

Distribuição dos agregados em terra preta arqueológica de áreas cultivadas no município de Novo Aripuanã, Amazonas

Distribution of households in archaeological black earth of cultivated areas in the municipality of Novo Aripuanã, Amazonas

José Carlos Marques Pantoja¹; Jose Mauricio da Cunha²; Milton César Costa Campos²; Lucas Firmo Dantas Silva¹; Antonio Francisco de Mendonça Júnior³

Resumo - Em meio à vasta região Amazônica, ocorrem áreas de elevada fertilidade, onde as características originais do solo foram modificadas por processos antrópicos, as Terras Pretas Arqueológicas que apresentam coloração escura e elevada fertilidade natural. Objetivou-se neste trabalho, investigar a distribuição dos agregados no solo em áreas de Terras Pretas Arqueológicas cultivadas com pastagem e feijão guandu na região de Novo Aripuanã, Amazonas. Foram escolhidas duas áreas de terra preta arqueológica sob cultivo de pastagem e feijão guandu na região de Novo Aripuanã, Amazonas. Nesses locais foram estabelecidas malhas de 56 m x 80 m com espaçamento regular de 8 m x 8 m para a área de feijão guandu e de 20 m x 68 m com espaçamento de 5 m x 4 m para a área com pastagem, em seguida foram amostradas nos pontos de cruzamento da malha. Os pontos foram georreferenciado com um equipamento de GPS e em seguida coletadas amostras de solos nas camadas 0,0-0,05 m; 0,05-0,10 m e 0,10 - 0,20 m. Foram determinados as classes de agregados >2 mm, classe de agregados 2-1 mm, diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado. Os dados foram utilizados as análises estatísticas e geoestatística. O DMG e DMP foram altos nas áreas sob TPA sob o cultivo de feijão guandu e pastagem, indicando que o solo tem uma boa agregação e apresentaram diferentes alcances em todas as camadas estudadas. As classes de agregados >2 mm e <2 mm apresentaram valores desejáveis e diferentes alcances em todas as camadas estudadas.

Palavras-chave: atributos do solo, solos da Amazônia, variabilidade espacial

Abstract: Amid the vast Amazon region, there are areas of high fertility, where the properties of the soil have been modified by human activity, the Archaeological Dark Earths (ADE) earth that have dark coloration and high natural fertility. The objective of this study was to investigate the distribution of households in the soil in areas of Archaeological Dark Earths cultivated land with pasture and bean in Novo Aripuana region, Amazonas. They were chosen two areas of Archaeological Dark Earths under pasture and bean in the Novo Aripuana region, Amazonas. These sites were established mesh of 56 mx 80 m with regular spacing of 8 mx 8 m for the bean area and 20 mx 68 m with spacing of 5 mx 4 m to the area with pasture, then they were sampled in points cross mesh. The points were georeferenced with a GPS device and then collected samples of soil in layers 0.0-0.05; 0.05-0.10; 0.10 to 0.20 m. Were determined the aggregate classes > 2 mm, 2-1 mm aggregate class, geometric mean diameter and average diameter. The data were used statistical and geostatistical analysis. The ADG and WAD were high in areas under ADE under the bean crop and pasture, indicating that the soil has a good aggregation and showed different ranges in all studied layers. The aggregates classes > 2 mm and <2 mm are desirable values and different ranges in all studied layers.

Keywords: soil attributes, Amazonian soils, spatial variability

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 17/09/2015; aprovado em 22/11/2015

¹Graduando de Agronomia, e-mail: carlosmpant@gmail.com; lucaslabel@gmail.com

²Professor Adjunto do IEAA/UFAM: mcesarsolos@gmail.com; maujmc@gmail.com

³Doutor em Fitotecnia pala UFERSA. E-mail: mendoncajr@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

Na região Amazônica em sua extensão ocorrem áreas de elevada fertilidade, onde as características originais do solo foram modificadas por processos antrópicos. Estes solos são conhecidos como Terras Pretas Arqueológicas (TPAs), ou Terra Preta de Índio, podendo ser comumente encontrados na paisagem amazônica (COSTA et al., 2004). A sua formação ainda não é bem explicada, sendo motivo de controvérsias de vários estudos entre os pesquisadores.

Segundo Lima et al. (2002), as TPAs localizam-se em antigos assentamentos e que apresentam grandes quantidades de artefatos culturais submersos. De coloração escura, estes solos apresentam um elevado teor de material orgânico, decomposto em parte na forma de carvão, como resíduo de fogueiras domésticas e de queimadas para uso agrícola do solo. De acordo com Glaser (2007), estes solos apresentam normalmente elevada fertilidade natural, atribuída às propriedades físico-químicas da matéria orgânica, principalmente pela contribuição significativa do carbono pirogênico, formado por oxidação incompleta de materiais orgânicos (DERENNE; LARGEAU, 2001), e que exibem alta resistência à oxidação termal, química e até a foto-oxidação (SKJEMSTAD et al., 1996).

As TPAs apresentam uma distribuição geográfica por toda a Amazônia em forma de manchas descontínuas, normalmente associado a cursos de água e a ambientes bem drenados ou em locais com posição topográfica que permita boa visualização do terreno, ocupando algumas centenas de hectares (GERMAN, 2003), estas áreas são, muitas vezes, substituído por atividades voltadas para fins industriais ou produção de alimentos onde, segundo Silva et al. (2005), em razão de alguns processos que levam ao empobrecimento das características físicas, químicas e biológicas, provoca degradação do solo.

Um dos principais atributos do solo relacionados a sua qualidade é a formação de macroagregados estáveis, os quais são responsáveis pela estrutura do solo, entre outras propriedades emergentes (MIELNICZUK et al., 2003). De acordo com Azevedo e Dalmolin (2004), a formação dos agregados do solo depende dos fatores que promovem a aproximação das partículas primárias, e dos fatores que mantêm as partículas unidas contra as forças que tendem a separá-las. Para Baver et al. (1973) e Oliveira et al. (1996), a estabilidade de uma estrutura significa a resistência que os agregados do solo apresentam às influências da desintegração proporcionada pela água e da manipulação mecânica, demonstrando a importância para a formação e manutenção das boas relações estruturais do solo.

Segundo a teoria da hierarquização proposta por Tisdall e Oades (1982), os agregados podem ser classificados, de acordo com o seu tamanho em cinco grupos (< 2 µm; de 2 a 20 µm; de 20 a 250 µm; de 250 µm a 2 mm; e > 2 mm). Os menores que 250 µm são denominados micro agregados e os maiores, macro agregados, sendo cada agregado formado pela união dos agregados da classe que vem logo abaixo, seguindo, assim, uma ordem hierárquica.

Propõe-se, neste trabalho, investigar a distribuição dos agregados no solo, especialmente em áreas Terras Pretas Arqueológicas cultivadas com Pastagem e Feijão Guandu, a fim de se obter as características estruturais das áreas de manejos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na zona rural do município de Novo Aripuanã, sul do Estado do Amazonas, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W. A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático AM (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual varia entre 2.500 mm, e com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As médias anuais de temperatura variam em torno de 25° C e 27° C, e a umidade relativa do ar varia entre 85 e 90%.

O estudo incluiu duas áreas de Terra Preta Arqueológica, a primeira encontra-se sob cultivo de feijão guandu (*Cajanus cajan*) com espaçamento de 1,0 x 0,8 m estando coberto com várias plantas trepadeiras nativa e, a segunda com brachiaria (*Brachiaria brizanta*), sendo que essas áreas de TPA sob cultivo de feijão guandu e pastagem abrigaram nos últimos 25 anos os cultivos milho, feijão e melancia. Ambas as áreas estão sob Latossolo Amarelo Eutrófico argissólico, segundo a SiBCS (EMBRAPA, 2013).

Nesses locais foram estabelecidas malhas de 56 m x 80 m com espaçamento regular de 8 m x 8 m para a área de feijão guandu e de 20 m x 68 m com espaçamento de 5 m x 4 m para a área com pastagem, em seguida foram amostradas nos pontos de cruzamento da malha. O tamanho das malhas foi escolhido de tal forma que pudesse haver homogeneidade no manejo de área em estudos. Esta metodologia segue o mesmo utilizado por Vieira (2000), adaptado para as áreas em estudos. Os pontos foram georreferenciado com um equipamento de GPS e em seguida coletadas amostras de solos nas camadas 0,0 - 0,05 m; 0,05 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m.

Nas respectivas camadas foram coletadas amostras indeformadas para determinação da estabilidade dos agregados no solo para a determinação dos atributos diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), agregados na classe >2 mm e agregados na classe 2-1 mm. As amostras foram levemente destorroadas, de forma manual, e passadas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, secadas à sombra, para as análises relativas à agregação. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas segundo a metodologia de Kemper e Chepil (1965), com modificações nas seguintes classes de diâmetro: > 2,0; 2,0 - 1,0; 1,0 - 0,25; 0,25 - 0,10; 0,10 - 0,05 e < 0,05 mm. Os agregados foram colocados inicialmente em contato com a água sobre a peneira de 4,76 mm por quinze minutos. Após precipitados, a massa do material retido em cada peneira foi colocada em estufa a 105°C. Os resultados foram expressos em percentual dos agregados retidos nas peneiras classe de agregados >2 mm, classe de agregados 2-1 mm, DMG e DMP.

Os dados foram utilizados para análises por meio da estatística descritiva, sendo calculado a média, mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e curtose. As hipóteses de normalidade dos dados foram testadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do software computacional Minitab 14 (MINITAB, 2000).

Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geostatística, com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca. O semivariograma foi estimado pela equação 1.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Onde: $\hat{\gamma}(h)$ o valor da semivariância para uma distância h , $N(h)$ o número de pares envolvidos no cálculo da semivariância, $Z(x_i)$ o valor do atributo Z na posição x_i e $Z(x_i+h)$ o valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x_i .

Na determinação da existência ou não da dependência espacial, se utilizou o exame de semivariogramas, por meio do programa GS+ (ROBERTSON, 1998). No caso de mais de um modelo para o mesmo semivariograma, foi escolhido o maior coeficiente de determinação (VIEIRA et al., 2002).

Os ajustes dos modelos experimentais ao semivariograma foram baseados no maior valor do coeficiente de determinação e no menor valor da raiz quadrada do erro médio. O grau da dependência espacial dos dados foi classificado como: forte, se os semivariograma que

têm um efeito pepita < 25% do patamar; moderada, quando o efeito pepita está entre 25 e 75%; e fraca, se o efeito pepita for > 75%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análises descritiva são apresentadas nas Tabelas 1 (TPA sob o cultivo de pastagem) e Tabela 2 (TPA sob o cultivo de feijão guandu). Todas as variáveis apresentaram a média e mediana com valores próximos, evidenciando distribuições simétricas. Observou-se os coeficientes de curtose variando entre -0,89 a 1,46 enquanto que assimetria variou de -1,30 a 1,21 indicando que os valores estão um pouco afastados da simetria. Na área de TPA sob o cultivo de feijão guandu (Tabela 2) os coeficientes de curtose variam de -1,20 a -0,21 e a assimetria variou de -0,84 a 0,84 indicando valores próximos da assimetria concordando com Campos et al. (2007).

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, classe de agregados > 2mm e classe de agregados < 2mm em área de TPA sob o cultivo de pastagem na região de Novo Aripuanã, AM.

Parâmetros	Camada 0,00 - 0,05 m				
	>2mm	%	<2mm	DMG	DMP
					mm
Média	90,25		9,74	2,65	3,06
Mediana	91,85		8,15	2,69	3,11
Desvio Padrão	5,32		5,32	0,26	0,15
CV%	5,9		54,69	9,91	5,19
Assimetria	-1,21		1,21	-0,34	-1,20
Curtose	0,87		0,87	-0,23	0,89
d	0,00		0,00	0,200*	0,00
	Camada 0,05 - 0,10 m				
Média	83,83		16,16	2,25	2,79
Mediana	85,50		14,49	2,31	2,90
Desvio Padrão	9,94		9,94	0,61	0,41
CV%	11,86		61,54	27,43	14,93
Assimetria	-0,75		0,75	-0,49	-1,30
Curtose	-0,32		-0,32	-0,25	1,46
d	0,04		0,00	0,07*	0,00*
	Camada 0,10 - 0,20 m				
Média	63,15		36,84	1,60	2,27
Mediana	62,83		37,17	1,47	2,26
Desvio Padrão	20,42		20,42	0,66	0,60
CV%	32,34		55,43	41,51	26,45
Assimetria	-0,28		0,28	0,37	-0,32
Curtose	-0,70		-0,70	-0,89	-0,63
d	0,20*		0,20*	0,00	0,20

CV = Coeficiente de Variação; d = teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5 % de probabilidade.

Os resultados do teste normalidade em TPA sob o cultivo de pastagem (Tabela 1) mostram que o teste não foi significativo ao nível de 5 % de probabilidade para a maioria das variáveis estudadas, exceção para a variável DMG nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m; DMP na camada de 0,10-0,20 m e classe de agregados >2mm e classe de agregados <2mm na camada 0,10 - 0,20 m que apresentou diferença significativa.

Em relação a TPA sob o cultivo de feijão guandu (Tabela 2) apenas as variáveis classe de agregados >2mm e DMG na camada de 0,10-0,20 m apresentaram significância. Porém, a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, sendo conveniente apenas que a distribuição não seja muito assimétrica, o que poderia comprometer as análises (CRESSIE, 1991).

Tabela 2. Estatística descritiva para as variáveis diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, classe de agregados > 2mm e classe de agregados < 2mm em área de TPA sob o cultivo de feijão guandu na região de Novo Aripuanã, AM.

Parâmetros	Camada 0,00 - 0,05 m			
	>2mm %	<2mm %	DMG mm	DMP mm
Média	79,08	17,92	2,20	2,76
Mediana	83,17	14,98	2,23	2,86
Desvio Padrão	12,89	11,75	0,59	0,38
CV%	16,29	65,56	26,81	13,76
Assimetria	-0,50	0,51	-0,16	-0,52
Curtose	-0,74	-0,79	-1,20	-0,69
d	0,00	0,00	0,00	0,00
Camada 0,05 - 0,10 m				
Média	80,71	17,79	2,26	2,81
Mediana	84,31	14,82	2,35	2,90
Desvio Padrão	10,96	10,64	0,47	0,29
CV%	13,57	59,80	20,79	10,32
Assimetria	-0,84	0,84	-0,51	-0,82
Curtose	-0,22	-0,28	-0,38	-0,21
d	0,00	0,00	0,03	0,00
Camada 0,10 - 0,20 m				
Média	55,22	41,36	1,43	2,05
Mediana	55,12	40,40	1,39	2,07
Desvio Padrão	20,08	19,08	0,55	0,59
CV%	36,36	46,13	38,46	28,78
Assimetria	-0,25	0,24	0,25	-0,31
Curtose	-0,82	-0,80	-0,75	-0,73
d	0,03*	0,07	0,20*	0,03

CV = Coeficiente de Variação; d = teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5 % de probabilidade.

De acordo com a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen, (1980) TPA sob o cultivo de pastagem na camada de 0,00-0,05 m das variáveis DMG e DMP e a classe de agregados >2mm nas camadas de 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m apresentaram valores baixos (CV < 12%) o que indica baixa variabilidade dos dados, os demais atributos apresentam CV moderado (12% ≤ CV < 60%), com exceção da classe de agregados <2mm de 0,05-0,10 m que apresentou CV alto (CV ≥ 60%) (Tabela 1). Já nas áreas sob TPA sob o cultivo de feijão guandu apenas a variável DMP de 0,05-0,10 m apresentou CV baixo (CV < 12%) as demais com exceção da variável da classe de agregados <2 mm de 0,00 - 0,05 que apresentou CV alto (CV ≥ 60%) as demais apresentaram CV moderado (12% ≤ CV < 60%), concordando com os encontrados por Souza et al. (2004).

Os resultados da análise geoestatística apresentados nas Tabelas 3 e 4, mostraram que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência espacial fraca, segundo a classificação proposta por (CAMBARDELLA et al., 1994).

Tabela 3. Parametros geoestatísticos para as variáveis diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, classe de agregados > 2mm e classe de agregados < 2mm em área de TPA sob o cultivo de pastagem na região de Novo Aripuanã, AM.

Parametros	Camada 0,00 - 0,05 m			
	DMG mm	DMP mm	>2mm %	<2mm %
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,01	0,00	2,97	0,01
C0 + C1r	0,12	0,02	30,70	155,60
a (m)	17,50	18,00	15,00	14,00
C0/ C0 + C1	0,98	0,91	0,90	0,99
r ²	0,80	0,74	0,79	0,79
VC	0,84	0,84	0,76	0,80
Camada 0,05 - 0,10 m				
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,02	0,01	0,10	0,10
C0 + C1r	0,37	0,16	199,10	175,60
a (m)	15,00	17,40	14,10	13,80
C0/ C0 + C1	0,92	0,88	0,99	0,99
r ²	0,90	0,87	0,72	0,79
VC	0,90	0,81	0,77	0,76
Camada 0,10-0,20 m				
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,44	0,04	76,00	78,60
C0 + C1r	0,44	0,44	416,20	340,10
a (m)	29,10	27,60	41,40	33,40
C0/ C0 + C1	0,89	0,89	0,81	0,81
r ²	0,75	0,72	0,86	0,81
VC	0,79	0,73	0,76	0,76

Co: Efeito pepita; C0 + C1r: Patamar; a(m): Alcance; C0 + C1: Grau de dependência espacial; VC: Validação cruzada.

Tabela 4. Parâmetros geoestatísticos para as variáveis diâmetro médio geométrico, diâmetro médio ponderado, classe de agregados > 2mm e classe de agregados < 2mm em área de TPA sob o cultivo de feijão guandu na região de Novo Aripuanã, AM.

Parâmetros	Camada 0,0 - 0,05 m			
	DMG mm	DMP mm	>2mm %	<2mm %
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,01	0,00	2,97	0,01
C0 + C1r	0,15	0,02	28,70	149,60
a (m)	16,30	17,00	13,00	15,00
C0/ C0 + C1	0,98	0,92	0,94	0,99
r ²	0,82	0,79	0,75	0,79
VC	0,81	0,84	0,79	0,83
Camada 0,05 - 0,10 m				
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,42	0,03	0,01	0,12
C0 + C1r	0,84	0,18	8,99	162,60
a (m)	33,90	18,82	35,10	14,00
C0/ C0 + C1	50,00	16,67	29,14	0,91
r ²	0,84	0,85	0,95	0,72
VC	0,60	0,75	0,91	0,80
Camada 0,10 - 0,20 m				
Modelo	Exp	Exp	Exp	Exp
Co	0,47	0,04	76,00	71,60
C0 + C1r	0,32	0,44	400,20	290,10
a (m)	25,20	22,60	36,40	28,40
C0/ C0 + C1	0,89	0,89	0,81	0,81
r ²	0,76	0,75	0,82	0,81
VC	0,83	0,79	0,79	0,78

Co: Efeito pepita; C0 + C1r: Patamar; a(m): Alcance; C0 + C1: Grau de dependência espacial; VC: Validação cruzada.

O modelo de semivariograma que melhor se ajustaram as variáveis DMG, DMP, classe de agregados >2 mm e classe de agregados <2 mm para áreas sob TPA sob o cultivo de feijão guandu e pastagem foi o exponencial (Tabela 3 e 4). De acordo com Carvalho et al. (2002) o modelo matemático esférico ajustado a todos os semivariogramas é o que predomina nos trabalhos em Ciência do Solo, por outro lado Mcbratney e Webster (1986), destacam que os modelos de ajuste do semivariograma para as propriedades do solo mais frequentemente encontrado são os modelos esférico e exponencial.

As variáveis apresentaram diferentes alcances de dependência espacial sendo que a classe de agregados >2 mm na camada de 0,10-0,20 m apresentou o maior alcance de 41,40 m (Tabela 1), por outro lado, o menor alcance foi encontrado na classe de agregados <2 mm. na profundidade de 0,0-0,05 m com 13,00 m.

CONCLUSÕES

O DMG e DMP foram altos nas áreas sob TPA sob o cultivo de feijão guandu e pastagem, o que implica dizer que o solo tem uma boa agregação do solo e apresentaram diferentes alcances em todas as camadas estudadas.

As classes de agregados >2 mm e <2 mm apresentaram valores desejáveis e diferentes alcances em todas as camadas estudadas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. Solos e Ambiente: uma introdução. Santa Maria: **Pallotti**, 2004. 100p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.A.; GARDNER, W.R. Física de suelos. México: **Centro Regional de Ayuda Técnica**, 1973. p.138-242.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B., NOVAK J.M.; PARKIN T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. 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 Agrônômica**, v.38, n.38, 149-157. 2007.
- CARVALHO, J. R. P. de; Silveira, P. M. da; Vieira, S. R. Geostatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8, p.1151-1159, 2002.
- COSTA, M. L.; KERN, D. C.; PINTO, A. H. E.; SOUZA, J. R. T. The ceramic artifacts in archaeological black earth (terra preta) from Lower Amazon Region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. **Acta Amazonica**. v. 34, p. 375-386, 2004.
- CRESSIE, N. A. C. Statistics for spatial data. New York: **John Wiley & Sons**, 1991. 900p.
- DERENNE, S.; LARGEAU, C. A review of some important families of refractory macromolecules: Composition, origin, and fate in soils and sediments. **Soil Science**, v.166, n.3, p.883-884, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. revisada e ampliada. Brasília, 2013. 353p.
- GERMAN, L.A. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. **Geoderma**, v.111, n.6, p.307–331, 2003.
- GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v.362, p.187– 196, 2007.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, **American Society of Agronomy**, 1965. p.449-510.
- LIMA, H.N.; SCHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.j.; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Columbian land use of “Terra Preta Anthrosols” (“Indian black earth”) of Western Amazonia. **Geoderma**, v.110, p.1-17, 2002.
- MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms and fitting them to sampling estimated. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & EBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2003. v.3. p.209-248.
- OLIVEIRA, T.S., DA COSTA, E.A., TEIXEIRA, C.F.A., GOMES, A.S.; SILVA, J. B., Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.189-195, 1996.
- ROBERTSON, G. P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user’s guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. 2005. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciência e agrotecnologia**, 29:719-730.

- SKJEMSTAD, J.O; CLARKE, P.; TAYLON, J.A.; OADES, J.M.; MCCLURE, S.G. The chemistry and nature of protected carbon in soil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 34, n.3, p. 251-271, 1996.
- SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial e atributos de um latossolo sob diferentes formas do relevo. 2004. 153 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, **Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal**, 2004.
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **J. Soil Sci.**, 33:141-163, 1982.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.) **Tópicos Ciência do Solo**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v. 1, p. 1-54.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M., eds. **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 1-45.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (Ed.) **Applications of soil physics**. New York: **Academic Press**, p.385, 1980.