

ADIÇÃO DE AREIA PARA DISPERSÃO DE SOLOS NA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA⁽¹⁾

José Eduardo Corá⁽²⁾, Carolina Fernandes⁽³⁾, José Marcos Garrido Beraldo⁽⁴⁾ & Adolfo Valente Marcelo⁽⁵⁾

RESUMO

A acurácia da análise granulométrica depende da obtenção de suspensões de solo completamente dispersas e estáveis para possibilitar a separação das suas frações granulométricas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia da adição de quantidades e tamanhos de grãos de areia na fase de dispersão da análise granulométrica de solos, visando à maior acurácia na obtenção dos resultados da análise granulométrica. Os solos utilizados foram: Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), Latossolo Vermelho acriférrico (LVwf), Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (PVAe) e Nitossolo Vermelho eutrófico (NVef). A dispersão das amostras dos solos foi realizada por meio da adição de hidróxido de sódio e agitação rotativa (60 rpm) por 16 h. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 6 x 2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis quantidades (0, 5, 10, 15, 20 e 25 g) e dois diâmetros (2,0–1,0 e 1,0–0,5 mm) de areia, adicionados na fase de dispersão da análise granulométrica dos solos. De acordo com as equações ajustadas, a adição de areia com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm nas quantidades de 21,4 g para LVef, 19,6 g para LVwf e 25,8 g para NVef proporciona, respectivamente para esses solos, aumentos de 50, 38 e 14,5 % nos teores de argila. No LVe e no PVAe não se justifica a adição de areia na análise granulométrica, pois esses solos não apresentaram problemas de dispersão. Os resultados demonstram que a adição de 25 g de areia, com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm, na fase de dispersão da análise granulométrica de solos argilosos com altos teores de óxidos de Fe e com dificuldades de dispersão, é eficiente para promover efetiva dispersão das partículas primárias do solo.

Termos de indexação: análise textural, argila, dispersão mecânica, óxidos de ferro, microagregação.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em outubro de 2007 e aprovado em fevereiro de 2009.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Campus de Jaboticabal. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal (SP). E-mail: cora@fcav.unesp.br

⁽³⁾ Pós-Doutoranda em Ciência do Solo na UNESP – Campus de Jaboticabal. Bolsista Fapesp. E-mail: carol@fcav.unesp.br

⁽⁴⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UNESP – Campus de Jaboticabal. Bolsista CAPES. E-mail: jmgberaldo@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UNESP – Campus de Jaboticabal. Bolsista Fapesp. E-mail: adolfovalente@yahoo.com.br

SUMMARY: USE OF SAND FOR SOIL DISPERSION IN GRANULOMETRIC ANALYSIS

The accuracy of mechanical analysis depends on the complete dispersion and stability of the soil suspension in order to make the separation of the soil fractions possible. The purpose of this study was to evaluate the efficacy of adding sand in different amounts and particle sizes in the dispersion phase of the soil textural analysis in attempt to improve the accuracy of results. The soils used were Rhodic Eutrudox (oxidic) (LVef), Anionic Rhodic Acrudox (LVwf), Rhodic Eutrudox (kaolinitic) (LVe), Arenic Hapludalf (PVAe) and Rhodic Kandudox (NVef). Sodium hydroxide and rotation shaking (60 rpm) for 16 hours with addition of sand were used in the dispersion phase. The experiment was set up in a complete randomized design, arranged in a factorial 6 x 2, with three replications. The amounts of sand particles used in the dispersion phase were: 5, 10, 15, 20 and 25 g and the sand particle diameters were 2.0 to 1.0 mm and 1.0 to 0.5 mm. According to the adjusted model, the addition of sand particles (diameter 1.0–0.5 mm) at amounts of 21.4 g to LVef, 19.6 g to LVwf and 25.8 g to NVef increased the soil clay content by 50, 38, and 14.5 %, respectively. No sand was added to LVe and PVAe, since clay dispersion was not a problem in these soils. Results indicated that the addition of 25 g of sand (particle diameter 0.5–1.0 mm), during the dispersion phase of the soil granulometric analysis of clayey soils with high iron oxide content and limited dispersion, is efficient to disperse the soil fractions.

Index terms: texture analysis, clay, mechanical dispersion, iron oxide soil, microaggregation.

INTRODUÇÃO

A textura do solo representa a distribuição quantitativa das partículas minerais menores que 2 mm. De acordo com a classificação adotada no Brasil, proposta pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), as três frações granulométricas do solo são argila, silte e areia. A fração argila é identificada como o conjunto de partículas com diâmetro equivalente menor que 0,002 mm; na fração silte, são contabilizadas as partículas com diâmetro equivalente entre 0,002 e 0,05 mm; e a fração areia é composta por partículas com diâmetro equivalente entre 0,05 e 2,0 mm.

O tamanho das partículas de um solo mineral não está sujeito a mudanças rápidas. Portanto, a composição granulométrica do solo é considerada uma característica intrínseca do próprio material e é pouco alterada por variáveis externas. Por isso, a textura é considerada de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo; mais recentemente, os componentes granulométricos do solo têm sido utilizados como variável independente em modelos de pedotransferência (Oliveira et al., 2002; Silva et al., 2008). Além disso, a textura é utilizada nas recomendações de calagem, gessagem, fosfatagem e adubações e no estabelecimento de práticas conservacionistas, visando à utilização de boas práticas de manejo dos solos (Correia et al., 2004). Assim, é essencial que os procedimentos analíticos sejam eficientes para expressar os teores de argila, silte e areia dos solos.

A acurácia da análise granulométrica depende da obtenção de suspensões de solo completamente dispersas e da manutenção da estabilidade da fase dispersa durante a separação das frações do solo.

Vários são os fatores que dificultam a obtenção dessas condições, em especial a qualidade da dispersão dos agregados do solo (Ferreira et al., 1999). Nesse contexto, destaca-se a presença dos agentes cimentantes das partículas do solo, como matéria orgânica, óxidos de Fe e Al, e dos íons floculantes, como Ca, Mg, Fe e Al (Grohmann & Raij, 1977; Silva et al., 1998). Alguns solos, especialmente os mais argilosos e oxidicos, podem apresentar dificuldade na dispersão, sobretudo devido à presença de microagregados de alta estabilidade, formados na presença de agentes cimentantes como matéria orgânica e óxidos de Fe e Al (Ferreira et al., 1999).

Em geral, esses microagregados resistem aos procedimentos realizados durante a fase de dispersão das partículas, podendo após a dispersão se constituírem em partículas com diâmetro equivalente ao das frações silte ou areia. A incompleta dispersão das partículas dos solos, associada à ineficiência dos procedimentos utilizados, reduz as estimativas da fração argila e, por consequência, superestima as frações silte e areia. Donagemma et al. (2003) observaram que mais de 50 % da fração silte dos Latossolos, especialmente os oxidicos, constituíram-se de pseudossilte, ou seja, microagregados que, por resistirem à dispersão, apresentaram tamanho equivalente ao da fração silte. A presença de pseudoareia também foi observada nos Latossolos estudados por esses autores. Esses erros experimentais, dependendo da magnitude, podem trazer sérias consequências em relação à utilização dos resultados da análise granulométrica do solo, desde as aplicações mais simples, relacionadas ao uso e manejo dos solos, até aquelas mais complexas, que envolvem a modelagem de processos físicos, químicos e mecânicos do solo.

A preocupação com a qualidade da análise granulométrica dos solos tem sido reportada por diferentes estudos. Jorge et al. (1985) destacaram que a uniformização de métodos de análise é de grande interesse, uma vez que possibilita a comparação e facilita a interpretação de dados obtidos por diferentes instituições do País. Com base nesse aspecto, esses autores compararam os métodos de análise granulométrica de solos utilizados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS/Embrapa) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os autores concluíram que houve concordância nos resultados obtidos pelos dois métodos somente para a fração argila. Por sua vez, Ruiz (2005) preconizou que a coleta adicional da suspensão silte + argila incrementa a exatidão do resultado. Esse autor demonstrou que, quando se calcula a fração silte por subtração das demais frações, superestima-se seu valor, pois se acumula nessa fração a totalidade dos erros da determinação.

O efeito da presença de partículas de areia na fase de dispersão do solo na análise granulométrica tem sido observado por vários autores. Ashford et al. (1972) observaram que o conteúdo de argila dispersa em água foi fortemente influenciado pela quantidade e pelo tamanho da fração areia dos solos. Areia média (0,5–0,25 mm) e areia grossa (1,0–0,5 mm) apresentaram maior influência no resultado da argila dispersa em água. Para os solos que apresentaram 50 % de areia e 20 % de argila, a remoção da fração areia, antes do processo de dispersão mecânica, reduziu a argila dispersa em água de 15 para 9 %. Esses autores relataram que a ação abrasiva da areia durante a agitação em água promoveu a quebra dos agregados. Grohmann & Rajj (1977) avaliaram dois pré-tratamentos (ácido clorídrico e água oxigenada), dois dispersantes químicos (hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio - Calgon) e dois processos de desagregação mecânica – agitação com alta rotação (12.000 rpm) por curto período de tempo (15 min) e agitação com baixa rotação (26 rpm) por longo período de tempo (24 h) com adição de 20 g de areia – na determinação dos teores de argila de três Latossolos argilosos. Esses autores observaram que, independentemente dos pré-tratamentos e dispersantes químicos, os teores de argila foram sempre mais elevados e uniformes quando a desagregação foi realizada pelo método da agitação com baixa rotação e por longo período de tempo com adição de areia. Portanto, os autores concluíram que, no caso dos Latossolos estudados, a desagregação mecânica é a etapa mais importante da análise granulométrica; quando bem executada, os pré-tratamentos podem ser omitidos.

Barilli (2000), trabalhando com Latossolo Vermelho acriférrico típico, avaliou três dispersões mecânicas (agitação rápida, agitação lenta e agitação lenta com adição de areia) e dois dispersantes químicos (hidróxido de sódio e Calgon) na determinação do teor de argila. Os resultados mostraram que a agitação lenta com hidróxido de sódio e adição de 10 g de areia

com diâmetro entre 0,5 e 1,0 mm foi o tratamento mais eficiente na determinação da argila.

Verifica-se pela revisão da literatura que, desde os primeiros trabalhos sobre determinação dos componentes granulométricos do solo, várias modificações e adaptações dos métodos foram sugeridas pelos pesquisadores, visando à uma determinação mais exata da composição granulométrica do solo. No entanto, ainda existem dúvidas quanto à definição e à padronização de um método de laboratório que leve em conta não somente a dinamização da obtenção de resultados, mas também a acurácia destes.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da adição de quantidades e tamanhos de partículas de areia na fase de dispersão de cinco solos, distintos quanto à classificação, mineralogia e granulometria, visando à maior acurácia na obtenção dos resultados da análise granulométrica de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado empregando-se amostras coletadas no horizonte B de cinco solos: Latossolo Vermelho eutroférico (LVef), Latossolo Vermelho acriférrico (LVwf), Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (PVAe) e Nitossolo Vermelho eutroférico (NVEf), classificados conforme Embrapa (2006) (Quadros 1 e 2). As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneira com 2 mm de abertura de malha, obtendo-se terra fina seca ao ar (TFSA).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com esquema fatorial 6 x 2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de seis quantidades (0, 5, 10, 15, 20 e 25 g) e dois tamanhos (2,0–1,0 e 1,0–0,5 mm de diâmetro) de areia, adicionados na fase da dispersão do procedimento da análise granulométrica dos solos utilizados.

A areia utilizada foi a de construção civil, lavada primeiramente com solução de HCl (0,05 mol L⁻¹) e, em seguida, com água destilada. Posteriormente, a areia foi lavada com solução de NaOH (0,1 mol L⁻¹) e novamente com água destilada. Após esses procedimentos, o material foi levado para secar em estufa (105 °C) por 24 h.

A dispersão das amostras de 10 g de TFSA foi feita com 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH 1 mol L⁻¹), 100 mL água destilada e as quantidades de areia, conforme cada tratamento, acondicionados em recipientes de vidro de 500 mL. O agitador utilizado foi o rotatório de Wiegner, no qual os recipientes foram acomodados e rotacionados a 60 rpm durante 16 h. O pré-tratamento da amostra para eliminação da matéria orgânica não foi realizado, pois esse procedimento é recomendado apenas para solos com

Quadro 1. Atributos químicos das amostras dos solos

Solo	Camada amostrada	P	MO	pH (água)	pH (KCl)	Δ pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC pH 7	V ⁽¹⁾
	m	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹				mmol _c kg ⁻¹					%
LVef	0,60–0,80	2	12,9	6,2	5,7	-0,5	0,8	30	7	23	60,8	62
LVwf	1,80–2,00	1	8,4	5,5	6,6	1,1	0,6	2	1	13	16,6	22
LVe	0,80–1,00	1	9,8	6,1	5,4	-0,7	0,6	12	4	13	29,6	56
PVAe	0,80–1,00	1	4,0	5,8	5,6	-0,2	0,1	19	3	18	40,1	55
NVef	0,60–0,80	2	10,5	6,1	5,2	-0,9	5,7	61	37	26	129,7	80

⁽¹⁾ V: saturação por bases do solo [(K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺/CTC pH 7) x 100].

Quadro 2. Teores totais de óxidos de silício, alumínio e ferro provenientes da extração com ataque sulfúrico e as relações molares⁽¹⁾ Ki e Kr da fração argila das amostras dos solos

Solo	Camada amostrada	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr
	m	g kg ⁻¹			-	-
LVef	0,60–0,80	126	225	262	0,95	0,54
LVwf	1,80–2,00	65	234	341	0,47	0,24
LVe	0,80–1,00	136	170	61	1,36	1,11
PVAe	0,80–1,00	163	160	41	1,70	1,50
NVef	0,60–0,80	222	210	222	1,80	1,07

⁽¹⁾ Ki = 1,7 x SiO₂/Al₂O₃; Kr = 1,7 x SiO₂/[Al₂O₃ + (Fe₂O₃ x 0,64)].

teores de matéria orgânica acima de 50 g kg⁻¹ (Camargo et al., 1986; Embrapa, 1997), o que não foi o caso no presente estudo (Quadro 1).

Após a fase de dispersão mecânica (agitação), as amostras foram passadas em peneira de 0,053 mm de abertura de malha. O material retido na peneira foi lavado para separar a fração areia, transferido para um béquer, levado para secar em estufa (105 °C) por 24 h e, posteriormente, pesado. O restante da suspensão, contendo as frações silte e argila, foi recolhido em proveta de 1.000 mL, completando-se o volume com água destilada. A suspensão foi homogeneizada por 30 s e então deixada em repouso pelo tempo necessário para permitir a sedimentação da fração argila. Para uma profundidade de pipetagem de 5 cm a partir da superfície, o tempo de sedimentação foi de 3,5 h, calculado com base na lei de Stokes, considerando a densidade das partículas do solo, determinada previamente, e a temperatura da suspensão.

Para determinação das frações granulométricas das amostras de solo, a fração argila foi determinada pelo método da pipeta (Gee & Bauder, 1986). Para a fração areia, subtraiu-se, do valor obtido por tamisação para aquela amostra, a quantidade de areia adicionada em cada tratamento. A fração silte foi calculada pela diferença das demais frações (% silte

= 100 – (% argila + % areia)). O resultado final foi corrigido em função do teor de água da amostra.

Para cada solo, os valores das frações areia, silte e argila foram submetidos à análise de variância (teste F), considerando um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 6 x 2. Quando o resultado da análise de variância foi significativo (p < 0,05), as médias obtidas para os dois tamanhos de areia utilizados na dispersão foram comparadas por meio do teste t (p < 0,05). Para as quantidades de areia adicionadas, realizaram-se análises de regressão polinomial de primeiro e segundo grau (p < 0,05). Utilizaram-se como critérios para a escolha do modelo ajustado a significância dos parâmetros da equação (p < 0,05) e o coeficiente de determinação, conforme Pimentel-Gomes (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação entre os tamanhos e as quantidades de areia adicionadas para as três frações dos solos analisados (Quadro 3), exceção feita para as frações silte e argila do NVef, que apresentaram efeitos significativos isolados para os tamanhos e as quantidades de areia adicionadas.

No LVef e LVwf, adições de quantidades crescentes de areia proporcionaram aumento dos teores de argila e redução dos teores de silte e areia para os dois diâmetros das partículas de areia utilizadas (Figura 1). No entanto, verifica-se que, com a adição de areia de diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm, os teores de argila foram sempre superiores àqueles obtidos quando se utilizou areia de diâmetro entre 2,0 e 1,0 mm. As estimativas feitas com os modelos ajustados, para a máxima recuperação de argila, revelam quantidades de areia com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm de 21,4 g para o LVef e de 19,6 g para o LVwf. Portanto, utilizando-se as quantidades de areia estimadas pelos modelos para a máxima recuperação de argila, é possível um aumento equivalente a 50 % no teor de argila do LVef, ou seja, de 464 para 690 g kg⁻¹, e de 38 % para o LVwf, de 610 para 836 g kg⁻¹. Entre as quantidades utilizadas, a que mais se aproximou da quantidade estimada pelo modelo para a máxima recuperação de argila foi a de 20 g, com a qual se verificou aumento equivalente de 47 % para o LVef e de 34 % para o LVwf.

Observa-se ainda que aumentos dos teores de argila desses solos ocorreram a expensas da redução dos teores da fração silte e da fração areia, embora também tenha sido observada diminuição dos teores da fração areia nos solos com a adição de areia na fase de dispersão da análise granulométrica (Figura 1).

O NVef apresentou efeitos significativos isolados para os tamanhos e as quantidades de areia adicionadas para as frações silte e argila (Quadro 3). Portanto, independentemente da quantidade de areia adicionada, observou-se maior teor de argila (724 g kg⁻¹) e menor de silte (168 g kg⁻¹) utilizando-se da areia com

menor diâmetro (1,0–0,5 mm), quando comparado, por meio do teste t ($p < 0,05$), aos valores de 709 g kg⁻¹ de argila e de 208 g kg⁻¹ de silte, obtidos com a adição de areia com maior diâmetro (2,0–1,0 mm). Por outro lado, independentemente do diâmetro das partículas de areia, observou-se aumento dos teores de argila e redução dos teores de silte no NVef com o aumento das quantidades de areia (Figura 2). A estimativa feita com o modelo ajustado para a máxima recuperação de argila no NVef indica que o maior teor de argila (756 g kg⁻¹) é obtido quando 25,8 g de areia são adicionados ao processo de dispersão; portanto, um possível aumento de 14,5 %, quando comparado aos resultados obtidos na análise granulométrica sem a adição de areia na fase de dispersão (660 g kg⁻¹). Das quantidades utilizadas no presente estudo, a que mais se aproximou da estimada pelo modelo para a máxima recuperação de argila foi a de 25 g, com a qual se verificou aumento equivalente de 15,4 % no teor de argila do NVef.

Na fração areia observaram-se diminuições dos seus teores com adições de quantidades crescentes de areia na fase de dispersão da análise granulométrica para LVef, LVwf (Figura 1) e NVef (Figura 3); os teores de areia foram sempre menores quando se utilizou areia de maior diâmetro (2,0–1,0 mm).

Para os solos LVE e PVAe, não foi possível ajustar modelos que descrevessem o comportamento dos teores das frações granulométricas em função do aumento das quantidades e dos tamanhos de partículas de areia adicionadas ao processo de dispersão da amostra na análise granulométrica (Figura 1), exceção feita para a fração silte do PVAe, a qual demonstrou aumento dessa fração com a adição de quantidades crescentes de areia com maior diâmetro na fase de dispersão.

Quadro 3. Valores estatísticos de razão de variâncias ($F^{(1)}$) e coeficiente de variação (CV), obtidos por meio da análise de variância, em cada fração granulométrica dos solos

Fator	LVef	LVwf	LVE	PVAe	NVef
Argila					
Tamanho da areia (T)	94,87**	150,55**	0,22 ^{ns}	201,46**	13,78**
Quantidade (Q)	176,60**	695,64**	5,23**	11,42**	51,52**
Interação T x Q	4,15**	10,77**	5,57**	6,23**	1,02 ^{ns}
CV (%)	2,4	1,0	3,1	1,8	1,7
Silte					
Tamanho da areia (T)	159,16**	338,65**	20,09**	1027,72**	95,45**
Quantidade (Q)	121,80**	457,96**	2,61 ^{ns}	69,32**	8,85**
Interação T x Q	9,08**	17,96*	8,64**	38,40**	2,36 ^{ns}
CV (%)	4,3	3,8	14,1	5,9	6,9
Areia					
Tamanho da areia (T)	137,28**	258,42**	9,86**	160,60**	296,72**
Quantidade (Q)	336,75**	230,64**	4,70**	46,55**	136,64**
Interação T x Q	23,28**	17,57**	3,47*	28,82**	12,57**
CV (%)	2,5	4,6	2,6	0,9	4,8

⁽¹⁾ ns: não significativo ($p < 0,05$). * e **: significativos ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), respectivamente.

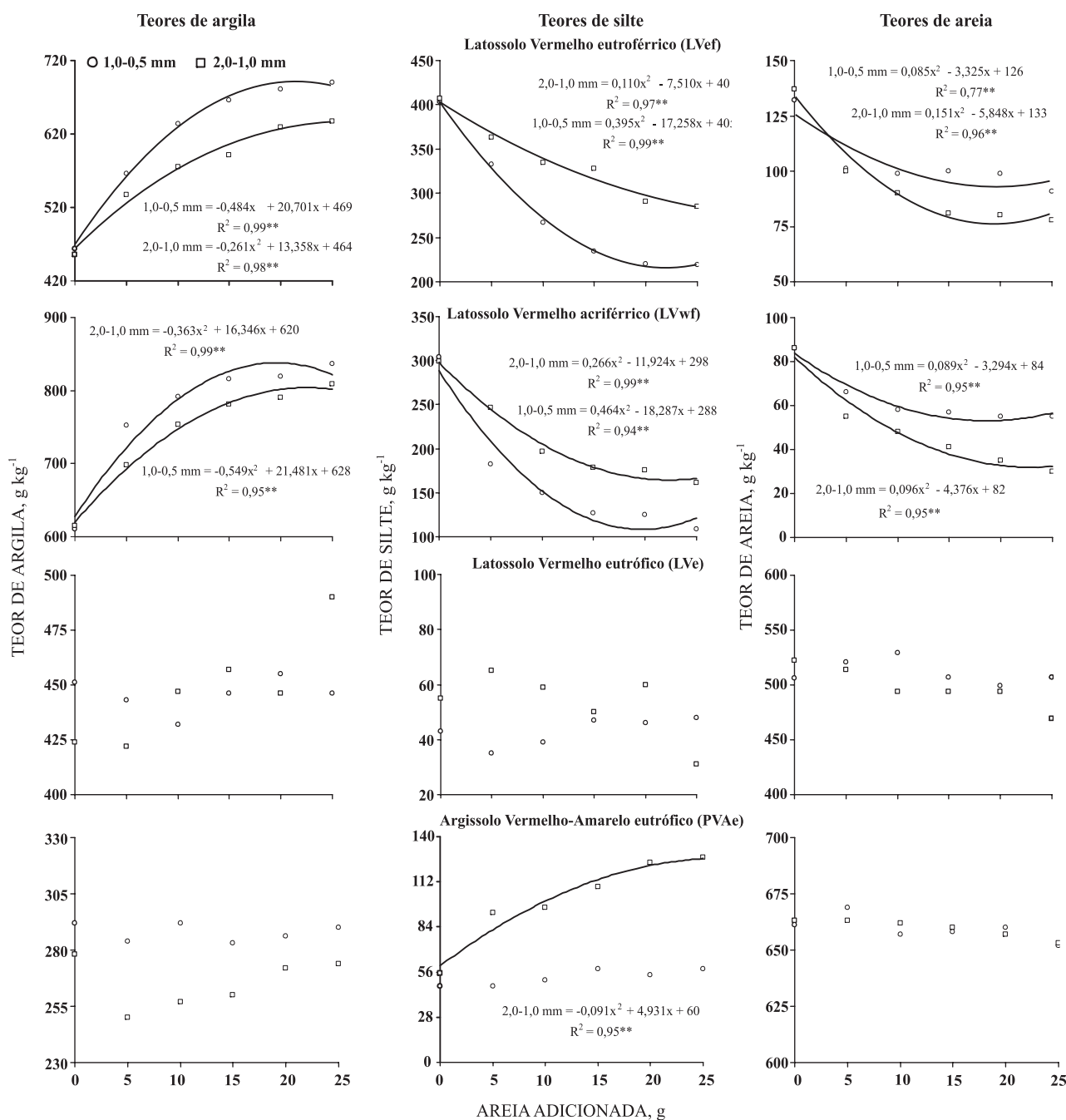


Figura 1. Efeito da adição de areia com diferentes tamanhos nos teores de argila, silte e areia do Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), Latossolo Vermelho acrífero (LVwf), Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (LVAe). **: significativo ($p < 0,01$).

Os resultados apresentados demonstram que, quando não se utilizou areia na fase de dispersão da análise granulométrica, foram observados valores superestimados de silte e areia para LVef, LVwf e NVef. É provável que esses resultados estejam associados à presença de microagregados de tamanho equivalente ao da fração silte, que não foram totalmente desfeitos na fase de dispersão da amostra. O mesmo pode ter ocorrido para a fração areia, porém

em menor magnitude, em razão de os microagregados de tamanho equivalente ao da fração areia serem formados por microagregados do tamanho de silte, o que os tornam menos estáveis quando comparados àqueles do tamanho equivalente ao da fração silte. Essa hipótese pode ser confirmada pela redução dos teores das frações silte e areia e pelo aumento da fração argila desses solos, quando foi adicionada areia no processo de dispersão.

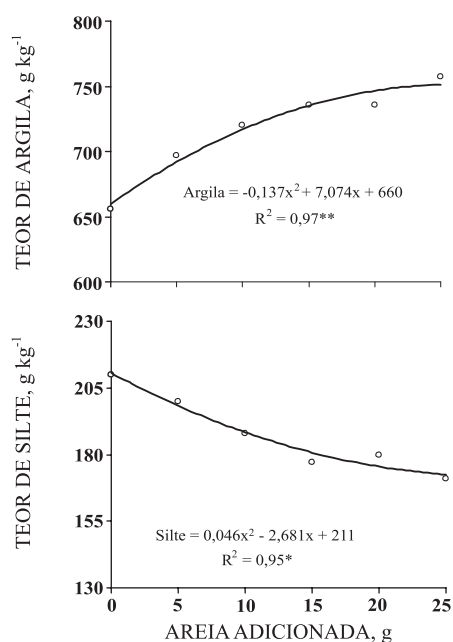


Figura 2. Efeito da adição de areia nos teores de argila e silte do Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVEf). * e **: significativos ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$), respectivamente.

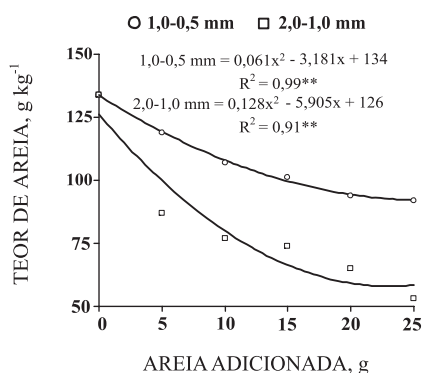


Figura 3. Efeito da adição de areia nos teores de areia do Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVEf). **: significativo ($p < 0,01$).

Esses solos caracterizam-se, segundo Embrapa (2006), como solos com altos teores de óxidos de Fe, cujos valores devem ser maiores ou iguais a 180 e menores que 360 g kg⁻¹ de solo; no caso do LVef e do LVwf, ambos apresentam caráter oxidico, ou seja, o valor de Kr, que expressa a relação molecular SiO₂/(Al₂O₃ + Fe₂O₃), é menor que 0,75 (Quadro 2). Como é conhecido na literatura, solos com essas características podem apresentar dificuldade na dispersão devido à presença de microagregados de alta estabilidade, que podem permanecer do tamanho de partículas de silte ou até de areia mesmo após a fase de dispersão da análise granulométrica (Grohmann & Raij, 1977; Jorge & Lepsch, 1982; Ferreira et al., 1999; Donagemma et al., 2003).

Nos demais solos utilizados no presente estudo (LVE e PVAe), observaram-se pequenas diferenças nos teores das frações granulométricas em função das quantidades e tamanhos de partículas de areia adicionadas no processo de dispersão da amostra na análise granulométrica. Essas pequenas diferenças, apesar de serem estatisticamente significativas, indicam que, na prática, o LVE e o PVAe não apresentam microagregados com alta estabilidade, como aqueles que aparecem nos solos argilosos e com altos teores de óxidos de Fe (LVef, LVwf e NVef), e só ocorreram devido à baixa variabilidade ou dispersão dos dados em relação à média, demonstrada pelos baixos valores do coeficiente de variação (Quadro 3). Esses solos são considerados cauliniticos (Kr maior que 0,75) e possuem baixos teores de óxidos de Fe (Quadro 2). Além disso, os resultados observados para o PVAe podem também estar relacionados ao fato de ser um solo com maior teor de areia, e o seu próprio teor de areia proporciona maior dispersão do solo.

Não foi verificada relação da dificuldade de dispersão dos solos com os atributos Ki, Kr, ΔpH, CTC e teores de SiO₂, e sim com os teores de Fe₂O₃ e Al₂O₃ nos solos. Como pode ser observado nos quadros 1 e 2, NVef apresenta maiores valores de Ki e Kr, enquanto aqueles referentes ao LVef e LVwf são menores; ΔpH é positivo para LVwf e negativo para LVef e NVef; houve valores relativamente maiores de SiO₂ para LVef e NVef e menores para LVwf; e ocorreu valor relativamente mais baixo de CTC para LVwf e mais alto para LVef e NVef. Portanto, observaram-se valores tanto altos como baixos dos atributos Ki, Kr, ΔpH, CTC e teores de SiO₂ nos solos que apresentaram dificuldade de dispersão, indicando que a dificuldade de dispersão não está relacionada com esses atributos. Em contrapartida, verificou-se que os solos que apresentaram dificuldade de dispersão possuem altos teores de Fe₂O₃ e Al₂O₃, indicando relação positiva da dificuldade de dispersão dos solos com os teores de Fe₂O₃ e Al₂O₃ neles presentes.

Os resultados obtidos demonstram que a adição de areia na fase de dispersão da análise granulométrica foi eficiente para recuperação da argila no LVef, LVwf e NVef, que se caracterizam, segundo Embrapa (2006), como solos argilosos com altos teores de óxidos de Fe. Além disso, a utilização de areia com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm mostrou-se mais adequada.

O uso de areia com diâmetro de 2,0–1,0 mm na fase de dispersão da análise granulométrica proporcionou menores teores da fração areia e maiores da fração silte dos solos, mas não com aumento correspondente nos teores da fração argila, quando comparado à adição de areia com diâmetro de 1,0–0,5 mm (Figura 1). Provavelmente, devido ao seu maior diâmetro, as partículas tenham causado efeito abrasivo excessivo, provocando a quebra das partículas de areia do solo em partículas menores, do tamanho de silte, com conseqüente aumento dos teores da fração silte das amostras (Figura 1). Os resultados do

presente trabalho corroboram os de Barilli (2000) no que se refere ao diâmetro da areia adicionada (1,0–0,5 mm); entretanto, demonstram que a quantidade de 10 g de areia, preconizada nos estudos realizados por esse autor, não é suficiente para a máxima recuperação da argila de solos argilosos com altos teores de óxidos de Fe.

Acredita-se que os resultados obtidos neste estudo permitam indicar a adição de 25 g de areia com diâmetro entre 0,5 e 1,0 mm na fase de dispersão do solo como um método de laboratório eficiente para obtenção de resultados acurados da análise granulométrica para solos com dificuldade de dispersão.

CONCLUSÃO

1. A adição de 25 g de areia com diâmetro entre 1,0 e 0,5 mm, na fase de dispersão da análise granulométrica de solos argilosos, com altos teores de óxidos de Fe e com dificuldade de dispersão, é eficiente para promover uma efetiva dispersão das partículas primárias do solo.

LITERATURA CITADA

- ASHFORD, E.M.; SHIELDS, L.G. & DREW, J.V. Influence of sand on the amount of water-dispersible clay in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36:848-849, 1972.
- BARILLI, J. Determinação do teor de argila de um Latossolo Vermelho acriférrico típico empregando-se diferentes dispersantes físicos e químicos. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2000. 71p. (Tese de Mestrado)
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106)
- CORREIA, J.R.; REATTO, A. & SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e manejo. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.29-62.
- 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 do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:507-514, 1999.
- GEE, G.W. & BAUDER, W. Particle-size analysis. In: BLACK C.A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1*. Madison, American Society of Agronomy, 1986. (Agronomy, 9)
- GROHMANN, F. & RAIJ, B.van. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. *R. Bras. Ci. Solo*, 1:52-53, 1977.
- JORGE, J.A. & LEPSCH, I.F. Matéria orgânica das alíquotas das frações de argila e silte e sua influência na análise granulométrica pelo método da pipeta. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17:1777-1781, 1982.
- JORGE, J.A.; PAULA, J.L. & MENK, R.F. Comparação de dois métodos de análise granulométrica de solos utilizados pelo SNLCS/EMBRAPA e IAC. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20:865-871, 1985.
- OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; RODRIGUES, J.J.V. & MARQUES, F.A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do Estado de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:315-326, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 14.ed. Piracicaba, Nobel, 2000. 477p.
- RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *R. Bras. Ci. Solo*, 29:297-300, 2005.
- SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M. & CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:97-103, 1998.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; FIDALSKY, J. & IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:1-10, 2008.