico do solo. Seja na aplicação de fertilizantes, corretivos e condicionadores do solo até o manejo do mesmo de forma diferenciada como é o caso de zonas de manejo. Desta forma é imprescindível o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos a serem trabalhados no intuito de diminuir erros, realizar estratégias de amostragem e possíveis equívocos no momento em que se faz recomendação aos produtores.

A estatística básica é capaz de descrever um atributo do solo sem que se considere sua posição no espaço e devido ao manejo heterogêneo do solo na área de estudo, torna-se importante avaliar a distribuição espacial destes atributos. A geostática surge como alternativa para solucionar este problema, pois, através do semivariograma, é possível verificar a ocorrência da variabilidade espacial do solo [1]

O presente estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade espacial de alguns atributos físicos e químicos do solo em três profundidades diferentes e a produtividade da soja em grandes áreas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em uma fazenda localizada no município de Montes Claros de Goiás, GO, zona 22 sul, Longitude: UTM 430575,92 mE, Latitude: UTM 8251253,93 mN. A área destinada ao estudo possui 5.485 ha, sendo estes destinados ao cultivo de soja. Utilizou-se um conjunto de dados com 51 observações distribuídos de forma aleatória na área conforme ilustrado na Figura 1. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 80-100 cm, após as coletas as amostras analisadas em laboratório onde determinou-se os atributos químicos e físicos do solo. Para a obtenção da produtividade da soja colheu-se uma área equivalente a 1 hectare de forma mecanizada em cada ponto georreferenciado. Para os atributos químicos do solo na profundidade de 80-100 cm o n amostral é de 50 decorrente da perda de informação no momento da coleta dos dados.

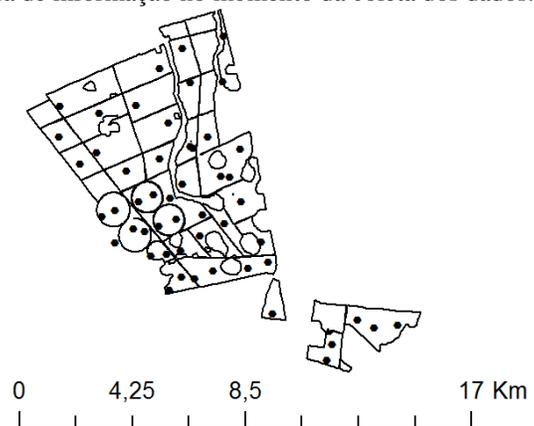


Figura 1. Distribuição dos pontos amostrais na área de estudo.

As variáveis analisadas foram: produtividade, argila, silte, areia, fósforo, potássio, saturação por bases e por

alumínio e pH em água. Tais variáveis foram adotadas devido às suas relações com a produtividade da soja. Os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva, calculando-se média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, coeficiente de assimetria e de curtose.

A estatística descritiva foi calculada através do programa Sisvar. A dependência espacial foi determinada a partir dos ajustes dos variogramas que tiverem a melhor relação entre $y(h)$ versus h . A interpolação foi realizada por meio da Krigagem ordinária, os modelos foram padronizados em Gaussiano para atributos físicos e Exponencial para atributos químicos, pois, segundo [2], esses modelos se ajustam adequadamente às variáveis em questão.

Sendo assim, os parâmetros efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C) e alcance (A) foram determinados. O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado conforme a equação 1.

$$IDE = \left(\frac{C}{C_0 + C} \right) 100 \quad (1)$$

O índice de dependência espacial dos atributos (IDE) foi determinado e classificado segundo [3], utilizando a equação 2 e assumindo os seguintes intervalos: dependência espacial baixa para $IDE < 25\%$, moderada para $25\% < IDE < 75\%$ e forte para $IDE > 75\%$. O Efeito Pepita Puro ocorre quando o valor do semivariograma é igual ao do patamar, indicando ausência de dependência espacial. O efeito pepita puro indica se a distribuição espacial é aleatória ou se a malha amostral não possui informações suficientes para detectar a dependência, que, se existir será menor que a distância entre dois pontos vizinhos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores da estatística descritiva e a distribuição de frequência dos dados aqui trabalhados. O desvio padrão indica a média de dispersão dos dados em torno da média amostral, a variável pH em H_2O na camada de 20-40 cm apresentou o menor valor (0,30), sendo o maior valor (12,77) observado na variável saturação por alumínio (m%) para a mesma profundidade. Os coeficientes de variação (CV) variaram entre 5,35 a 144,32 para pH em H_2O e m%, respectivamente.

Em geral, pode-se notar que o CV não variou em função da profundidade, sendo assim, é possível inferir que o comportamento dos dados possuem um certo padrão dentro de cada camada. Essa informação pode ser validada pelo fato das médias dos atributos variarem pouco em função da profundidade, exceto no caso do fósforo que é um elemento de baixa mobilidade vertical e horizontal no solo. O coeficiente de curtose (Ck) indica o achatamento da distribuição de frequência dos dados, se ($CK > 0$) a curva de distribuição é achatada, das variáveis estudadas, treze delas

apresentaram esse comportamento, as demais apresentam a curva de distribuição alongada.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos do solo em três diferentes profundidades.

	n	Média	s	CV	Mediana	V. Min	V. Max	c.a	k
Produtividade	51	58,36	9,81	16,82	60	30	76	0,54	0,649
0-20 cm									
Silte (dag Kg ⁻¹)	51	6,34	2,33	36,85	5,92	2,20	11,68	0,33	-0,42
Areia (dag Kg ⁻¹)	51	67,14	5,11	7,62	67,12	57,21	80,00	0,37	-0,39
P-res (mg dm ⁻³)	51	21,83	12,73	58,32	18,58	5,59	56,59	1,06	0,37
K (mmolc dm ⁻³)	51	1,25	0,71	56,34	1,05	0,50	4,28	2,29	0,75
V%	51	48,98	12,22	24,95	48,34	24,91	74,11	0,15	-0,57
m%	51	6,15	8,92	144,32	2,50	0,00	38,87	2,04	3,87
pH H ₂ O	51	5,48	0,44	8,06	5,40	4,71	7,01	1,13	1,85
20-40 cm									
Argila (dag Kg ⁻¹)	51	27,72	5,39	19,44	27,50	12,50	39,96	0,56	0,57
Silte (dag Kg ⁻¹)	51	7,14	2,32	32,45	6,97	2,20	11,29	0,10	-0,08
Areia (dag Kg ⁻¹)	51	65,07	5,42	8,32	64,65	53,72	77,10	0,08	-0,41
P-res (mg dm ⁻³)	51	7,95	4,74	59,67	6,47	3,07	29,25	2,44	8,14
K (mmolc dm ⁻³)	51	1,10	0,61	55,43	0,94	0,41	3,31	1,68	3,30
V%	51	43,53	12,73	29,24	41,65	21,83	76,75	0,86	0,57
m%	51	15,98	12,77	80,32	14,06	0,00	41,77	0,47	-0,86
pH H ₂ O	51	5,52	0,30	5,35	5,53	5,01	6,22	0,39	-0,36
80-100 cm									
Argila (dag Kg ⁻¹)	51	34,26	4,92	14,36	34,95	22,47	42,50	0,32	-0,40
Silte (dag Kg ⁻¹)	51	7,83	2,73	34,88	8,21	2,79	14,55	0,13	-0,25
Areia (dag Kg ⁻¹)	51	57,91	5,61	9,69	58,84	47,30	68,90	0,08	-0,69
P-res (mg dm ⁻³)	50	3,87	2,22	57,25	3,46	0,94	13,93	2,71	10,28
K (mmolc dm ⁻³)	50	0,62	0,37	60,49	0,53	0,24	2,35	2,46	8,65
V%	50	40,38	10,17	25,19	40,00	20,83	46,27	0,45	0,03
m%	50	10,20	9,57	93,81	7,70	0,00	43,11	1,72	3,25
pH H ₂ O	50	5,64	0,47	8,31	5,59	4,78	6,84	0,58	0,26

n: número de observações; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; c.a: coeficiente de assimetria; k: coeficiente Curtose; P (mg dm⁻³): fósforo resina; K (mmolc dm⁻³): potássio; V%: saturação por base; m%: saturação

A análise geoestatística é ilustrada na Tabela 2. Pode-se notar que para a profundidade de 0-20 cm, o índice de dependência espacial (IDE), foi considerado alto para a variável potássio, Efeito Pepita Pura (EPP) para fósforo e pH em H_2O e as demais variáveis o IDE foi moderado. Na camada 20-40 cm houve EPP para fósforo, saturação por alumínio pH em H_2O , IDE baixo para silte e areia e moderada para as demais variáveis. Na camada mais profunda houve EPP para potássio, fósforo, saturação por alumínio pH em H_2O , IDE forte para saturação por bases e moderado para as demais variáveis. Para esse conjunto de dados o menor alcance foi de 1980m e maior de 11343m.

Atributo	Modelo	a	0-20 cm			Modelo	a	20-40 cm			Modelo	a	80-100 cm		
			C0+C	C	IDE			C0+C	C	IDE			C0+C	C	IDE
Argila (dag Kg ⁻¹)	Gaussiano	3927	23,6	12,1	Moderada	Gaussiano	9017	34,6	11,4	Moderada	Gaussiano	2700	18,9	5,1	Moderada
Silte (dag Kg ⁻¹)	Gaussiano	6550	6,3	2,5	Moderada	Gaussiano	2035	4,7	0,9	Baixa	Gaussiano	3487	8,8	3,8	Moderada
Areia (dag Kg ⁻¹)	Gaussiano	3856	26,0	18,5	Moderada	Gaussiano	3963	27,4	5,8	Baixa	Gaussiano	11750	48,6	28,5	Moderada
P-res (mg dm ⁻³)	EPP	-	-	-		EPP	-	-	-		EPP	-	-	-	
K (mmolc dm ⁻³)	Exponencial	5118	0,6	0,4	Forte	Exponencial	8536	0,5	0,3	Moderada	EPP	-	-	-	
V%	Exponencial	4382	158,3	76,4	Moderada	Exponencial	11343	170,9	82,9	Moderada	Exponencial	3097	130,8	114,3	Forte
m%	Exponencial	1980	106,3	81,5	Forte	EPP	-	-	-		EPP	-	-	-	
pH H ₂ O	EPP	-	-	-		EPP	-	-	-		EPP	-	-	-	
Produtividade	Exponencial	1505	80,8	72,8	moderada										

a (m): Alcance. C0+C: Patamar. IDE: Índice de Dependência Espacial. P(mg dm⁻³): fósforo resina. K (mmolc dm⁻³): potássio. V%: saturação por base. m%: saturação por alumínio. pH H₂O: pH extraído em água. Argila, Silte e Areia (dag Kg⁻¹)

Diante do presente estudo, é possível notar que houve pouca variação nas médias dos atributos físicos e químicos do solo, porém, faz-se necessário a aplicação de um teste de médias para comprovar esta afirmação. O elemento fósforo, por ser um elemento de baixa mobilidade e estar presente principalmente nas camadas superficiais, sendo sua concentração baixa em maiores profundidades. Mesmo com sua pouca mobilidade, em solos arenosos, os nutrientes tendem a percolar no perfil de solo, porém, no presente estudo essa percolação pelo elemento é baixa. O CV mais alto foi observado para a variável m%, isso se deve à alta ocorrência de valores iguais a zero, fazendo com que o coeficiente de variação fique alto. Avaliando a variabilidade espacial de atributos do solo cultivado com soja, [2] notou que a variável m% também possui um alto CV 143%.

A variabilidade espacial foi observada em 15 das 24 variáveis analisadas. A variável P-res e pH H₂O apresentaram efeito pepita puro em todas as profundidades, isso indica que a distribuição espacial na presente área de estudo é aleatória. Outro fator que deve ser considerado é distância elevada entre os pontos vizinhos, reduzindo a eficiência de detecção de dependência dessa variável no espaço. O grande espaço entre dois pontos foi evidenciado pelo valor do alcance médio de 5500 m, sendo o maior valor 11343 m para a variável V%. Observou-se EPP para pH em água e IDE moderado para P resina na profundidade de 0-20 cm [2]. Também observou-se EPP para o elemento fósforo. Observou-se dependência espacial em todos os atributos físicos do solo em todas as profundidades [4]. O mesmo resultado para os atributos físicos do solo em três profundidades diferentes (0-25 cm, 0,25-50 cm e 80-100 cm) [5]. A variabilidade espacial da soja foi classificada com um IDE moderado, Segundo [6] a produtividade da soja em um Planossolo também apresentou o IDE moderado.

4. CONCLUSÕES

Os atributos físicos do solo apresentaram variabilidade espacial em todas as profundidades enquanto as variáveis fósforo resina e pH em água não apresentaram variabilidade espacial em nenhuma das três profundidades diferentes. O alcance médio das variáveis estudadas foi de 5500 m devido a grande distância entre os pontos vizinhos.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Vieira, S.R.; Lombardi Neto, F. "Variabilidade espacial de potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo". *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p.405-412, 1995.
- [2] Bottega, E. L.; Queiroz, D.M.; Carvalho Pinto, F.A.; Souza, C.M, "Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro". *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- [3] Zimback, C. R. L. "Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo". 114 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- [4] Machado, L.O.; Lana, A. M.Q.; Lana, R.M.Q.; Guimarães, E.C.; Feerreira, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v.31, n 2, pp., 591-599, 2007
- [5] Campos, M. C.; Marques Júnior, j.; Pereira, G.T; Montanari, R.; Siqueira, D.S. "Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP". *Revista Ciência Agronômica*, v. 38, n. 02, p. 149-157, 2007.
- [6] Reichert, J.M.; Dariva, T.A.; Reinert, D.J.; Silva, V.R. Spatial variability of a Planosol and soybean yield on a land-leveled paddy soil: geostatistical and regression analysis. *Cienc. Rural*. v.38, p. 981-988, 2008

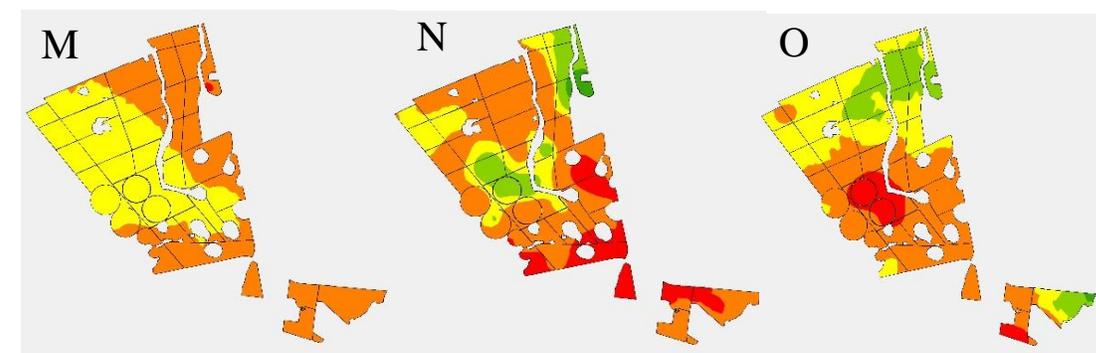
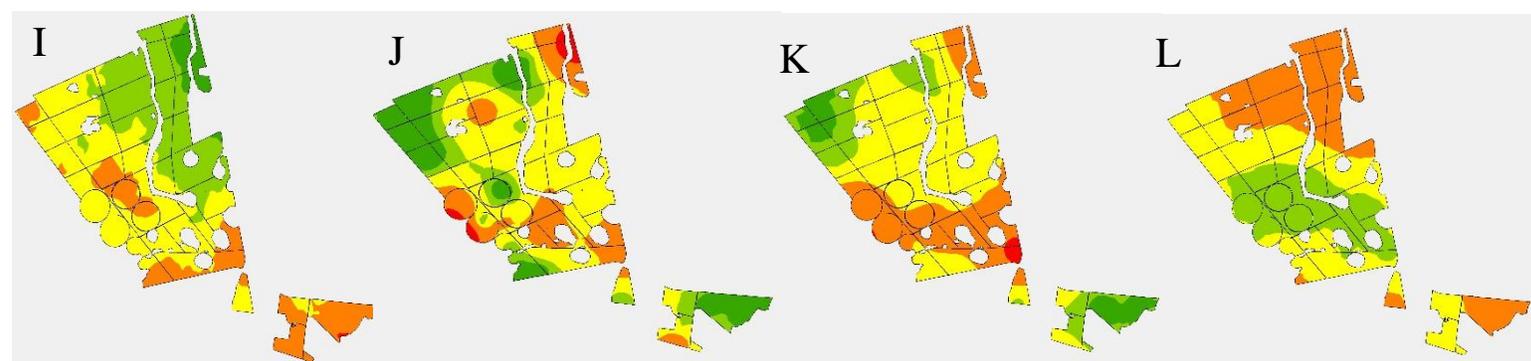
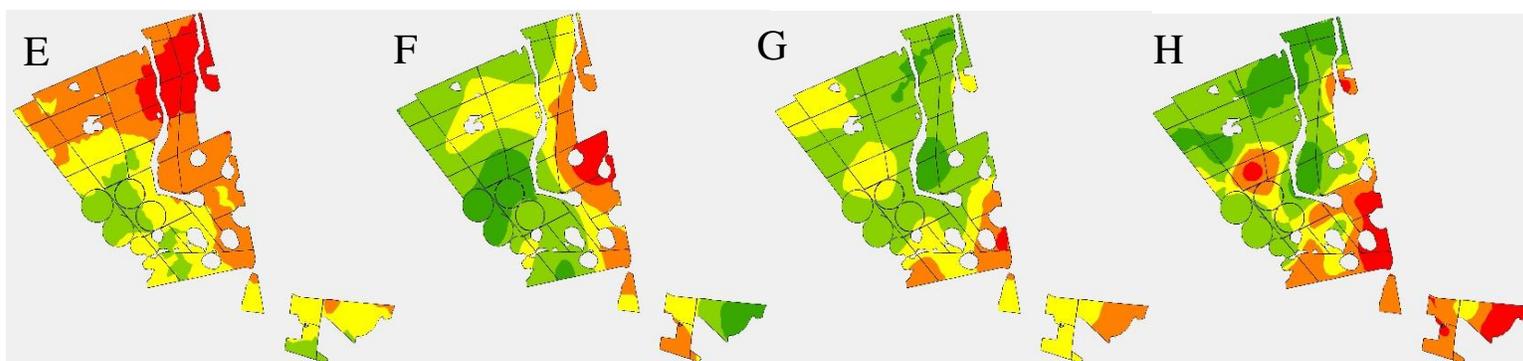
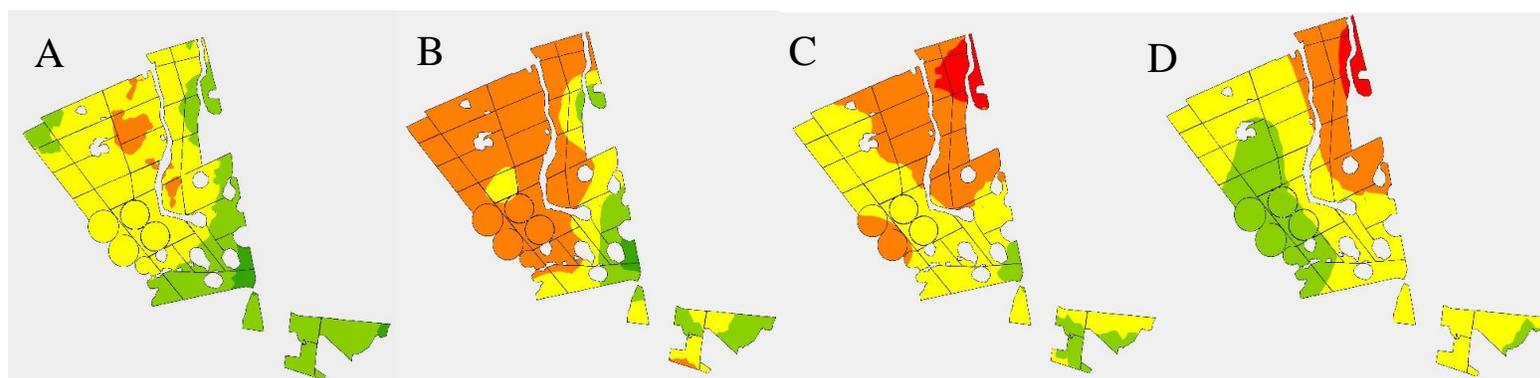


Figura 2: Mapas temáticos dos atributos químicos e físicos do solo em três diferentes profundidades, nos quais apresentaram dependência espacial. Na rampa de cores, a cor vermelha representa os valores mais altos e a cor verde os mais baixos.