

DISPERSÃO DE AMOSTRAS DE LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO INFLUENCIADAS POR PRÉ-TRATAMENTO PARA OXIDAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E PELO TIPO DE AGITAÇÃO MECÂNICA⁽¹⁾

João Tavares-Filho⁽²⁾ & Francis Stefano de Magalhães⁽³⁾

RESUMO

A dispersão de amostras de Latossolos oxidicos pode ser mais difícil devido a microagregados de alta estabilidade, que nem sempre são totalmente desfeitos pela dispersão química e mecânica. A combinação de métodos químicos e mecânicos associados ao pré-tratamento da amostra é importante para se obter completa dispersão das partículas do solo e mantê-la estável durante toda a marcha analítica. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a eficiência da dispersão mecânica (agitação lenta com agitador orbital de mesa – 30 rpm por 16 h, na presença de abrasivo, e agitação rápida com agitadores do tipo coqueteleira – 1.200 rpm por 20 min) e química com NaOH 1N, associada ao pré-tratamento para eliminação da matéria orgânica, independentemente de seu teor na amostra de solo na realização da análise granulométrica utilizada como método de rotina. Para as análises, foram coletadas com trado holandês, em uma área de Latossolo Vermelho eutroférico, 50 amostras de forma inteiramente casualizada, nas profundidades de 0–0,20 e de 1,15–1,25 m; cada amostra representou uma repetição. Foi possível concluir que: sempre ocorreu maior dispersão das amostras analisadas quando se fez o pré-tratamento para oxidação da MO; o processo de agitação lenta, em relação ao de agitação rápida, é sempre mais eficiente na dispersão das amostras de solo; e o tratamento que utilizou pré-tratamento para eliminação da MO e dispersão mecânica com agitação lenta por 16 h e 30 g de areia grossa como abrasivo foi mais eficiente na dispersão das amostras estudadas, tanto para as amostras coletadas entre 0 e 0,20 m como para as coletadas na profundidade de 1,15–1,25 m.

Termos de indexação: análise textural, pré tratamento, agitação lenta, textura.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em setembro de 2007 e aprovado em abril de 2008.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina – UEL. Caixa postal 6001CEP 86051-990 Londrina (PR). E-mail: tavares@uel.br

⁽³⁾ Aluno do Curso de Agronomia, UEL. Bolsista UEL.

SUMMARY: DISPERSION OF OXISOL SAMPLES AS INFLUENCED BY PRETREATMENT FOR ORGANIC MATTER OXIDATION AND BY TYPE OF MECHANICAL AGITATION

The dispersion of Oxisol samples can be somewhat difficult due to highly stable microaggregates that are not always completely destroyed by chemical and mechanical dispersion. It is therefore important that chemical and mechanical methods are combined, along with the pretreatment of the sample, for complete and stable soil particle dispersion throughout the analytical procedures. Thus, this study aimed to evaluate the efficiency of mechanical dispersion (slow agitation with an orbital shaker – 30 rpm for 16 h, in the presence of coarse sand, and fast agitation with a cocktail shaker type – 1200 rpm for 20 min) and chemical dispersion with NaOH 1 mol L⁻¹, associated to the pretreatment for elimination of the organic matter, regardless of its content in the soil sample, during the routine textural analysis method. For the analyses, 50 completely random samples from the layers 0–0.20 m and 1,15–1,25 m were collected with a Dutch-type auger in an Oxisol. Each sample represented a replication. Results showed major dispersion of the samples with pretreatment for organic matter oxidation. The process of slow agitation was always more efficient in the dispersion of the soil samples as compared to the fast agitation. The pretreatment for elimination of organic matter and mechanical dispersion with slow agitation for 16 hours and 30 g of coarse sand as abrasive was the most efficient in the dispersion of samples collected in the 0–0,20 m layer as well as at 1,15–1,25 m.

Index terms: particle-size distribution, pre-treatment, slow agitation, texture.

INTRODUÇÃO

A textura é uma das principais características dos solos, dada a sua estreita relação com a retenção de água, a troca catiônica, a fixação de fósforo e as recomendações de calagem e adubações que são feitas com base em percentuais de argila, além de ser fundamental para caracterização de perfis de solos usados em levantamentos e classificação de solos (Lopes & Guilherme, 1992; Sousa et al., 1995; Embrapa, 1997; Resende et al., 1999; Oliveira et al., 2002), bem como no planejamento conservacionista do uso das terras. Portanto, a inclusão da análise granulométrica na rotina dos laboratórios é muito importante.

A finalidade da análise textural é conhecer a distribuição das partículas unitárias menores que 2,0 mm numa amostra de solo. Para que isso ocorra de forma confiável e com maior exatidão possível, é indispensável que, independentemente do método de análise granulométrica usado, se consiga obter completa dispersão das partículas do solo e mantenha essa dispersão estável durante toda a marcha analítica (Kirkham & Powers, 1972), a qual pode ser dividida em três fases: pré-tratamento; dispersão química e mecânica; e separação das frações argila, silte e areia.

O pré-tratamento visa remover os agentes cimentantes, como a MO e os óxidos de Fe e os íons

floculantes, como Ca, Mg e Al, que são fatores limitantes para a obtenção das condições ideais de dispersão (Grohmann & Rajj, 1977). Solos com teor mais elevado de MO apresentam agregados mais estáveis, resistentes à desagregação por agentes físicos. Como a análise textural fornece a proporção de minerais nos tamanhos areia, silte e argila, o primeiro passo é se desfazer desses agregados, por meio do processo de dispersão.

Problemas de dispersão podem ocorrer em alguns Latossolos (van Wambeke, 1962; Oliveira et al., 2002; Donagemma et al., 2003), principalmente os mais oxidicos, devido a microagregados de alta estabilidade (Ferreira et al., 1999), que nem sempre são totalmente desfeitos pela dispersão química e mecânica, contribuindo para superestimar a proporção de silte na amostra de solo analisada (Mitchell et al., 1964; Donagemma et al., 2003). Kilmer & Alexander (1949) indicam o pré-tratamento de amostras com ácido clorídrico para eliminação de bases trocáveis e sais solúveis que interferem na dispersão enquanto Pierantoni & Vettori (1974) concluíram ser dispensável o pré-tratamento de Latossolos com ácido clorídrico. Por outro lado, para Grohman & Rajj (1977), existe efeito favorável da destruição da MO antes da execução da análise granulométrica. Dessa forma, a utilização de pré-tratamentos na remoção de MO e óxidos de Fe e Al mal cristalizados pode resultar na maior dispersão e, conseqüentemente, na minimização da proporção de microagregados de alta

estabilidade dos Latossolos e, assim, incrementar o teor de argila, quando comparado àquele da determinação sem a realização de pré-tratamentos, como observado por Menk & Oliveira (1974).

A combinação de métodos químicos e mecânicos associados ao pré-tratamento da amostra é importante para se obter completa dispersão das partículas do solo e mantê-la estável durante toda a marcha analítica. Para autores como Kilmer & Alexander (1949), Genrich & Bremner (1972), Grohman & Raij (1974), Carvalho (1985) e Vaz et al. (1997), a agitação mecânica com agitação lenta (30 rpm) das amostras de solos em garrafas de Stholmann, com adição de abrasivos e tempo de agitação em torno de 16 h, assim como o uso de ultra-som e de atenuação de raios gama, têm se mostrado mais eficientes na dispersão das amostras de solo que os métodos de agitação mecânica rápida com agitadores do tipo coqueteleira de alta rotação (10.000 a 12.000 rpm) e tempo de operação variável entre 5 e 20 min. Em estudo comparativo dos resultados obtidos nas análises texturais, Rocha & Cassoli (1993) concluíram que as diferenças encontradas nos teores de argila de um mesmo solo devem-se à dispersão ineficaz, mascarando os verdadeiros teores dessa fração, o que pode levar a erros de caracterização e classificação do solo, com conseqüências para o seu uso e manejo adequado.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da dispersão mecânica (agitação lenta com agitador orbital de mesa – 30 rpm por 16 h, com abrasivo, e agitação rápida com agitadores do tipo coqueteleira – 1.200 rpm por 20 ") e química com NaOH 1N, associada ao pré-tratamento para eliminação da MO, independentemente de seu teor na amostra de solo, na realização da análise textural utilizada como método de rotina.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas amostras de solo coletadas em um Latossolo Vermelho eutroférico (Embrapa, 1999), sob cultura perene (citros), localizado no município de Londrina (PR). Nessa área, foram coletadas com trado holandês 50 amostras, de forma inteiramente casualizada, nas profundidades 0–0,20 e 1,15–1,25 m; cada amostra representou uma repetição e, para cada uma delas, foi determinado o teor de MO inicial (Embrapa, 1997) e após pré-tratamento para oxidação desta, independentemente de seu teor inicial.

A análise granulométrica foi realizada conforme Day (1965), porém com modificações na fase de dispersão. As quantidades de argila e silte foram obtidas pelo método da pipeta, e a areia total, por diferença, em relação ao total de argila mais silte, com os seguintes tratamentos: (a) agitação rápida por 20 min com agitador do tipo coqueteleira (1.200 rpm)

((Embrapa, 1997; Oliveira et al., 2002) – sem pré-tratamento para oxidação da MO (método comum nas análises de rotina (testemunha - AR1) e com pré-tratamento para oxidação da MO (AR2); (b) agitação lenta por 16 h com agitador orbital de mesa (30 rpm) mais 30 g de areia grossa (diâmetro > 1,00 mm) como abrasivo (Oliveira et al., 2002) – sem pré-tratamento para oxidação da MO (AL1) e com pré-tratamento para oxidação da MO (AL2). Como dispersante químico, foram usados 10 mL de NaOH 1N ((Embrapa, 1997; Vitorino et al., 2003) e, para oxidação da MO, utilizou-se H₂O₂ 30 %, segundo método proposto por Embrapa (1997). O tempo de sedimentação para obtenção das frações argila e silte foi calculado pela aplicação da lei de Stokes e temperatura da suspensão. Para esse cálculo, considerou-se: valor de 2,65 g cm⁻³ para densidade das partículas, temperatura = 20 °C; D_p–D_f = 1,70; e h = 0,01 poise. Dessa forma, após 4 min de repouso da suspensão, foram pipetados 10 mL da solução a 10 cm de profundidade (amostragem de silte + argila), e depois de 4 h de repouso, 10 mL da solução a 5 cm de profundidade (amostragem da argila).

Após as análises, foram apresentados os momentos estatísticos das frações texturais obtidas segundo os diferentes tratamentos analisados, para as amostras de solo coletadas nas profundidades de 0–0,2 e 1,15–1,25 m; com os resultados dos teores de argila, silte e areia provenientes da dispersão das amostras de solo, obtidos pelos vários métodos, calculou-se o coeficiente de variação e o intervalo de confiança a 95 % para cada tratamento (AR1, AR2, AL1, AL2). Além disso, considerando a hipótese de se obter no tratamento AL2 a maior dispersão do solo, foi calculada a eficiência relativa de dispersão do solo (ERd) com base no percentual de argila, ou seja: ERd = [(teor de argila obtido pelo tratamento considerado/teor de argila obtido pelo tratamento AL2)*100].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os momentos estatísticos das frações granulométricas obtidas segundo os diferentes tratamentos, para as amostras de solo coletadas nas profundidades de 0–0,2 e 1,20 m, em Latossolo Vermelho eutroférico sob cultura perene, são apresentados nos quadros 1 e 2. Pode-se observar que o teor médio de MO é superior nas amostras de superfície, em relação ao valor médio em profundidade; nos dois casos, o coeficiente de variação é alto, provavelmente devido à grande variação de valores encontrados, principalmente, em profundidade. Após o tratamento para oxidação dessa MO, o valor médio em superfície não foi zero, ou seja, não se conseguiu 100 % de oxidação da MO para um coeficiente de variação bem alto (77 %). Em relação às amostras de profundidade, o valor médio obtido foi igual a zero, porém o coeficiente de variação foi ainda maior (108 %).

No tocante aos teores médios das frações granulométricas obtidas segundo os diferentes tratamentos, verifica-se, em relação ao método considerado padrão (testemunha – AR1), que os valores de argila são crescentes e os coeficientes de variação decrescentes dos tratamentos com agitação rápida para aqueles com agitação lenta, sendo os maiores valores de argila encontrados nos tratamentos onde a MO foi oxidada, tanto para as amostras de superfície com para aquelas coletadas a 1,15–1,25 m de profundidade. Entretanto, no caso das amostras coletadas a 1,15–1,25 m, a magnitude das diferenças é menor entre os tratamentos, uma vez que o teor de MO é menor. Portanto, isso pode indicar que a influência na dispersão de argila é bem maior nas amostras de 0–20 m.

Na figura 1 são apresentados valores médios e intervalo de confiança (95 %) dos teores médios das frações granulométricas (argila, silte e areia) obtidas segundo os diferentes tratamentos (AR1, AR2, AL1 e AL2), nas amostras coletadas em Latossolo Vermelho eutroférico sob cultura perene. Quanto às amostras coletadas em superfície, observa-se que ocorreu aumento nos teores de argila e redução nos teores de silte, de acordo com a seguinte ordem (crescente): AR1 < AR2 < AL1 < AL2. Contudo, ao comparar os

tratamentos entre si (Figura 1), observa-se que AR1 não difere de AR2, mas difere dos demais tratamentos; AR2 não difere de AL1, mas difere do tratamento AL2; e o tratamento AL1 difere do tratamento AL2.

No caso das amostras coletadas a 1,20 m, observa-se a mesma tendência ocorrida nas amostras de superfície, ou seja, aumento nos teores de argila e redução nos teores de silte, na seguinte ordem (crescente): AR1 < AR2 < AL1 < AL2. Ao comparar os tratamentos (Figura 1), observa-se que AR1 não difere de AR2, mas eles diferem dos tratamentos AL1 e AL2, os quais, por sua vez, não diferem entre si a 5 %. Portanto, nessas amostras de profundidade com menor teor de MO, parece que o que mais influenciou foi o tipo de agitação.

Verifica-se portanto que, independentemente da profundidade estudada e do teor de MO inicialmente na amostra, o tratamento AL2 (agitação lenta com oxidação da MO) sempre resultou em maior dispersão do solo (maiores teores de argila). Assim, pelos valores de eficiência relativa de dispersão do solo apresentados no quadro 3, confirma-se a viabilidade de uso do agitador horizontal sem oxidação da MO (AL1) como um método alternativo de análise granulométrica, por

Quadro 1. Momentos estatísticos das frações granulométricas, segundo os diferentes tratamentos analisados, para as amostras de solo coletadas na profundidade de 0–0,2 m em Latossolo Vermelho eutroférico, sob cultura perene

	Momento estatístico					
	Média	Desvio-padrão	CV	Moda	Máximo	Mínimo
	_____ g kg ⁻¹ _____		%	_____ g kg ⁻¹ _____		
Amostra coletada a 0–0,20 m						
Frações texturais unitárias do solo	Teor de matéria orgânica (g kg ⁻¹) em amostras sem pré-tratamento (N = 50)					
	32,0	10,1	31,6	32,4	50,1	10,4
	Teor de matéria orgânica (g kg ⁻¹) em amostras após pré-tratamento (N = 50)					
	0,10	0,48	77,0	0,02	0,23	0,01
Agitação rápida sem oxidação da matéria orgânica (AR1 – Testemunha) (N=50)						
Argila	531,0	89,9	16,9	405,0	775,0	400,0
Silte	295,0	66,5	22,5	330,0	420,0	125,0
Areia	170,3	70,8	40,8	180,0	370,0	40,0
Agitação rápida com oxidação da matéria orgânica (AR2) (N=50)						
Argila	580,0	77,5	13,37	555,0	730,0	415,0
Silte	284,0	70,2	24,74	380,0	401,0	148,0
Areia	136,0	44,8	32,9	115,0	265,0	45,0
Agitação lenta sem oxidação da matéria orgânica (AL1) (N=50)						
Argila	607,0	59,9	9,87	565,0	710,0	505,0
Silte	242,0	37,6	15,6	205,0	355,0	177,0
Areia	151,0	70,6	46,7	220,0	293,0	70,0
Agitação lenta com oxidação da matéria orgânica (AL2) (N=50)						
Argila	658,0	64,3	9,77	655,0	768,0	555,0
Silte	194,0	50,6	26,1	245,0	296,0	103,0
Areia	148,0	40,6	27,5	103,0	247,0	74,0

Quadro 2. Momentos estatísticos das frações granulométricas, segundo os diferentes tratamentos analisados, para as amostras de solo coletadas na profundidade de 1,15–1,25 m em Latossolo Vermelho eutroférico, sob cultura perene

	Momento estatístico					
	Média	Desvio-padrão	CV	Moda	Máximo	Mínimo
	g kg ⁻¹		%	g kg ⁻¹		
Amostra coletada a 1,15-1,25 m						
Frações texturais unitárias do solo	Teor de matéria orgânica (g kg ⁻¹) em amostras sem pré-tratamento (N = 50)					
	15,0	9,92	65,0	22,4	35,1	1,1
	Teor de matéria orgânica (g kg ⁻¹) em amostras após pré-tratamento (N = 50)					
	0,00	0,50	108,0	0,00	0,15	0,00
Agitação rápida sem oxidação da matéria orgânica (AR1–Testemunha) (N=50)						
Argila	560,0	76,2	13,6	555,0	775,0	455,0
Silte	286,0	66,2	23,1	330,0	420,0	122,0
Areia	154,0	53,6	34,8	185,0	289,0	40,0
Agitação rápida com oxidação da matéria orgânica (AR2) (N=50)						
Argila	575,0	65,0	11,3	555,5	755,0	475,0
Silte	284,0	70,1	24,7	380,0	401,0	148,0
Areia	141,0	49,8	35,2	115,0	327,0	45,0
Agitação lenta sem oxidação da matéria orgânica (AL1) (N=50)						
Argila	638,0	66,6	10,4	605,0	775,0	525,0
Silte	217,0	53,6	24,7	205,0	355,0	112,0
Areia	145,0	54,3	37,4	110,0	270,0	31,0
Agitação lenta com oxidação da matéria orgânica (AL2) (N=50)						
Argila	652,0	62,6	9,6	655,0	801,0	555,0
Silte	194,0	50,5	26,1	245,0	296,0	103,0
Areia	154,0	60,3	39,3	103,0	340,0	

apresentar eficiência de 92,2 % (0–0,20 m) e 97,9 % (1,15–1,25 m) para o solo estudado. Por sua vez, os valores de eficiência de dispersão obtidos com o uso do agitador do tipo coqueteleira (1.200 rpm), adotado na rotina de muitos laboratórios de solos, foram de 88 % (tratamento AR2 – oxidação da MO) e 80,7 e 85,9 % (tratamento AR – sem oxidação da MO).

Em comparação com o tratamento AL2 (Quadro 3), o tratamento AL1 subestimou os teores de argila em 7,8 % para as amostras de superfície e 2,1 % para aquelas em profundidade; o tratamento AR2 subestimou os teores de argila em 12 % para as amostras de superfície e profundidade; e o tratamento AR1 subestimou os teores de argila em 19,3 % para as amostras de superfície e 14,1 % para as amostras em profundidade. Essas maiores diferenças nos resultados de teor de argila obtidos entre os métodos AL2 e, principalmente, AR1, subestimando os teores de argila dos solos, podem afetar decisões quanto ao manejo do solo, além de poder induzir o pedólogo a agrupar o solo dentro de classes texturais diferentes, no caso de classificação (Oliveira et al., 2002).

Essas diferenças de resultados podem estar associadas a problemas de maior ou menor dispersão que podem ocorrer em alguns Latossolos (van

Wambeke, 1962; Oliveira et al., 2002; Donagemma et al., 2003), sobretudo os mais oxidados, devido a microagregados de alta estabilidade (Seta & Karathanasis, 1996; Lima & Anderson, 1997; Ferreira et al., 1999), que nem sempre são totalmente desfeitos pela dispersão química e mecânica. Ademais, solo com teor mais elevado de MO apresenta agregados mais estáveis, resistentes à desagregação por agentes físicos (Grohmann & Raji, 1977).

Os resultados obtidos indicam que a melhor dispersão das amostras ocorreu no tratamento AL2, em que se fez uma combinação de métodos químicos (NaOH 1 mol L⁻¹), agitação mecânica lenta (30 rpm por 16 h) com areia grossa e pré-tratamento da amostra para remoção da matéria orgânica. Segundo Kilmer & Alexander (1949), Genrich & Bremner (1972), Grohman & Raji (1974), Carvalho (1985) e Vaz et al. (1997), a agitação mecânica lenta (30 rpm) das amostras de solos em garrafas de Stholmann, com adição de abrasivos e tempo de agitação em torno de 16 h, tem se mostrado mais eficiente na dispersão das amostras de solo que os métodos de agitação mecânica rápida com agitadores do tipo coqueteleira de alta rotação (10.000 a 12.000 rpm) e tempo de operação variável entre 5 e 20 min.

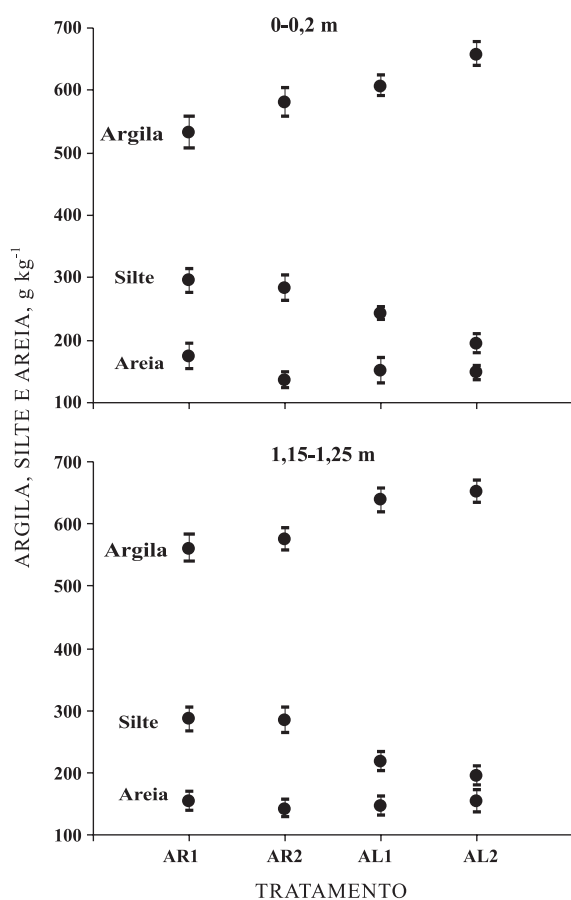


Figura 1. Valores médios (g kg^{-1}) e intervalo de confiança (95 %) dos teores médios das frações granulométricas (argila, silte e areia), segundo os diferentes tratamentos (AR1: testemunha; agitação rápida sem oxidação da matéria orgânica; AR2: agitação rápida com oxidação da matéria orgânica; AL1: agitação lenta sem oxidação da matéria orgânica; AL2: agitação lenta com oxidação da matéria orgânica), das amostras coletadas em Latossolo Vermelho eutroférico, sob cultura perene.

Quadro 3. Eficiência relativa de dispersão de amostras de solo provenientes de diferentes profundidades (0–0,20 e 1,15–1,25 m) de Latossolo Vermelho eutroférico sob cultura perene, com base no percentual de argila obtida por diferentes tratamentos

Tratamento	Amostra (0–0,20 m)	Amostra (1,15–1,25 m)
	%	
AR1	80,7	85,9
AR2	88,1	88,2
AL1	92,2	97,9
AL2	100,0	100,0

Embora neste trabalho não tenham sido utilizadas as garrafas de Stholmann, parece que o poder abrasivo da areia, associado ao tempo de agitação lenta, ao maior atrito entre agregados e à destruição da matéria orgânica, mesmo quando em níveis inferiores a 5 %, como preconizado por Embrapa (1999), foi determinante na melhora da dispersão do Latossolo Vermelho estudado. Portanto, a utilização de pré-tratamento em Latossolos, como a remoção de matéria orgânica feita neste trabalho, pode resultar na maior dispersão e, conseqüentemente, na minimização da proporção de microagregados de alta estabilidade desses solos e, assim, incrementar o teor de argila, quando comparado àquela da determinação, sem a realização de pré-tratamentos, como observado por Menk & Oliveira (1974).

CONCLUSÕES

1. Ocorreu maior dispersão das amostras analisadas quando se fez o pré-tratamento para oxidação da matéria orgânica.
2. O processo de agitação lenta, em relação ao processo de agitação rápida, é sempre mais eficiente na dispersão das amostras de solo.

3. O tratamento que utilizou pré-tratamento para eliminação da matéria orgânica e dispersão mecânica com agitação lenta (agitação horizontal com movimento helicoidal com 30 rpm) por 16 h e com 30 g de areia grossa como abrasivo foi mais eficiente na dispersão das amostras estudadas, tanto para as amostras coletadas entre 0 e 0,20 m como para as coletadas na profundidade de 1,15–1,25 m.

LITERATURA CITADA

- CARVALHO, M.A. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizonte B latossólico e B textural. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1985. 79p. (Tese de Mestrado)
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1. p.545-566.
- DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; FONTES, M.P.F.; KER, J.C. & SCHAEFER, C.E.G.R. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. R. Bras. Ci. Solo, 27:765-772, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1997. 212p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMPRESA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:515-523, 1999.
- GENRICH, D.A. & BREMNER, J.M. A reevaluation of the ultrasonic vibration method of dispersing soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36:944-947, 1972.
- GROHMAN, F. & RAIJ, B.van. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. Anais... Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.123-132.
- GROHMANN, F. & RAIJ, B.van. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. *R. Bras. Ci. Solo*, 1:52-53, 1977.
- KILMER, J.R. & ALEXANDER, L.T. Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.*, 68:15-24, 1949.
- KIRKHAM, D. & POWERS, W.L. *Advanced soil physics*. 2.ed. New York, Interscience, 1972. 548p.
- LIMA, J.M. & ANDERSON, S.J. Aggregation and aggregate size effects on extractable iron and aluminum in two Hapludox. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:965-970, 1999.
- LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. São Paulo, ANDA, 1992. 49p.
- MENK, J.R. & OLIVEIRA, J.B. Estudo comparativo da influência de agentes dispersantes e de pré-tratamentos na análise granulométrica de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.104-121.
- MITCHELL, B.O.; FARMER, V.C. & McHARDY, W.J. Amorphous inorganic materials in soils. *Adv. Agron.*, 16:327-383, 1964.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.; VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; SÁ, M.A.C. & LIMA, J.M. Agitador horizontal de movimento helicoidal na dispersão mecânica de amostras de três Latossolos do sul e campos das vertentes de Minas Gerais. *Ci. Agrotec.*, 26:881-887, 2002.
- PIERANTONNI, H. & VETTORI, L. Análise granulométrica: comparação de dispersão sem e com tratamento ácido. I: Latossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.182.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa, MG, NEPUT, 1999. 304p.
- ROCHA, G.C. & CASSOLI, A.R. Estudo comparativo de métodos de análise granulométrica de solos. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 1993. 15p. (Informe Técnico, 1)
- SETA, A.K. & KARATHANASIS, A.D. Water dispersible colloids and influencing their dispersibility from soil aggregates. *Geoderma*, 74:255-266, 1996.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & REIN, T.A. Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1995. p.20. (Circular Técnica, 32).
- van WAMBEKE, A.R. Criteria for classifying soils by age. *J. Soil Sci.*, 1:124-132, 1962.
- VAZ, C.M.P.; NAIME, J.M. & MACEDO, A. Análise da textura de solos por atenuação de raios gama. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., São Carlos, 1997. Anais. São Carlos, Embrapa/CNPEDIA, 1997. p.515-518.
- VITORINO, A.C.T.; FERREIRA, M.M.; CURI, N.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N. & MOTTA, P.E.F. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:133-141, 2003.