

MARCO ANTONIO DE CARVALHO

EFICIÊNCIA DE DISPERSANTES NA ANÁLISE TEXTURAL
DE MATERIAIS DE SOLOS COM HORIZONTE B
LATOSSÓLICO E B TEXTURAL

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".


ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 5

EFICIÊNCIA DE DISPERSANTES NA ANÁLISE TEXTURAL DE MATERIAIS DE
SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO E B TEXTURAL

APROVADA:


Prof. JEZIEL CARDOSO FREIRE
Orientador


Prof. NILTON CURI


Prof. VICTOR GONÇALVES BAHIA

Aos meus pais, Antonio e Maria
À minha esposa, Mônica
Aos meus filhos, Tiago e Caroline

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), e em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade concedida para realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio financeiro concedido durante o curso.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE) pelo auxílio financeiro para a impressão desta dissertação.

Ao Professor Jeziel Cardoso Freire, pela excelente orientação, incentivo e amizade.

Aos Professores Nilton Curi e Victor Gonçalves Bahia pelas críticas e sugestões.

Ao Dr. Miguel José Afonso Neto, Presidente da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio e incentivo.

Ao Dr. Paulo Rebelles Reis, chefe do Centro Regional do Sul de Minas-EPAMIG, Lavras, pela amizade, apoio e incentivo.

Ao Professor Magno Antônio Patto Ramalho, pela valiosa contribuição em nossa formação profissional.

A todos os Professores do Departamento de Ciência do Solo, pela dedicação, apoio e amizade.

Ao Professor Ruben Delly Veiga pela colaboração na análise estatística.

À Professora Miquéia de Assis pela revisão do texto.

À Maria Auxiliadora de Resende Braga pela datilografia e amizade demonstrada durante todo tempo.

À Terezinha de Lourdes Rezende pela colocação dos símbolos no corpo desta dissertação.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo e em especial a Anamaria, Elaise e Jairo, pela amizade e colaboração.

À Biblioteca Central da ESAL, na pessoa do bibliotecário Adriano Serrano, pela revisão das referências bibliográficas.

À Biblioteca Central da EPAMIG, nas pessoas das funcionárias Rosângela, Maria Ofélia, Cláudia, Ariadne e Maria Alice; pelas colaborações prestadas referentes ao material bibliográfico.

Aos colegas de curso, pela amizade e agradável convivência.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MARCO ANTONIO DE CARVALHO, filho de Antonio Moreira de Carvalho e Maria do Baixo Carvalho, nasceu em Ribeirão Vermelho, Estado de Minas Gerais, aos 12 dias de março de 1954.

Concluiu o primeiro e o segundo grau no Colégio Estadual Dr. João Batista Hermeto, Lavras, Minas Gerais. Em 1973 ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), graduando-se em Engenharia Agrônômica em 19 de dezembro de 1976.

Em 1977 e 1978, prestou serviços para a IAP-Indústria de Fertilizantes S/A e a ICI-Companhia Imperial de Indústrias Químicas do Brasil, no Estado do Paraná e para a RURALCRED-Planejamento, Assessoramento e Assistência Rural Ltda, no Estado do Mato Grosso.

Em 1979, foi contratado pela Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), onde permaneceu até agosto de 1982.

Em março de 1983, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL).

Em janeiro de 1984, foi contratado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), onde permanece até o presente.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Efeitos da matéria orgânica.....	04
2.2. Efeitos dos óxidos de ferro e alumínio.....	08
2.3. Efeitos de íons floculantes.....	10
2.4. Efeitos dos métodos de análise textural.....	14
2.5. Efeitos de agitação e agente abrasivo.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Material.....	19
3.1.1. Solos.....	19
3.1.2. Amostras.....	19
3.2. Métodos.....	21
3.2.1. Métodos físicos.....	21
3.2.1.1. Análise textural.....	21
3.2.1.2. Densidade de partículas (Dp)....	23
3.2.2. Métodos químicos.....	23
3.2.2.1. Carbono orgânico.....	23
3.2.2.2. Reação do solo.....	23

	Página
3.2.2.3. Complexo sortivo.....	23
3.2.2.4. Óxidos de ferro livre totais ($\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{d})$).....	24
3.2.2.5. Al_2O_3 e Fe_2O_3 do ataque sulfú- rico.....	24
3.3. Delineamento experimental.....	24
3.4. Análise estatística.....	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1. Pedomateriais latossólicos.....	25
4.1.1. Efeitos do material abrasivo (areia gros- sa \varnothing 1,0 - 0,5 mm).....	25
4.1.2. Efeitos da agitação.....	36
4.1.3. Efeitos dos métodos.....	36
4.1.4. Efeitos dos dispersantes.....	36
4.2. Pedomateriais podzólicos.....	38
4.2.1. Efeitos do material abrasivo (areia gros- sa \varnothing 1,0 - 0,5 mm).....	38
4.2.2. Efeitos da agitação.....	38
4.2.3. Efeitos dos métodos.....	48
4.2.4. Efeitos dos dispersantes.....	48
5. DISCUSSÃO.....	50
6. CONCLUSÕES.....	64
7. RESUMO.....	66
8. SUMMARY.....	68
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Parâmetros químicos e físicos dos materiais de solos empregados na pesquisa. ESAL, Lavras-MG.1985.	20
2	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo eutrófico (Bandeirantes-PR), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	26
3	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo distrófico (Lavras-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	27
4	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo eutrófico (Capinópolis-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	28
5	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	29

Quadro	Página	
6	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Variação Una (São Gotardo-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	30
7	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Campina Verde-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	31
8	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo distrófico (Ipiáçu-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	32
9	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Iturama-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	33
10	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	34
11	Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Iturama-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....	35

Quadro	Página	
12	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Bandeirantes-PR), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	39
13	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Perdões-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	40
14	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Escuro latossólico (Calciolândia-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	41
15	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Lavras-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	42
16	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Araguari-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	43
17	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p>	44

Quadro	Página
18	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p> <p style="text-align: right;">45</p>
19	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p> <p style="text-align: right;">46</p>
20	<p>Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Bastos-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p> <p style="text-align: right;">47</p>
21	<p>Valores de pH da solução dos dispersantes usados, como também da suspensão dos materiais de solos analisados em função dos dispersantes e tempo após agitação. ESAL, Lavras-MG. 1985.....</p> <p style="text-align: right;">55</p>
22	<p>Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B latossólico, com agitação lenta, em função do teor de H^+, porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985...</p> <p style="text-align: right;">57</p>
23	<p>Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B latossólico, com agitação rápida, em função do teor de H^+, porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.</p> <p style="text-align: right;">58</p>

Quadro

Página

- 24 Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B textural, com agitação lenta, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.. 61
- 25 Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B textural, com agitação rápida, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985..... 62

1. INTRODUÇÃO

A composição granulométrica do solo é uma das características mais estáveis, sendo de fundamental importância na descrição, identificação e classificação de solos. Esse parâmetro também é de grande utilidade nos campos da Engenharia Agrícola, Florestal, Civil e Agronomia. Segundo FREIRE (22) a textura por estar relacionada com a proporção do tamanho das partículas (primárias e secundárias) do solo, atua em todos fenômenos que envolvem atividades de superfície, tais como adsorção de íons e moléculas, retenção de água e manifestação de forças físicas de adesão e coesão. Além dos diversos aspectos de utilização agrônômica da textura do solo, ela apresenta influência e modifica o comportamento de diversas propriedades físicas do solo, tais como: porosidade total do solo - macro e microporosidade, densidade do solo, retenção de água, consistência do solo, armazenamento de água e superfície específica, conforme pode ser observado nos estudos de GROHMANN & QUEIROZ (27), GROHMANN (25), OLIVEIRA (46) e RANDO (51).

As partículas primárias do solo encontram-se, normalmente, agregadas devido a ação cimentante de substâncias tais como maté

ria orgânica. óxidos de ferro e alumínio e, íons flocculantes como cálcio, magnésio, alumínio e hidrogênio. Segundo LANDA & GAST (38), um dos principais agentes cimentantes das partículas de solos das regiões tropicais são os óxidos (termo inclusivo para óxidos, hidróxidos e óxi-hidróxidos) de ferro. Esses geralmente ocorrem tanto como partículas individualizadas, como películas envolvendo outras partículas.

Para a determinação da composição granulométrica do solo utilizam-se de métodos que resultam da combinação da desagregação mecânica com processo químico. Na desagregação mecânica predominam duas formas de agitação: a rápida (12.000 rpm) durante 15 minutos e a lenta (25-30 rpm) durante aproximadamente 8 horas, segundo BAVER (2) e GROHMANN & VAN RAIJ (28) respectivamente. Dentro do processo químico, são conhecidos como elementos dispersantes em uma escala de eficiência, $Li > Na > K > Rb > Cs$, BAVER et alii (3). Obviamente têm sido usado compostos químicos contendo Na^+ , apesar deste estar em segundo lugar dentro da escala de eficiência de dispersão, por questões de facilidade de mercado e custo.

Acredita-se que nenhum método possa ter aplicação generalizada, e para cada solo ou classe de solos deverá ser escolhido o método que proporcione melhor dispersão com um mínimo de operações, não se esquecendo de que a dispersão é um processo complexo envolvendo variáveis do tipo de agitação, presença de agente abrasivo e agente de dispersão. Portanto, na escolha do dispersante químico

mico ideal contendo o sódio, para a análise textural, a presença dos cátions Ca^{++} , Mg^{++} e H^+ no complexo de troca dos solos é levada em conta, pois sabe-se que em solos com teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ "elevados", e problema de estabilização da suspensão, o calgon (Hexametafosfato de sódio) é o dispersante mais indicado, e quando há predominância de H^+ no complexo sortivo e, óxidos, o NaOH passa a ser o melhor dispersante químico, BAVER et alii (3). Porém, não se tem uma estimativa do teor crítico de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, a partir do qual se deve usar o calgon e não o hidróxido de sódio ou calgon + carbonato de sódio, visando o sucesso da análise como também o aspecto econômico, principalmente nas condições atuais onde a eficiência deverá estar associada aos custos. O sucesso da análise será conseguido quando for obtida uma total desagregação e que as partículas individualizadas assim permaneçam durante a fase de separação, conforme MEDINA (42), sendo esta estabilidade da suspensão fornecida pela elevação do potencial zeta ocasionada pela troca de cátions ocorrida com o dispersante químico, segundo KIRKHAM & POWERS (35).

Diante dos aspectos envolvidos na dispersão dos solos, visando a análise textural, esta pesquisa tem por objetivo testar a eficiência de alguns dispersantes químicos, hidróxido de sódio, calgon e calgon + carbonato de sódio, usando agitações mecânicas distintas, na presença e ausência de agente abrasivo (areia grossa).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Na determinação da composição granulométrica de solos há necessidade de suspensões de partículas completamente individualizadas e estáveis por tempo suficiente para permitir a retirada de alíquotas ou leituras visando a dosagem das frações. Dentre os fatores que dificultam a obtenção destas condições, destacam-se a presença de materiais cimentantes das partículas do solo, como matéria orgânica e óxidos de ferro e, a existência de íons flocculantes como cálcio, magnésio, alumínio e hidrogênio. Portanto, para romper as ligações cimentantes e assegurar a máxima dispersão, torna-se necessário a utilização de uma metodologia adequada.

2.1. Efeitos da matéria orgânica

Vários pesquisadores têm mostrado o efeito favorável da destruição da matéria orgânica antes da execução da análise granulométrica, Robinson, Freire, Souza, citados por GROHMANN & VAN RAIJ (28).

ROBINSON (52) foi um dos primeiros pesquisadores a reconhecer a influência da matéria orgânica na dispersão. O autor concluiu que, tratando-se a amostra de solo com água oxigenada, os teores de argila obtidos na análise granulométrica eram mais elevados do que nas amostras sem tal pré-tratamento. Porém, Steenhamp, citado por FREIRE (23), concluiu que o peróxido de hidrogênio tem apenas um leve efeito desfloculante sobre o material cimentante, tanto dos solos húmicos argilosos, como dos húmicos arenosos.

Combinando a destruição da matéria orgânica com pré-tratamentos com ácidos, os resultados têm sido variáveis, positivos com Freire et alii e, Souza, citados por GROHMANN & VAN RAIJ (28), e negativos com WINTERS & HARLAND (59) e PIERATONI & VETTORI (48).

BEALE (4) verificou que, para solos lateríticos, não havia diferenças significativas entre os teores de argila obtidos com e sem a eliminação da matéria orgânica. O autor concluiu dizendo que, em análises mecânicas de rotina, o pré-tratamento com água oxigenada pode ser omitido para estes solos. Conclusão idêntica chegaram MEDINA & GROHMANN (43) com relação a dispensa do pré-tratamento. Isto deve-se provavelmente ao fato de que os solos dos trópicos, com exceção dos hidromórficos, têm teores de matéria orgânica, geralmente inferiores a 5%.

SOUZA (54) realizou-se um estudo com dez solos do Paraná, apresentando teores variáveis de matéria orgânica (de 1 a 29%), para determinar até que ponto a fração orgânica influiu na determinação da argila. O autor verificou que, em solos com teores até

7% de matéria orgânica quando esta foi eliminada, houve uma diminuição na porcentagem de argila, e nos solos com mais de 7%, ao se fazer a destruição da matéria orgânica, obteve-se um aumento.

Ranzani & Kiehl, citados por FREIRE (23), indicam a destruição da matéria orgânica como um pré-tratamento de amostras destinadas à análise mecânica pelo método da pipeta, para solos cujo conteúdo deste constituinte, seja maior do que 2%. Já a EMBRAPA-SNLCS (17) recomenda apenas para solos com teores de matéria orgânica acima de 5%, provavelmente por causa do tempo e trabalho envolvido nesta operação bem como pelos efeitos benéficos duvidosos.

De acordo com JORGE & LEPSCH (32), supondo-se que, com os métodos de desagregação mecânica preconizados, há uma completa dispersão da amostra, mesmo sem pré-tratamento com água oxigenada, é possível que a matéria orgânica não eliminada permaneça na susensão usada para análise granulométrica. Neste caso, existiria a possibilidade de a análise da amostra, não submetida ao ataque com água oxigenada, proporcionar resultados mais elevados de argila e/ou silte que o real. Esses erros, de certa forma, tenderiam a ser atenuados por não se levar em conta o peso real da fração mineral do solo, porque os resultados são normalmente expressos em porcentagens do peso da TFSA, e não como recomendado por KILMER & ALEXANDER (34), por peso de solo seco e isento de matéria orgânica.

O efeito cimentante da matéria orgânica não deve ser considerado isoladamente. KILMER & ALEXANDER (34) afirmam que este

efeito pode variar amplamente com os diferentes solos, dependendo da quantidade e natureza da argila e da matéria orgânica, e do subsequente tratamento empregado. Estes autores e também SOUZA (54), aconselham que, embora existam solos que dispensem a eliminação da matéria orgânica, é recomendável o uso do pré-tratamento, para todos os solos, com a finalidade de garantir uma dispersão completa e obter resultados mais homogêneos.

A utilização da água oxigenada para oxidação da matéria orgânica pode afetar negativamente os resultados da análise granulométrica. Este fato foi constatado por Drosdoff & Miles, citados por PAULETTO (47) ao observarem que as frações mais grossas de mica intemperizada, eram diminuídas em favor das mais finas quando a amostra de terra era tratada com água oxigenada. Outro inconveniente do peróxido de hidrogênio como um pré-tratamento é com relação a diminuição do pH da suspensão, o que faz com que os teores de argila sejam menores em amostras tratadas, segundo GROHMANN & VAN RAIJ (28).

A destruição da matéria orgânica pelo uso de H_2O_2 é, sabidamente, um método muito drástico, originando até alguns subprodutos, JACKSON (31). Trabalho de GUALBERTO (30) revelou que o pré-tratamento com água oxigenada, para destruição da matéria orgânica, em particular nos solos ricos em manganês, pode provocar alterações, prejudicando as interpretações dos resultados.

PROTZ & ARNAUD (49) em estudo da eficiência de pré-tratamentos, observaram que, para obter uma completa dispersão da amostra, é importante manter elevado o pH da suspensão. Os resulta -

dos desse trabalho mostram que, quando o pH da suspensão foi reduzido de 7,0 para 5,5, em amostras tratadas com ácido clorídrico e água oxigenada, ocorreu a floculação da argila.

2.2. Efeitos dos óxidos de ferro e alumínio

A eliminação dos óxidos de ferro para a análise granulométrica tem sido causa de alguma controvérsia entre os pesquisadores. Embora o assunto seja abordado especificamente em poucos trabalhos, há indicação de que os pesquisadores se dividem entre os que consideram fundamental a remoção destes agentes cimentantes e os que consideram que os óxidos de ferro e alumínio são importantes componentes da fração coloidal dos solos e, por isso, devem permanecer na amostra.

Baver, citado por PAULETTO (47), é um dos pesquisadores que adverte sobre a validade dos resultados, pois a eliminação de óxidos de ferro é discutível, pois estes fazem parte da fração coloidal do solo. Sua participação nos fenômenos físico-químicos do solo é especialmente significativa em latossolos, ricos nestes componentes. Porém outros autores, como Truog et alii, Infante e Barshad, citados por FREIRE (23), aconselham a eliminação dos óxidos de ferro e alumínio como um tratamento prévio das amostras, a serem submetidas à análise mecânica.

Um exemplo do efeito da eliminação de óxidos de ferro no teor de argila em suspensão, aparece no trabalho de Tavares, citado por FREIRE (23), no qual amostras de solos ricos em óxidos de

ferro e alumínio, das regiões de Piracicaba e Ribeirão Preto, foram submetidas a pré-tratamentos com ácido oxálico, em substituição ao ácido clorídrico normalmente usado. O autor obteve um aumento na porcentagem de argila, de 40% para os solos de Piracicaba e de 36% para os de Ribeirão Preto.

KUNZE (37) afirma que, amostras de latossolos são geralmente difíceis de se dispersar, a menos que os óxidos de ferro sejam removidos. Mas esta afirmativa não é compartilhada por Blot & Pedro e Chavel & Pedro citados por MENK & OLIVEIRA (45), pois estes dizem que a desferrificação modifica a dispersão, promovendo um aumento da fração fina menor que 2 μ m.

Nota-se que a indicação ou não do pré-tratamento, seja ele com HCl ou ácido oxálico é muito polêmica. Uma eliminação dos óxidos de ferro e alumínio de uma amostra para análise mecânica, tiraria todo o valor real da porcentagem de argila desta amostra, pois estes têm uma grande contribuição na fração coloidal do solo. E além disso GROHMANN & VAN RAIJ (28) afirmam que, para latossolos argilosos, a desagregação mecânica é a etapa mais importante na análise granulométrica, sendo ela adequada, o pré-tratamento para eliminação de óxidos pode ser omitido.

Para solos de regiões tropicais úmidas nos quais os óxidos de ferro são os principais agentes cimentantes, a remoção desses por processos químicos apresenta inconvenientes. De acordo com GROHMANN & VAN RAIJ (29), além deste processo de remoção ser demorado, os teores de argila são afetados já que a fração argila de muitos solos contém altos teores de óxidos de ferro.

2.3. Efeitos de íons flocculantes

A eliminação dos íons flocculantes, os quais são responsáveis pela queda do potencial eletrocinético das partículas coloidais do solo, é uma etapa decisiva na obtenção de suspensões estáveis.

As suspensões dos solos para a análise granulométrica são caracterizadas pela existência de partículas coloidais sólidas separadas uma das outras e distribuídas num meio líquido, no chamado estado disperso. Tal estado explica-se por fenômenos de repulsão eletrostática, devidos ao potencial elétrico das partículas. Como se sabe, estas estão animadas de movimento browniano, o qual resulta de bombardeamento pelas moléculas do líquido que têm movimento semelhante mas muito mais intenso. Quando duas partículas se aproximam uma da outra, repelem-se mutuamente. A estabilidade do sistema no estado disperso é tanto maior quanto maior for o potencial eletrocinético das partículas coloidais, COSTA (14). Havendo uma diminuição desse potencial o sistema torna-se menos estável e, abaixo de certo valor crítico do potencial, a repulsão atenua-se suficientemente para deixar de impedir a associação de partículas coloidais, que se reúnem em grupos ou flocos. Nisto consiste o fenômeno da flocculação.

Segundo BAVER (3) a flocculação é o resultado da compressão ou diminuição da espessura da dupla camada e a diminuição das cargas negativas. O mesmo autor afirma que o grau de flocculação

decrece de acordo com a série $H > Cs > K > Na > Li$ para os íons monovalentes e $Ba > Sr > Mg > Ca$ para os divalentes. Verifica-se ainda que, além da valência que regula estas séries, os íons flocculantes são divalentes e os dispersantes são monovalentes, havendo aí uma exceção, o caso do hidrogênio que é flocculante. Outro fator importante neste sistema é o tamanho do raio iônico e raio de hidratação. Os divalentes possuem raio iônico maior do que os monovalentes, enquanto estes possuem raio hidrato maior do que os divalentes. Segundo BAVER (3), o hidrogênio é um caso especial, pois, é monovalente, tem raio iônico pequeno, possui raio hidrato também pequeno, e este íon ligado à argila, apresenta um comportamento semelhante ao do alumínio.

KIRKHAM & POWERS (35) afirmam que a espessura da dupla camada é governada pelo tamanho do raio hidratado e valência do cátion adsorvido. Sendo assim, quando o complexo de troca estiver saturado com Na^+ , que possui um pequeno raio iônico e grande raio de hidratação a condição será de dispersão. A flocculação estará presente quando os cátions Ca^{++} , Mg^{++} e H^+ estiverem saturando os pontos de troca.

O pH do sistema é também um importante fator, pois a dispersão dos minerais de argila é tanto mais fácil quanto mais elevado o pH, e ao contrário, quanto mais baixo é o pH tanto mais fácil é a sua flocculação. Com o aumento do pH há conseqüentemente o aumento das cargas negativas, elevando assim o potencial eletrocinético das partículas. De acordo com Street & Buchanan, citados

por DIXON (16), a pequena carga negativa da caulinita dificulta a sua dispersão, e que quando esta argila foi tratada com NaOH, o seu pH atingiu 8,2 a 10,9, o que propiciou um grande aumento da densidade de carga e uma melhor dispersão.

A eliminação dos íons flocculantes se dá pela substituição destes por um íon dispersante conveniente (geralmente o sódio) no complexo de troca.

Diversos compostos contendo sódio têm sido testados. Olms ted et alii, citados por BAVER (3), verificaram que o oxalato de sódio é mais eficiente que o carbonato de sódio e este mais do que o hidróxido de sódio. Alexander, entretanto, conforme mencionado por BAVER (3), observou que o oxalato de sódio não é mais eficiente que o hidróxido de sódio na dispersão de amostras que contenham grandes quantidades de óxidos de ferro e de alumínio e baixos teores de bases trocáveis. Isto foi confirmado através do trabalho de BEALE (4), o qual verificou, ao tratar amostras de materiais de solos lateríticos com o oxalato de sódio, que ocorria a flocculação.

TYNER (56) em 1939, introduziu o hexametáfosfato de sódio (calgon) como agente dispersante e verificou que o mesmo era tão eficiente quanto o oxalato e o hidróxido de sódio. Sua eficiência, segundo o autor, prende-se ao fato de que o hexametáfosfato reage com o íon flocculante cálcio, formando um complexo insolúvel, reduzindo desta maneira a concentração do íon cálcio em solução.

Uma comparação do efeito dispersante do calgon, do NaOH e do amoníaco, sobre amostras de solos do Rio Grande do Sul, foi apresentada por Bergoglio, citado por FREIRE (23). A autora concluiu que NaOH foi sempre superior aos demais dispersantes, salvo no caso dos solos ricos em carbonatos, para os quais o calgon foi o mais eficiente.

MEDINA & GROHMANN (43) encontraram bons resultados para NaOH e regulares para o calgon. Também LEPSCH & GROHMANN (40) notaram a superioridade do NaOH sobre o calgon. Esses últimos autores concluíram que o uso de NaOH sem pré-tratamento ácido, não é adequado para dispersar solos com teores altos em bases trocáveis.

SOUZA (54), comparando a eficiência dispersante do hidróxido de sódio, carbonato de lítio, amoníaco e do hexametáfosfato de sódio sobre amostras de solos do Paraná, observou que além de melhor dispersante, o hidróxido de sódio apresentou-se como o melhor desagregante. Também Araújo e Pavageau et alii, citados por FREIRE (23), aconselharam o hidróxido de sódio, para dispersão de amostras de solos a serem submetidas à análise mecânica.

MENK & OLIVEIRA (45), mostraram haver flocculação em alguns solos quando a matéria orgânica era oxidada pela água oxigenada e o solo disperso com hidróxido de sódio. Verificaram, ainda, que o pré-tratamento com ácido clorídrico mais água oxigenada não se mostrou adequado, principalmente quando foi usado hidróxido de sódio como agente dispersante. Isto, porém, não foi verificado quando se usou calgon 5%.

Segundo BAVER (3), o dispersante hidróxido de sódio é mais indicado para solos em que o hidrogênio seja o cátion dominante no complexo de troca. Para solos contendo cálcio trocável ou carbonato de cálcio, este autor recomenda usar carbonato de sódio, hexametáfosfato de sódio, oxalato de sódio ou silicato de sódio.

2.4. Efeitos dos métodos de análise textural

A análise textural do solo pode ser efetuada basicamente por dois grupos de métodos, segundo a técnica utilizada na separação das frações silte e argila: o da pipeta e o do densímetro.

O primeiro é um método de sedimentação, utilizando-se pipeta para coletar uma alíquota a profundidade e tempo pré-determinados. É curioso saber que ele foi idealizado quase que na mesma época por três pesquisadores em três países diferentes: Jennings e colaboradores, na América do Norte; Robinson, na Inglaterra e Kraus na Alemanha, KIEHL (33).

O método que passou a ser conhecido como "da pipeta", foi apresentado por KILMER & ALEXANDER (34), mostrando uma seqüência de etapas para o preparo das suspensões que incluía o pré-tratamento da amostra, para a eliminação da matéria orgânica, e dispersão em agitador recíproco horizontal, durante uma noite, usando hexametáfosfato de sódio como agente estabilizante da suspensão.

Posteriormente, DAY (15) introduziu modificações neste método, as quais prevalecem até os dias de hoje.

Entretanto, antes que o método da pipeta tivesse ganho aceitação universal, Bouyoucos, em 1926, citado por KIEHL (33), apresentou um método baseado no princípio de Odén, utilizando um densímetro especialmente calibrado para determinar a densidade da suspensão. Este método sofreu várias modificações, BOUYOUCOS (8, 9, 10, 11 e 12) e CASAGRANDE (13).

Bouyoucos, citado por PAULETTO (47), desenvolveu pesquisas com o objetivo de verificar a eficiência do método do hidrômetro em relação ao método da pipeta. Após análise de 30 solos, foi verificado que, para as frações do solo, areia, argila e silte grosso, os dois métodos concordavam plenamente. Com relação ao silte fino, porém, houve discordância nos resultados devido à sensibilidade do hidrômetro não permitir distinguir silte fino da fração argila. Também foi verificado que, para solos de texturas extremas, ou seja, muito arenosos ou muito argilosos, os dois métodos podem apresentar diferenças de até 10%.

Segundo KIEHL (33), KILMER & ALEXANDER (34), MEDINA (42), o método da pipeta é amplamente usado e é considerado dos mais precisos para a determinação do separado argila, servindo para calibração dos demais.

LIU et alii (41), afirmam que o método da pipeta é o preferido pelos cientistas de solos, enquanto que o pessoal da engenharia prefere o do hidrômetro. E em trabalho comparando os dois métodos, os autores encontraram teores semelhantes de argila entre eles.

2.5. Efeitos do tempo de agitação e agente abrasivo

MEDINA & GROHMANN (43) foram os primeiros pesquisadores a definir um método de dispersão para os solos tropicais do Brasil. Esses autores verificaram que a melhor dispersão era obtida quando se usava hidróxido de sódio, como agente dispersante, e agitação rápida (12.000 rpm).

GROHMANN & VAN RAIJ (29) comparando métodos de dispersão mecânica, verificaram que a agitação lenta (26 rpm) mostrou maior eficiência do que a agitação rápida (12.000 rpm). No primeiro caso, a suspensão do solo sofre quedas sucessivas no interior do recipiente provocando choque dos agregados, ocasionando a dispersão, enquanto que na agitação rápida, a suspensão do solo é agitada violentamente, em sentido circular, estando a energia de dispersão concentrada junto a hélice, tornando este método menos eficiente.

Os mesmos autores verificaram que o tempo de agitação mostrou-se importante, principalmente para os latossolos, destacando-se alguns LR pela dificuldade de dispersão. Para estes solos, teores máximos de argila foram obtidos para um período de tempo de 18 horas, quando se usou agitação lenta com 50 ml de suspensão.

Então GROHMANN & VAN RAIJ (29), introduziram no método de MEDINA & GROHMANN (43), areia grossa (ϕ 1,0 - 0,5 mm) como artifício para desagregação das amostras de solo. Esse artifício foi idealizado com base no trabalho de ASHFORD et alii (1), que verificaram aumento na quantidade de argila dispersa em água, com a

proporção de areia contida na amostra. Esse fato foi atribuído à ação abrasiva da areia durante a agitação, provocando a quebra dos agregados contendo argila.

GROHMANN & VAN RAIJ (28) concluíram que, para latossolos argilosos, a desagregação mecânica é a etapa mais importante na análise granulométrica; quando ela for adequada, os pré-tratamentos com HCl ou com H₂O₂ podem ser omitidos. Verificaram também que, agitação lenta por 12 horas de suspensões, contendo 20 g adicionais de areia, foi mais eficiente do que a desagregação mecânica utilizando agitação rápida por 15 minutos. E ainda notaram que acima de 8 horas de agitação, o teor de argila não se alterava.

PAULETTO (47), testando influência da granulometria da areia na desagregação de amostras dos horizontes Ap e B₂₂ de um LR, comprovou que a presença de areia grossa (ϕ 1,0 - 0,5 mm) foi o tratamento mais eficiente em ambos horizontes. O mesmo autor observou ainda que, a contribuição desta classe de areia para aumentar o teor de partículas do tamanho argila e silte é desprezível, podendo ser utilizada como artifício de desagregação de amostras de solo para a análise granulométrica.

Posteriormente GROHMANN (26), comparou a eficiência do método agitação lenta com areia com o método vibração ultrassônica descrito por GENRICH & BREMNER (24), e concluiu que tais métodos diferem pouco quanto à capacidade de dispersão. Através deste trabalho, pode-se inferir que o método denominado agitação lenta com areia, embora mais demorado, deve ser preferido.

A discordância nas conclusões das pesquisas de muitos autores, sobre a eficiência dos tratamentos químicos de dispersão, provavelmente seja devido ao fato de não se ter a preocupação, na maioria das vezes, em restringir as observações a solos de mesma natureza.

Pelos trabalhos consultados, observa-se também uma grande lacuna quanto à definição de uma metodologia adequada, eficiente em dispersão e estabilização de suspensão que possa servir de roteiro para a rotina dos laboratórios de Física do Solo. Maior preocupação existe ainda com o estabelecimento da melhor metodologia para solos com predominância dos íons flocculantes no complexo de troca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Solos

Utilizou-se nesta pesquisa, amostras de material de solos (horizonte B), de 19 diferentes perfis pré-selecionados, procurando variação quanto à classe de solos, teores de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, H^+ , teor de óxidos de ferro e textura. Dos 19 perfis, 10 são de B latossólico e 9 de B textural, sendo que no caso dos solos da região do Triângulo Mineiro, a seleção das amostras foi baseada em EMBRAPA (19). No quadro 1, estão apresentados os parâmetros químicos e físicos dos materiais de solos usados neste trabalho.

3.1.2. Amostras

Em cada perfil foi coletada amostra do horizonte B em quantidades suficientes para constituir três repetições em cada determinação analítica. As amostras foram submetidas à secagem ao ar e posteriormente passadas em peneira de 2 mm de diâmetro cons

QUADRO 1. Parâmetros químicos e físicos dos materiais de solos empregados na pesquisa.
ESAL, Lavras-MG. 1985.

Solo	Textura	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	M.O.	S	T	V	Sat.H ⁺	Fe ₂ O ₃ (d)	Ataque Sulfúrico		Local
																Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
		meq/100g				ppm	1:2,5		%	meq/100g		%						
1. Latossolo Roxo eutrófico	Muito argilosa	4,0	2,5	0,1	0,03	9	5,5	5,1	-0,4	0,6	4,1	6,7	60,6	37,9	17,4	25,6	21,4	Bandeirantes-PR
2. Latossolo Roxo distrófico	Muito argilosa	1,0	4,4	0,1	0,04	16	4,4	4,9	0,5	1,6	1,1	5,6	19,6	78,6	19,3	28,5	27,1	Lavras-MG ✓
3. Latossolo Roxo eutrófico	Muito argilosa	5,6	4,7	0,1	0,04	23	5,7	5,2	-0,5	1,7	5,7	10,5	54,3	44,7	18,6	26,2	23,9	Capinópolis-MG
4. Latossolo Vermelho-Amarelo	Média	0,8	1,1	0,1	0,04	8	4,6	5,2	0,6	0,3	0,9	2,0	42,6	52,5	2,5	4,0	9,9	Uberaba-MG
5. Latossolo Variação Una	Muito argilosa	0,8	2,9	0,1	0,07	14	5,1	5,9	0,8	1,7	0,9	3,9	23,4	74,0	8,4	17,0	40,3	São Gotardo-MG
6. Latossolo Vermelho-Escuro	Média	0,9	2,0	0,1	0,04	16	5,2	4,7	-0,5	0,7	1,0	3,1	31,4	65,4	5,4	8,4	12,5	Campina Verde-MG
7. Latossolo Roxo distrófico	Argilosa	2,6	3,7	0,1	0,04	17	5,1	5,1	0,0	1,3	2,7	6,5	41,4	57,1	17,5	26,6	26,5	Ipiacú-MG
8. Latossolo Vermelho-Escuro	Argilosa	3,6	2,0	0,1	0,03	12	5,9	5,0	-0,9	0,9	3,7	5,8	63,1	35,2	5,8	10,4	15,0	Iturama-MG
9. Latossolo Vermelho-Escuro	Muito argilosa	0,7	3,0	0,1	0,02	3	4,9	5,0	0,1	1,7	0,7	3,9	18,6	78,8	6,0	10,6	34,0	Uberaba-MG
10. Latossolo Vermelho-Escuro	Argilosa	2,0	2,3	0,2	0,04	11	4,9	4,5	-0,4	0,5	2,1	4,6	45,5	50,1	6,5	9,8	31,6	Iturama-MG
11. Terra Roxa Estruturada	Muito argilosa	4,7	3,0	0,1	0,12	76	5,6	5,3	-0,3	1,1	5,0	8,1	61,4	37,4	14,6	22,2	22,4	Bandeirantes-PR
12. Terra Roxa Estruturada	Muito argilosa	3,6	2,7	0,1	0,10	45	5,3	5,4	0,1	1,1	3,8	6,6	57,7	40,8	14,9	24,0	23,4	Perdões-MG
13. Podzólico Vermelho-Escuro latossólico	Muito argilosa	2,8	4,4	0,2	0,11	34	4,5	4,4	-0,1	1,0	3,0	7,6	39,4	58,0	10,4	12,8	30,4	Calciolândia-MG ✓
14. Podzólico Vermelho-Amarelo	Média	2,1	1,2	0,1	0,09	87	5,8	5,2	-0,6	0,4	2,4	3,7	64,6	32,7	4,1	6,1	19,2	Lavras-MG ✓
15. Podzólico Vermelho-Amarelo	Argilosa	5,2	2,2	0,1	0,08	82	6,4	5,1	-1,3	0,9	5,5	7,8	70,4	28,3	4,2	7,4	18,4	Araguari-MG
16. Podzólico Vermelho-Amarelo	Argilosa	0,8	2,3	0,5	0,03	16	5,1	4,4	-0,7	0,6	0,9	3,7	23,7	62,7	5,8	7,6	18,1	Uberaba-MG
17. Podzólico Vermelho-Amarelo	Média	6,0	2,9	0,2	0,16	133	5,0	3,8	-1,2	0,7	6,5	9,6	67,7	30,2	2,2	4,8	10,7	Uberaba-MG
18. Podzólico Vermelho-Amarelo	Argilosa	15,9	1,2	0,1	0,12	72	6,4	5,8	-0,6	1,2	16,2	17,5	92,5	7,0	4,6	8,2	16,1	Uberaba-MG
19. Podzólico Vermelho-Amarelo	Arenosa	4,1	1,2	0,1	0,07	52	6,2	5,1	-1,1	0,4	4,3	5,6	76,5	21,7	0,8	2,4	5,3	Bastos-MG

tituindo a TFSA.

3.2. Métodos

Para uma melhor caracterização dos materiais de solo em estudo, foram utilizados métodos físicos e químicos de análise.

3.2.1. Métodos físicos

3.2.1.1. Análise textural

A individualização das partículas do solo foi obtida utilizando o método da pipeta preconizado por DAY (15) e o do densímetro indicado por BOUYOUCOS (9).

No primeiro, pesou-se 10 g de TFSA, adicionou-se o dispersante e completou-se o volume da suspensão com água destilada, levando-se em seguida para a agitação. Os tempos de sedimentação para as frações argila e silte foram calculados através da Lei de Stokes, conforme BAVER et alii (3), seguindo o sistema de classificação de partículas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo de acordo com LEMOS & SANTOS (39). As frações areia grossa e fina foram separadas por tamisagem e determinadas gravimetricamente.

No segundo método, pesou-se 50 g de TFSA, adicionou-se o dispersante e completou-se o volume da suspensão com água destilada, levando-se em seguida para a agitação.

Foi introduzida neste método, a proveta desenvolvida por FONTES (21), propiciando uma suspensão mais homogênea por ocasião da leitura e também uma uniformidade quanto à fase de separação com o método da pipeta. Os tempos de sedimentação para as frações argila e silte até a altura de escoamento da proveta, e a separação das frações areia grossa e fina, foram determinadas usando o mesmo procedimento do método anterior. Nos dois métodos os resultados encontrados, foram expressos em % de TFSE (Terra Fina Seca em Estufa).

Como dispersantes químicos foram utilizados:

- Hidróxido de Sódio (4,0 g) - 0,1N - 50 ml
- Hexametáfosfato de sódio (51,1 g) - 0,5N - 10 ml
- Hexametáfosfato de sódio (37,07 g) - 0,34N + Carbonato de Sódio (7,94 g) 0,075N - 10 ml da mistura.

Os dois métodos de análise textural com os dispersantes foram testados com dois tipos de agitação:

a) Agitação lenta (26-30 rpm) - tendo uma duração de 10 h e foi usado o agitador de Stohman.

b) Agitação rápida (12.000 rpm) - duração de 15 minutos e utilizou-se o agitador de Hamilton Beach.

Dentro de cada dispersão foi associada a presença (20 g) e ausência do agente abrasivo, areia grossa (\emptyset 1,0 - 0,5 mm).

A eficiência dos dispersantes foi avaliada usando os resultados da porcentagem de argila.

3.2.1.2. Densidade de partículas (Dp)

Foi determinada utilizando-se o método do picnômetro de acordo com BLAKE (6), tomando-se 3 g de TFSE e determinando-se o volume de sólidos com água destilada desaerada.

3.2.2. Métodos químicos

3.2.2.1. Carbono orgânico

A percentagem de carbono orgânico foi determinada pelo método proposto por Tiurim e modificado por VETTORI (58), que consiste na sua combustão por via úmida. A matéria orgânica foi estimada multiplicando o teor de carbono orgânico por 1,724.

3.2.2.2. Reação do solo

Para avaliação da reação do solo, fez-se as determinações do pH em água e em solução de KCl N, na proporção solo:água, e solo:KCl de 1:2,5.

3.2.2.3. Complexo sortivo

Para tal análise foi seguida a metodologia proposta por VETTORI (58), sendo: $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ e Al^{+++} (extraídos pelo KCl 1N); P, Na^+ e K^+ (extrator de Mehlich) e, acidez extraível (acetato de cálcio pH 7,0).

3.2.2.4. Óxidos de ferro livre totais ($\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{d})$)

Foram determinados através de extração pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) segundo MEHRA & JACKSON (44) e a dosagem, efetuada através de fotolorimetria em comprimento de onda de 530nm, de acordo com KRISHNAMURTI et alii (36).

3.2.2.5. Al_2O_3 e Fe_2O_3 do ataque sulfúrico

Determinados segundo metodologia proposta pela EMBRAPA-SNLCS (18).

3.3. Delineamento experimental

Foram utilizados como tratamentos, os dois métodos, três dispersantes, e presença e ausência do material abrasivo (areia grossa), dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$, com três repetições, sendo os solos analisados separadamente usando a agitação rápida e a lenta.

3.4. Análise estatística

As análises de variância e equações de regressão foram determinadas para o estudo do comportamento dos materiais de solos em cada parâmetro químico distinto, segundo procedimento de STEEL & TORRIE (55).

4. RESULTADOS

Com a finalidade de facilitar o acompanhamento do estudo feito, são apresentados primeiramente os resultados e posteriormente em outro tópico as discussões dos mesmos.

4.1. Pedomateriais latossólicos

Nos quadros 2 a 11 são apresentadas as médias dos materiais de solo com B latossólico, referentes à interação métodos x material abrasivo x dispersantes, nas agitações rápida e lenta.

4.1.1. Efeitos do material abrasivo (areia grossa \varnothing 1,0 - 0,5 mm)

Nota-se que, dos 10 materiais latossólicos usados no trabalho, somente o LE-Iturama-MG, não apresentou significância, para os parâmetros estudados.

A presença de areia grossa como artifício de melhoria na desagregação das amostras, se mostrou acentuadamente melhor do

QUADRO 2. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo eutrófico (Bandeirantes-PR), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
----- % TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 70,3	B 66,9 a β	70,8 a	72,1 a α
(NaPO ₃) _x	A 70,4 α	B 58,2 bβ	65,4 b β	63,3 bα
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	68,6	68,4 a	A 69,1 a	B 65,5 b
Agitação Lenta				
NaOH	A 79,2 α	B 74,6 b α	B 47,2 b β	A 65,1 b β
(NaPO ₃) _x	76,2 α	77,1 ab α	67,6 a β	62,5 b β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 76,1	A 80,0 a α	70,6 a	70,7 a β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,9		Agitação lenta DMS _{5%} = 3,3		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 3. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo distrófico (Lavras-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
----- % TFSE-----				
Agitação Rápida.				
NaOH	A 75,6	B 66,2	A 76,7	B 71,4
(NaPO ₃) _x	A 73,0	B 63,1	A 71,0	B 59,7
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 71,6	B 55,3	A 73,6	B 52,8
Agitação Lenta				
NaOH	A 76,8 cα	B 74,8a α	A 65,8a β	B 58,2a β
(NaPO ₃) _x	A 83,1a α	B 70,3 cα	A 58,2 bβ	B 32,9 cβ
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 79,5 b α	B 72,7 b α	A 66,7a β	B 55,3 b β
Agitação lenta DMS _{5%} = 1,1				

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 4. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo eutrófico (Capinópolis-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 68,3a	B 60,0a	A 67,8a	B 60,5a
(NaPO ₃) _x	A 65,8a α	B 48,2 cβ	59,0 cα	57,0 b β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 62,8 c	B 54,5 b α	A 62,1 b	B 46,5 cβ
Agitação Lenta				
NaOH	A 79,5α	B 72,5a α	57,6 bβ	60,1a β
(NaPO ₃) _x	A 78,5α	B 66,1 bα	A 58,3 bβ	B 39,8 bβ
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 77,4α	B 70,7a α	62,2a β	62,0a β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,9			Agitação lenta DMS _{5%} = 1,9	

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 5. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	<u>17,6a</u>	<u>15,9a</u>	A 18,8a	B 13,7
(NaPO ₃) _x	A 15,0ab	B 9,7 b β	15,7ab	14,6 α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	11,6 b	12,8ab	11,6 c	15,0
	Agitação Lenta			
NaOH	A 18,4a α	B 14,1 b β	B 11,8 c β	A 17,8a α
(NaPO ₃) _x	A 19,4a α	B 17,6a α	A 15,2 b β	B 11,4 bβ
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	16,8 b	18,3a α	A 18,4a	B 16,6a β
Agitação rápida DMS _{5%} = 3,2		Agitação lenta DMS _{5%} = 1,2		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 6. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Variação Una (São Gotardo-MG) em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 82,8 α	B 71,4	A 76,1 β	B 69,0
(NaPO ₃) _x	65,4	66,1	62,7	63,8
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	70,8 α	70,4 α	67,8 β	66,2 β
Agitação Lenta				
NaOH	82,3 b α	85,0 α	A 78,2 β	B 62,4a β
(NaPO ₃) _x	B 63,2 c	A 83,5 α	A 63,7	B 42,1 b β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 93,5a α	B 81,7 α	A 63,0 β	B 38,1 b β
Agitação lenta DMS _{5%} = 4,1				

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 7. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Campina Verde-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	A 32,9a	B 29,5 b	A 33,6a	B 29,0 b
(NaPO ₃) _x	A 29,5 b β	B 28,9 b β	33,9a α	34,5a α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 29,7 b	A 31,9a α	30,9 b	29,4 b β
	Agitação Lenta			
NaOH	A 32,0 β	B 30,8 β	A 34,0a α	B 31,6 b α
(NaPO ₃) _x	31,9	30,8 β	B 31,8 b	A 33,4a α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	31,2	31,7 α	31,7 b	30,7 b β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,2		Agitação lenta DMS _{5%} = 0,9		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 8. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Roxo distrófico (Ipiapu-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	A 71,5a α	B 58,5a β	65,9a β	63,8a α
(NaPO ₃) _x	A 63,6 b	B 42,8 c α	A 61,8 b	B 39,0 c β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 63,8 b	B 52,5 b α	A 60,4 b	B 44,0 b β
	Agitação Lenta			
NaOH	A 82,0 α	B 77,1 α	A 64,4 β	B 55,7 β
(NaPO ₃) _x	A 74,4 α	B 71,7 α	A 58,4 β	B 54,0 β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 75,1 α	B 70,1 α	A 58,6 β	B 50,9 β

Agitação rápida DMS_{5%} = 2,1

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 9. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Iturama-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	39,9	38,3	40,1	37,2
(NaPO ₃) _x	38,6	36,7	40,4	37,7
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	37,9	38,6	38,2	37,0
	Agitação Lenta			
NaOH	40,0	38,9	39,8	38,9
(NaPO ₃) _x	38,1	39,1	37,3	38,9
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	38,4	39,1	38,8	38,2

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersantes pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 10. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 81,1a	β B 73,4a	A 83,5a	α B 74,7a
(NaPO ₃) _x	A 74,7 b	B 43,9 c α	A 76,6 b	B 40,9 c β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 76,0 b α	B 49,8 b β	A 72,9 c β	B 53,7 b α
Agitação Lenta				
NaOH	82,4a	α 79,1 b α	A 75,1 β	B 69,2a β
(NaPO ₃) _x	B 79,8ab α	A 83,7a α	A 75,7 β	B 67,1ab β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 77,5 ba	A 84,4a α	A 73,3 β	B 65,1 b β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,6		Agitação lenta DMS _{5%} = 2,6		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 11. Conteúdo de argila em horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro (Iturama-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	41,3	42,3	A 45,1a	B 41,8ab
(NaPO ₃) _x	40,8 β	42,9 α	A 44,9a α	B 39,9 b β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	40,6	41,6	42,0 b	43,1a
Agitação Lenta				
NaOH	40,9 b	42,2 b β	B 40,9 b	A 46,0a α
(NaPO ₃) _x	B 45,1a	A 48,6a α	44,4a	44,0 b β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 39,2 c β	A 43,0 b	43,7a α	43,5 b
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,6			Agitação lenta DMS _{5%} = 0,9	

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

que a ausência deste tratamento.

Quando foi estudado o agente abrasivo dentro das agitações, observou-se que a presença de areia grossa combinada com agitação lenta foi o melhor tratamento. Por outro lado, nota-se que não há diferença entre presença e ausência de areia grossa quando se usa a agitação rápida.

4.1.2. Efeitos da agitação

Com respeito a este tratamento, também há um predomínio marcante com relação a agitação lenta (26-30 rpm) por 10 horas sobre a agitação rápida (12.000 rpm) por 15 minutos. Quando a agitação lenta está associada com a presença de areia grossa, esta se torna mais eficiente ainda.

4.1.3. Efeitos dos métodos

Observa-se pelos quadros 2 a 11 que o método da pipeta foi mais eficiente do que o método de Bouyoucos, neste grupo de materiais de solos.

4.1.4. Efeitos dos dispersantes

Nota-se que, de um modo geral, o hidróxido de sódio é o dispersante de melhor desempenho.

Dentro da agitação rápida, o hidróxido de sódio foi o melhor em 33% dos resultados obtidos com pipeta e Bouyoucos. Em 12% dos resultados, o NaOH foi semelhante ao calgon e em 10% com a mistura de calgon + carbonato de sódio. Em 41% dos casos não houve diferença significativa entre os dispersantes químicos. Portanto, somando-se esses índices, encontra-se 96% de hidróxido de sódio como o melhor dispersante, pois nos casos em que não há diferença significativa entre o referido dispersante com o calgon, ou com a mistura calgon + carbonato de sódio, ou ainda entre os três dispersantes, o hidróxido de sódio é o agente químico ideal, devido ser mais barato e de fácil preparo.

Com relação a agitação lenta, o hidróxido de sódio teve um desempenho semelhante aos outros dispersantes quando analisados separadamente. O hidróxido de sódio foi mais eficiente em 12% dos materiais analisados, o calgon em 10%, o calgon + carbonato de sódio em 10% e, em 38% dos casos não houve diferença entre eles.

Os 30% restantes compreendem: em 8% dos resultados o hidróxido de sódio foi semelhante ao calgon; em 10% semelhante à mistura calgon + carbonato de sódio e, em 12% o calgon teve um desempenho equivalente à mistura.

4.2. Pedomateriais podzólicos

Nos quadros 12 a 20 são apresentadas as médias dos materiais de solo com B textural, referentes à interação métodos x material abrasivo x dispersantes, nas agitações rápida e lenta.

4.2.1. Efeitos do material abrasivo (areia grossa ϕ 1,0-0,5 mm)

Também nesta classe de solos, a presença de areia grossa, como um meio de ajudar a separar as partículas sólidas, foi o tratamento mais eficiente.

Quando foi associada a presença e ausência de material abrasivo com tipos de agitação, observou-se que, a combinação entre presença de areia grossa e agitação lenta foi o melhor tratamento. Nota-se também que, como na primeira classe de solos, esses materiais não apresentaram diferenças entre presença e ausência de areia grossa quando se usou a agitação rápida.

4.2.2. Efeitos da agitação

A agitação lenta (26-30 rpm) por 10 horas foi bem superior à agitação rápida (12.000 rpm) por 15 minutos, principalmente quando estas foram associadas com presença e ausência de material abrasivo.

QUADRO 12. Conteúdo de argila em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Bandeirantes-PR), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	A 76,8	B 68,2	A 76,8a	B 71,4
(NaPO ₃) _x	A 78,0	B 65,2 β	74,8ab	71,0 α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 78,4 α	B 66,2 β	71,0 b β	71,1 α
	Agitação Lenta			
NaOH	76,1a α	75,0 b α	B 67,7 b β	A 70,4 β
(NaPO ₃) _x	77,1a α	78,6a α	70,7a β	70,8 β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	72,9 b	73,2 c α	71,2a	70,3 β
Agitação rápida DMS _{5%} = 2,8		Agitação lenta DMS _{5%} = 1,1		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 13. Conteúdo de argila em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Perdões-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	73,4	73,1a α	A 72,8a	B 69,2 b β
(NaPO ₃) _x	A 73,8	B 65,7 b β	72,5a	70,7 b α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 73,7 α	B 67,3 b β	B 67,6 b β	A 76,0a α
Agitação Lenta				
NaOH	A 79,6a α	B 74,9 α	70,7 β	70,5ab β
(NaPO ₃) _x	75,5 b α	76,4 α	71,0 β	72,3a β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	74,4 b	75,7 α	A 72,3	B 68,2 b β
Agitação rápida DMS _{5%} = 2,0		Agitação lenta DMS _{5%} = 1,6		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência de letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 14. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Escuro latossólico (Calciolândia-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	-----% TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	B 84,7 b β	A 87,7a	A 89,4a α	B 86,8a
(NaPO ₃) _x	A 88,1a	B 72,7 b β	A 87,2 b	B 75,2 cα
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 87,8a α	B 73,4 b β	A 81,2 cβ	B 78,1 b α
	Agitação Lenta			
NaOH	A 90,3a α	B 87,8 b α	A 85,1 β	B 71,0 β
(NaPO ₃) _x	91,5a α	90,4a α	A 88,3 β	B 70,6 β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 87,4 b	A 91,8a α	A 88,8	B 69,8 β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,4		Agitação lenta DMS _{5%} = 2,0		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 15. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Lavras-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE -----				
Agitação Rápida				
NaOH	31,3 α	27,4	28,7 β	28,6
(NaPO ₃) _x	32,8 α	29,6	29,7 β	30,1
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	30,1 α	28,3	25,9 β	28,4
Agitação Lenta				
NaOH	A 34,8a α	B 32,5a α	A 30,3a β	B 27,2 bβ
(NaPO ₃) _x	A 33,7 bα	B 29,0 b β	B 26,6 b β	A 33,0a α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 26,8 c	A 32,5a α	26,5 b	26,8 bβ

Agitação lenta DMS_{5%} = 0,5

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 16. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Araguari-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
----- % TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	37,6 α	37,5a α	35,8a β	34,6 b β
(NaPO ₃) _x	A 37,3	B 33,8 b	A 36,6a	B 34,8 b
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 36,8 α	B 34,0 b β	B 31,9 b β	A 38,0a α
Agitação Lenta				
NaOH	A 41,5 α	B 36,9	35,4 β	33,4
(NaPO ₃) _x	A 38,2 α	B 35,8	33,1 β	32,5
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	37,0 α	38,9 α	32,4 β	31,9 β

Agitação rápida DMS_{5%} = 0,9

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 17. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	----- % TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	A 47,9	B 42,2	A 48,6	B 41,7
(NaPO ₃) _x	A 43,6	B 38,0 β	44,9	43,4 α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	42,7	41,0	43,4	41,2
	Agitação Lenta			
NaOH	A 47,7a	B 42,4 b	A 47,9a	B 43,7
(NaPO ₃) _x	46,6a	42,1 b	43,2 b	42,4
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 42,9 b	A 48,7a α	43,1 b	43,4 β

Agitação lenta DMS_{5%} = 1,5

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 18. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
-----% TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 32,1a	B 23,9 b β	A 33,4a	B 30,1a α
(NaPO ₃) _x	A 28,9 b	B 24,1 b β	29,1 b	29,4a α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 29,8 b	B 28,0a α	A 29,1 b	B 24,4 b β
Agitação Lenta				
NaOH	32,6a α	30,3 α	A 29,6 β	B 21,9 b β
(NaPO ₃) _x	A 34,1a α	B 29,8 α	A 29,1 β	B 24,8a β
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	29,4 b	30,3 α	A 31,2	B 26,4a β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,0			Agitação lenta DMS _{5%} = 1,7	

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 19. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Uberaba-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
----- % TFSE-----				
Agitação Rápida				
NaOH	A 50,8a	B 43,9 β	50,7a	50,9a α
(NaPO ₃) _x	A 47,8 b	B 43,9 β	A 48,2 b	B 46,3 b α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	A 48,7 b α	B 43,5 β	47,3 b β	47,2 b α
Agitação Lenta				
NaOH	A 54,3a α	B 49,7a α	A 47,8 β	B 44,6 b β
(NaPO ₃) _x	A 54,6a α	B 45,6 b	47,5 β	47,3a
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 47,8 b	A 50,4a α	A 48,0	B 44,3 b β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,0		Agitação lenta DMS _{5%} = 0,8		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

QUADRO 20. Conteúdo de argila em horizonte B de Podzólico Vermelho Amarelo (Bastos-MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersantes	Areia Grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos
	----- % TFSE-----			
	Agitação Rápida			
NaOH	A 9,6a α	B 6,9 b β	B 6,6 β	A 9,1a α
(NaPO ₃) _x	B 5,9 b	A 9,1a	B 7,0	A 9,1a
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	7,8a	6,3 b	6,8	5,4 b
	Agitação Lenta			
NaOH	A 7,8 b	B 6,5 b	8,6a	7,6 b
(NaPO ₃) _x	A 10,7a α	B 6,0 b β	B 6,4 b β	A 9,2a α
(NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	B 5,2 c β	A 9,1a α	8,3a α	7,6 b β
Agitação rápida DMS _{5%} = 1,9		Agitação lenta DMS _{5%} = 1,3		

Médias que apresentam a mesma letra (a,b,c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. Ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

4.2.3. Efeitos dos métodos

O método da pipeta se mostrou também nesta classe de solos, como o melhor método na determinação da fração argila.

4.2.4. Efeitos dos dispersantes

Na agitação rápida, o hidróxido de sódio sobressaiu-se sobre os demais dispersantes em 28% dos resultados obtidos com pipeta e Bouyoucos. Em 14% dos resultados, o NaOH foi semelhante ao calgon e em 3% com a mistura calgon + carbonato de sódio. Não houve diferença estatística entre os dispersantes estudados em 41% dos resultados encontrados. Sendo assim, o hidróxido de sódio ficou com 86% de eficiência como o melhor dispersante para esta situação estudada.

Com respeito a agitação lenta, o calgon teve melhor desempenho do que os demais agentes químicos estudados. O calgon foi melhor em 17% dos resultados obtidos com pipeta e Bouyoucos, e também, em 17% dos resultados foi semelhante ao hidróxido de sódio e, em 6% com a mistura calgon + carbonato de sódio.

Nesta classe de solos, 35% destes, não mostraram diferenças significativas para os dispersantes testados.

Os 25% restantes compreendem: em 11% dos resultados o hidróxido de sódio foi o melhor; em 8% este foi semelhante à mistura e, em 6% a mistura foi o melhor dispersante.

O calgon atingiu um total de 75% dos casos, em que foi o melhor dispersante analisado, separadamente como também ao lado dos demais.

5. DISCUSSÃO

Pelos resultados encontrados (quadros 2 a 20) verifica-se que a presença de areia grossa (ϕ 1,0 - 0,5 mm), como um modo de melhoria no processo de desagregação de amostras de materiais de solos para a análise mecânica, foi mais eficiente do que sua ausência. Isto também foi verificado por ASHFORD et alii (1) e GROHMANN & VAN RAIJ (29), sendo que, estes últimos autores, atribuíram essa maior eficiência à ação abrasiva da areia durante a agitação, provocando a quebra dos agregados contendo argila.

Observa-se também que, nos quadros 5, 7, 15, 18 e 20 não há diferença entre presença e ausência de areia grossa, para agitação rápida, fato este devido os pedomateriais apresentarem uma textura mais grosseira (média ou arenosa), sendo que, a areia componente destes pedomateriais já funciona como agente abrasivo, não ocasionando uma diferença significativa entre estes dois tratamentos.

Na comparação entre agitações, nota-se a superioridade da agitação lenta sobre a rápida nas duas classes de solos. Segundo GROHMANN & VAN RAIJ (29) na agitação lenta a suspensão do solo

sofre quedas sucessivas no interior do recipiente ocasionando atrito dos agregados e com isso há maior dispersão, enquanto na agitação rápida, a suspensão do solo é agitada violentamente, em sentido circular, estando a energia de dispersão concentrada junto à hélice, tornando este método menos eficiente.

Quando foi introduzido nas agitações o agente abrasivo, a eficiência da agitação lenta aumentou, enquanto que na agitação rápida não houve quase alteração nos tratamentos.

GROHMANN & VAN RAIJ (28) comparando as duas agitações, lenta e rápida, chegaram a conclusão que a primeira era a mais eficiente, principalmente para latossolos argilosos. Também GROHMANN (26), obteve bons resultados com a agitação lenta, quando fez comparações entre esta e a vibração ultrassônica, método descrito por GENRICH & BREMNER (24), comprovando a eficiência da agitação lenta junto a um equipamento relativamente moderno.

Com essas ponderações, vê-se que os resultados encontrados neste trabalho eram os esperados, portanto, não havendo dúvida sobre o melhor desempenho da agitação lenta, principalmente quando associada com areia grossa.

Com relação aos métodos de determinação de argila testados, o método da pipeta foi o mais eficiente (quadros 2 a 20), apesar do método do hidrômetro vir sendo aprimorado com o passar dos tempos por BOUYOCOS (8, 9, 10, 11, 12), CASAGRANDE (13) e FONTES (21). Vários autores como KIEHL (33), KILMER & ALEXANDER (34) e MEDINA (42), afirmam que o método da pipeta é considerado o mais

preciso para determinação do separado argila e serve ainda para calibração dos demais. Mas Bouyoucos, citado por PAULETTO (47) e LIU et alii (41), comparando os dois métodos afirmam que eles concordam plenamente; porém, o primeiro autor frisa que em solos muito arenosos ou muito argilosos, os dois métodos podem apresentar diferenças de até 10%.

(Nota-se que, na classe de solos com B textural (quadros 12 a 20), os resultados entre os métodos, apesar de diferirem estatisticamente, possivelmente podem ser considerados equivalentes em termos de rotina de laboratório, tendo em vista a unidade de se expressar os resultados (%) e estando os mesmos bem próximos.) Tal não ocorreu com a classe de solos com B latossólico (quadros 2 a 11), sendo que, estes apresentaram resultados bem variáveis.

(Foi notado também que, relativamente ao método de Bouyoucos os resultados são bem mais variáveis do que no caso da pipeta. Isto mostra que este método é mais influenciado pelo dispersante do que o da pipeta, principalmente na ausência de agente abrasivo.)

Na segunda fase da análise que consta da estabilidade da suspensão, os dispersantes químicos na classe de solos com B latossólico, mostraram diferenças em relação às agitações (quadros 2 a 11). Mas, de um modo geral, verifica-se uma superioridade do hidróxido de sódio em relação aos outros dispersantes, confirmando estudos de MEDINA & GROHMANN (43), LEPSCH & GROHMANN (40) e contradizendo TYNER (56).

Na agitação rápida, o hidróxido de sódio foi o melhor agente químico, enquanto na lenta os dispersantes tiveram desempenho semelhante. Isso mostra que para latossolos o mais importante é a desagregação mecânica, fato este confirmado por GROHMANN & VAN RAIJ (28). Esses autores concluíram que, para latossolos argilosos, a desagregação mecânica é a etapa mais importante na análise granulométrica; quando ela for adequada, os pré-tratamentos com ácido clorídrico ou água oxigenada podem ser omitidos. Consideraram ser, também, indiferente, usar hexametáfosfato de sódio ou hidróxido de sódio como dispersante químico.

Isso é tão verdadeiro que, observando os quadros 5 e 7, que tratam de pedomateriais latossólicos de textura média (quadro 1), nota-se um equilíbrio muito grande entre os dispersantes. Tal fato se deve ao tipo de textura destes materiais, pois tendo um menor teor de argila a desagregação é facilitada, e também o conteúdo intrínseco de areia destes materiais vai ajudar na desagregação, pois esta areia irá funcionar como agente abrasivo.

A maior eficiência obtida pelo hidróxido de sódio na agitação rápida parece ser devida ao seu maior poder desagregante em relação aos outros dispersantes, o que foi confirmado por SOUZA (54), já que esta agitação tem um menor desempenho com relação a lenta.

Na classe de solos com B textural, o comportamento do hidróxido de sódio foi semelhante àquela dos solos com B latossólico, considerando-se a agitação rápida, enquanto que na agitação

lenta tem-se um pequeno predomínio do calgon em relação ao hidróxido de sódio. Isso poderia ser devido ao fato desta classe de solos com Bt apresentarem teores de H^+ semelhantes à primeira classe (Bw) (quadro 1), porém com uma saturação média de H^+ no complexo sortivo, cerca de 33,55%, enquanto a classe de solos com Bw apresenta tal saturação em torno de 57,41%, proporcionando portanto, melhor condição para o calgon devido o complexo de troca não ser dominado por H^+ , segundo BAVER et alii (3) e Bergoglio citada por FREIRE (23).

Analisando os dispersantes, em ambas as classes de solos, verifica-se que o hidróxido de sódio teve um melhor desempenho de forma geral. Isso pode ser perfeitamente explicado segundo DIXON (16). Esse dispersante eleva o pH da suspensão do solo de 8,2 a 10,9, aumentando o número de cargas negativas no sistema. Os pedo materiais estudados provavelmente possuem predomínio de cargas dependentes de pH, FASSBENDER (20), BEAR (5), BOHN et alii (7) e UEHARA & GILLMAN (57), propiciando assim uma melhor dispersão de acordo com DIXON (16), COSTA (14), SHANMUGANATHAN & OADES (53) e PROTZ & ARNAUD (49). O quadro 21 mostra que o hidróxido de sódio atingiu a faixa de pH ótima de dispersão apontada por DIXON (16), mesmo após três horas de repouso da suspensão na proveta. Também PURI (50) afirma que para se conseguir a completa dispersão de um material de solo, deve-se proceder a troca de todos os íons adsorvidos pelo sódio que se dá a um pH 10,8 e que a soda era o melhor tratamento para se atingir este valor. Talvez os resultados contraditórios encontrados com relação a destruição da matéria orgânica como pré-tratamento combinado com ácidos, WINTERS & HARLAND

QUADRO 21. Valores de pH da solução dos dispersantes usados, como também da suspensão dos materiais de solos analisados em função dos dispersantes e tempo após agitação. ESAL, Lavras-MG. 1985.

Dispersante	pH da solução	pH da suspensão		
		Logo após agitação	1,5 h após agitação	3,0 h após agitação
NaOH	12,9	11,1	10,8	10,9
$(\text{NaPO}_3)_x$	6,0	7,2	7,4	7,3
$(\text{NaPO}_3)_x + \text{Na}_2\text{CO}_3$	9,7	7,9	8,0	8,0

(59) e PIERATONI & VETTORI (48), se deva justamente ao abaixamento do pH da suspensão da amostra tratada.

Os valores de argila encontrados em cada tratamento foram correlacionados com todos os parâmetros químicos do quadro 1. Encontrou-se correlação somente para teor de hidrogênio, porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre totais, tanto para os materiais de solo com B latossólico como os com B textural.

Observando os quadros 22 e 23 correspondentes aos pedregulhos materiais latossólicos, nota-se que tanto o H^+ , como o ferro livre, tiveram uma correlação quadrática, enquanto a matéria orgânica teve uma correlação linear. Pode-se constatar, pelos coeficientes de determinação, que o melhor parâmetro correlacionado com o conteúdo de argila foi o teor de hidrogênio. Analisando as variáveis, verifica-se que, os tratamentos com areia grossa atingiram valores maiores em ambas as variáveis. Também o hidróxido de sódio foi o dispersante que obteve a maior porcentagem de argila, 83,2% na agitação lenta e 77,8% na rápida. Na agitação lenta (quadro 22) com presença de areia, para valores de H^+ entre 4,0 a 4,4 meq/100 g, dependendo do dispersante, obteve-se a maior porcentagem de argila (81,2 a 83,2%). Para valores de H^+ inferiores ou superiores a estes, tem-se menores conteúdos de argila. Na ausência de areia grossa, com H^+ entre 3,6 a 3,8 meq/100 g, a maior porcentagem de argila ficou entre 66,4 a 69,0%. Como no caso anterior, qualquer alteração nos valores de H^+ deverá reduzir o conteúdo de argila. Na agitação rápida (quadro 23), os valores atingidos pela variável dependente também são maiores em todos os tra

QUADRO 22. Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B latossólico, com agitação lenta, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.

TRATAMENTO	Variável Independente	Equação	R ² (%)	Máximo das variáveis	
				X ¹	Y ²
1. NaOH + A.G. ³	H ⁺	Y = -8,81X ² + 70,57X - 58,12	80,85**	4,0	83,2
2. NaOH	H ⁺	Y = -9,30X ² + 69,02X - 59,08	83,21**	3,7	69,0
3. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	H ⁺	Y = -6,21X ² + 54,94X - 40,26	83,54**	4,4	81,2
4. (NaPO ₃) _x	H ⁺	Y = -8,90X ² + 64,50X - 50,48	80,23**	3,6	66,4
5. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	H ⁺	Y = -8,92X ² + 71,50X - 61,01	77,52**	4,0	82,3
6. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	H ⁺	Y = -7,39X ² + 56,47X - 39,92	77,37**	3,8	68,0
7. NaOH + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 32,89X + 15,38	80,47**	-	-
8. NaOH	Matéria Orgânica	Y = 35,90X + 22,03	63,79**	-	-
9. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 31,31X + 24,52	56,63*	-	-
10. (NaPO ₃) _x	Matéria Orgânica	Y = 23,84X + 24,67	52,18*	-	-
11. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 38,86X + 17,54	69,56**	-	-
12. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	Matéria Orgânica	Y = 24,14X + 26,04	53,00*	-	-
13. NaOH + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,56X ² + 15,75X - 21,22	71,63**	14,1	89,5
14. NaOH	Ferro Livre	Y = -0,62X ² + 15,81X - 22,76	57,54*	12,8	78,0
15. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,34X ² + 10,81X - 4,0	72,28**	15,9	81,9
16. (NaPO ₃) _x	Ferro Livre	Y = -0,53X ² + 13,81X - 16,16	64,14*	13,0	73,8
17. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,62X ² + 17,06X - 27,19	67,53*	13,8	90,2
18. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	Ferro Livre	Y = -0,43X ² + 11,82X - 8,28	65,78*	13,7	72,9

1. Máximo da variável independente: H⁺ em meq/100 g; matéria orgânica e ferro livre em %.

2. Máximo da variável dependente: argila em %.

3. Areia grossa (Ø 1,0 - 0,5 mm).

QUADRO 23. Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B latossólico, com agitação rápida, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.

TRATAMENTO	Variável Independente	Equação	R^2 (%)	Máximo das variáveis	
				X^1	Y^2
1. NaOH + A.G. ³	H^+	$Y = -9,31X^2 + 71,15X - 58,08$	81,59**	3,8	77,8
2. NaOH	H^+	$Y = -8,72X^2 + 66,82X - 51,65$	79,97**	3,8	76,3
3. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	H^+	$Y = -7,64X^2 + 60,57X - 48,17$	82,10**	4,0	71,9
4. $(NaPO_3)_x$	H^+	$Y = -8,38X^2 + 62,91X - 48,50$	85,07**	3,8	69,6
5. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	H^+	$Y = -9,08X^2 + 69,27X - 60,11$	83,87**	3,8	72,0
6. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	H^+	$Y = -8,56X^2 + 65,77X - 55,31$	83,78**	3,8	71,0
7. NaOH + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 33,7X + 21,43$	68,52**	-	-
8. NaOH	Matéria Orgânica	$Y = 31,66X + 23,22$	66,45**	-	-
9. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 28,93X + 21,92$	59,79**	-	-
10. $(NaPO_3)_x$	Matéria Orgânica	$Y = 26,07X + 24,60$	58,98**	-	-
11. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 30,9X + 19,32$	62,74**	-	-
12. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	Matéria Orgânica	$Y = 28,93X + 21,04$	59,34**	-	-
13. NaOH + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,58X^2 + 15,72X - 20,23$	65,26*	13,6	86,3
14. NaOH	Ferro Livre	$Y = -0,53X^2 + 14,27X - 13,79$	60,99*	13,5	82,3
15. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,44X^2 + 12,62X - 12,96$	68,91*	14,3	77,5
16. $(NaPO_3)_x$	Ferro Livre	$Y = -0,47X^2 + 12,70X - 10,77$	63,92*	13,5	75,0
17. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,54X^2 + 14,79X - 21,72$	68,04*	13,7	79,6
18. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	Ferro Livre	$Y = -0,51X^2 + 14,0X - 18,88$	69,71*	13,7	77,2

1. Máximo da variável independente: H^+ em meq/100 g; matéria orgânica e ferro livre em %.

2. Máximo da variável dependente: argila em %.

3. Areia grossa (ϕ 1,0 - 0,5 mm).

tamentos quando a areia grossa está presente, o mesmo não acontendo quando esta está ausente.

Analisando os coeficientes de determinação para as correlações entre conteúdo de argila e óxidos de ferro livre totais , nota-se que estes não mostraram-se altamente significativos, principalmente para a agitação rápida. Para a agitação lenta, com agente abrasivo, valores máximos de óxidos de ferro livre totais entre 13,8 e 15,9%, proporcionaram maiores porcentagens de argila (81,9 a 90,2%). Nesta mesma agitação com ausência do agente abrasivo, os valores máximos da variável independente variaram de 12,8 a 13,7%, e propiciaram porcentagens de argila entre 72,9 a 78,0%. Qualquer variação nos valores da variável independente, deverá determinar conteúdos inferiores aos citados acima, para argila.

O comportamento destas variáveis na agitação rápida foi semelhante ao verificado para o H^+ , tendo valores das variáveis menores quando na ausência de areia grossa e maiores na presença , quando comparados com a agitação lenta.

Com esses resultados, não seria aconselhável a eliminação dos óxidos de ferro como propõe KUNZE (37), pois qualquer alteração no teor destes afetará o teor de argila, afirmativa esta compartilhada por Blot & Pedro e Chavel & Pedro, citados por MENK & OLIVEIRA (45).

A matéria orgânica apresentou uma correlação linear, o que não era esperado. Mas observando o quadro 1, nota-se que os

teores de matéria orgânica estão baixos e variam de 0,3 a 1,7% para os Bw e 0,4 a 1,2% para os Bt, valores estes que ainda não influenciam em uma menor dispersão, pois EMBRAPA-SNLCS (17) recomenda a eliminação da matéria orgânica, apenas quando esta se encontra acima de 5%, concordando parcialmente com ROBINSON (52) e JORGE & LEPSCH (32) e discordando de BEALE (4) e MEDINA & GROHMANN (43). Como as correlações são aplicadas para a amplitude das amostras (0,3 a 1,7% e 0,4 a 1,2%), talvez, se houvesse teores mais elevados de matéria orgânica, o comportamento possivelmente se invertesse, pois nos materiais de solos usados, provavelmente toda a matéria orgânica esteja na forma coloidal, fato que não é encontrado na camada superficial, diante do método de dosagem do carbono.

Nos materiais de solos com B textural, quadros 24 e 25, observa-se que o H^+ e a matéria orgânica tiveram correlação linear e os óxidos de ferro livre totais, quadrática. Nota-se também nos coeficientes de determinação, que somente o parâmetro óxidos de ferro livre totais teve um valor elevado e foi altamente significativo.

Considerando a agitação lenta, na presença de areia, o valor máximo de óxidos de ferro livre totais foi de 12,9%, o que propiciou um conteúdo máximo de argila de 76,9 a 82,8%. Na ausência de areia, os valores máximos da variável independente foram de 12,2 a 13,1, o que acarretou um conteúdo máximo de argila entre 74,4 e 76,2%.

QUADRO 24. Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B textural, com agitação lenta, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.

TRATAMENTO	Variável Independente	Equação	R^2 (%)	Máximo das variáveis	
				X^1	Y^2
1. NaOH + A.G. ³	H^+	$Y = 18,27X + 8,58$	54,27*		
2. NaOH	H^+	$Y = 17,06X + 6,96$	57,13*		
3. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	H^+	$Y = 18,15X + 8,78$	56,18*		
4. $(NaPO_3)_x$	H^+	$Y = 18,69X + 2,07$	58,69*		
5. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	H^+	$Y = 18,98X + 2,58$	57,82*		
6. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	H^+	$Y = 18,9X + 2,56$	60,15*		
7. NaOH + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 65,8X - 2,69$	58,83*		
8. NaOH	Matéria Orgânica	$Y = 57,58X - 0,41$	54,44*		
9. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 64,96X - 2,08$	60,13*		
10. $(NaPO_3)_x$	Matéria Orgânica	$Y = 63,60X - 6,42$	58,81*		
11. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	Matéria Orgânica	$Y = 67,17X - 8,14$	60,49*		
12. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	Matéria Orgânica	$Y = 63,82X - 5,60$	57,30*		
13. NaOH + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,51X^2 + 13,16X - 2,14$	92,88**	12,9	82,8
14. NaOH	Ferro Livre	$Y = -0,52X^2 + 12,71X - 3,22$	91,45**	12,2	74,4
15. $(NaPO_3)_x$ + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,48X^2 + 12,40X - 0,56$	88,77**	12,9	80,6
16. $(NaPO_3)_x$	Ferro Livre	$Y = -0,49X^2 + 12,61X - 5,65$	89,79**	12,9	75,5
17. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3 + A.G. ³	Ferro Livre	$Y = -0,49X^2 + 12,69X - 5,28$	90,67**	12,9	76,9
18. $(NaPO_3)_x$ + Na_2CO_3	Ferro Livre	$Y = -0,46X^2 + 12,08X - 3,14$	87,35**	13,1	76,2

1. Máximo da variável independente: H^+ em meq/100g; matéria orgânica e ferro livre em %.

2. Máximo da variável dependente: argila em %.

3. Areia grossa (ϕ 1,0-0,5mm).

QUADRO 25. Equações ajustadas do conteúdo de argila de materiais de solos com B textural, com agitação rápida, em função do teor de H^+ , porcentagem de matéria orgânica e óxidos de ferro livre, como também valores máximos para as variáveis envolvidas, para cada tratamento estudado. ESAL, Lavras-MG. 1985.

TRATAMENTO	Variável Independente	Equação	R ² (%)	Máximo das variáveis	
				X ¹	Y ²
1. NaOH + A.G. ³	H ⁺	Y = 17,25X + 8,9	54,58*		
2. NaOH	H ⁺	Y = 19,04X + 4,6	58,68*		
3. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	H ⁺	Y = 18,59X + 4,9	55,10*		
4. (NaPO ₃) _x	H ⁺	Y = 18,33X + 4,8	56,63*		
5. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	H ⁺	Y = 18,59X + 4,79	55,75*		
6. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	H ⁺	Y = 17,37X + 4,05	56,88*		
7. NaOH + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 62,34X - 1,91	59,55*		
8. NaOH	Matéria Orgânica	Y = 65,28X - 4,44	57,65*		
9. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 65,1X - 5,05	56,46*		
10. (NaPO ₃) _x	Matéria Orgânica	Y = 64,12X - 4,94	57,87*		
11. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	Matéria Orgânica	Y = 66,12X - 6,00	58,94*		
12. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	Matéria Orgânica	Y = 61,76X - 6,02	60,11*		
13. NaOH + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,46X ² + 11,92X - 0,02	92,68**	13,0	77,2
14. NaOH	Ferro Livre	Y = -0,52X ² + 13,14X - 3,98	90,16**	12,6	79,0
15. (NaPO ₃) _x + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,49X ² + 12,84X - 4,63	93,08**	12,6	79,4
16. (NaPO ₃) _x	Ferro Livre	Y = -0,49X ² + 12,68X - 4,18	92,02**	12,4	77,7
17. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃ + A.G. ³	Ferro Livre	Y = -0,45X ² + 12,09X - 2,68	91,38**	13,4	78,5
18. (NaPO ₃) _x + Na ₂ CO ₃	Ferro Livre	Y = -0,44X ² + 11,63X - 3,28	89,89**	13,2	73,6

1. Máximo da variável independente: H⁺ em meq/100g; matéria orgânica e ferro livre em %.

2. Máximo da variável dependente: argila em %.

3. Areia grossa (Ø 1,0-0,5mm).

Na agitação rápida, o comportamento deste parâmetro foi semelhante ao dos materiais de solos com Bw.

Com relação ao H^+ , nota-se que os coeficientes, além de serem baixos, em ambas as agitações, mostraram significância somente ao nível de 5% de probabilidade, o que condiciona uma menor precisão estatística. Sendo assim, o melhor parâmetro correlacionado para estes pedomateriais podzólicos são os óxidos de ferro livres totais, enquanto para os materiais de solo com Bw é o H^+ .

6. CONCLUSÕES

Nas condições do estudo e com a metodologia empregada, os resultados obtidos e discutidos permitem concluir que:

- A presença de areia grossa como agente abrasivo na de sagregação mostrou-se eficiente em ambas classes de solos.

- A agitação lenta mostrou-se superior a rápida principal mente quando associada à presença de areia grossa, devendo sempre ser recomendada mediante o objetivo do estudo.

- O hidróxido de sódio foi melhor dispersante para os pe domateriais latossólicos.

- O hidróxido de sódio e o calgon tiveram ação dispersante semelhante nos pedomateriais podzólicos.

- Dos métodos utilizados na determinação de argila, o da pipeta foi o que apresentou maior eficiência.

- Hidrogênio trocável e óxidos de ferro livre totais correlacionaram-se com o conteúdo de argila, nos materiais de solos com B latossólico e B textural, respectivamente, comprovando a ne cessidade de se levar em consideração a classe de solo.

- Solos com teor elevado de cálcio + magnésio trocáveis não apresentaram problemas de estabilização da suspensão, não necessitando uso do calgon.



7. RESUMO

Foram estudados materiais de solos (horizontes B) de 19 perfis distintos, sendo 10 com horizonte B latossólico e 9 com horizonte B textural, com o objetivo de se testar a eficiência de alguns dispersantes químicos; hidróxido de sódio, calgon e calgon + carbonato de sódio, usando agitações mecânicas distintas, na presença e ausência de agente abrasivo (areia grossa).

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$, com três repetições, sendo dois métodos de determinação de argila (pipeta e Bouyoucos), três dispersantes (hidróxido de sódio, calgon e calgon + carbonato de sódio) e presença e ausência de agente abrasivo (areia grossa). Essas análises foram feitas para cada material de solo estudado, com agitações rápida e lenta. A eficiência dos dispersantes foi avaliada através da porcentagem de argila.

Os resultados evidenciaram que o hidróxido de sódio foi o melhor dispersante para os pedomateriais latossólicos, enquanto que para os pedomateriais podzólicos, o hidróxido de sódio e o calgon tiveram ação dispersante semelhante, comprovando a necessi

dade de se levar em consideração a classe de solo.

Observou-se também que, associado ao processo químico de dispersão, há a necessidade de uma boa ação mecânica e isso se conseguiu com a agitação lenta na presença do agente abrasivo.

8. SUMMARY

DISPERSERS EFFICIENCY ON TEXTURAL ANALYSIS OF SOILS MATERIALS WITH OXIC AND ARGILLIC HORIZONS

Soils materials (B horizons) from 19 distinct profiles (10 with Bo horizon and 9 with Bt horizon) were studied aiming to verify the efficiency of some chemical dispersers, sodium hidroxide, calgon (sodium hexametaphosphate), and calgon + sodium carbonate, using different mechanical skakings, in the presence and absence of abrasive agent (coarse sand).

A completely randomised experimental design was used with a $2 \times 3 \times 2$ factorial scheme, that is two methods of clay determination (pipette and hydrometer), three dispersers (NaOH , $(\text{NaPO}_3)_x$, and $(\text{NaPO}_3)_x + \text{Na}_2\text{CO}_3$) and presence and absence of abrasive agent (coarse sand) and with three replications. These analysis were performed using fast and slow shaking for each soil material. The dispersers efficiency was evaluated through the clay percentage.

The data revealed that the sodium hydroxide was the best disperser for the oxic horizons while sodium hydroxide and calgon had similar action for the argillic horizons, stressing the need

of taking into account the soil class.

It was also verified that associated to the chemical process of dispersion there is a need of a good chemical action which was obtained with the slow shaking in the presence of abrasive agent.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASHFORD, E.M.; SHIELDS, L.G. & DREW, J.V. Influence of sand on the amount of water-dispersible clay in soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 35(5):848-9, Sept/Oct. 1972.
2. BAVER, L.D. Soil physics. 3.ed. New York, John Wiley, 1940. 370p.
3. _____; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4.ed. New York, John Wiley, 1972. 498p.
4. BEALE, D.W. Dispersion of lateritic soils and the effect of organic matter on mechanical analysis. Soil Science, New Brunswick, 48:475-9, July/Dec. 1939.
5. BEAR, F.E. Chemistry of the soil. 2.ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 1964. 515p.

6. BLAKE, G.R. Particle density. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.374-90.
7. BOHN, H.L.; McNEAL, B.L. & O'CONNOR, G.A. Soil chemistry. 4. ed. New York, John Wiley, 1979. 329p.
8. BOUYOUCOS, G.J. The hydrometer method for studying soils. Soil Science, New Brunswick, 25(5):365-71, Sept./Oct. 1927.
9. _____. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, Madison, 54(5):464-5, Sept./Oct. 1962.
10. _____. Making mechanical analysis of soils in fifteen minutes. Soil Science, New Brunswick, 25(6):473-81, Nov./Dec. 1927.
11. _____. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, Madison, 43(8):434-8, Aug. 1951.
12. _____. Studies on the dispersion procedure used in the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Soil Science, New Brunswick, 33(1):21-7, Jan./Feb. 1932.

13. CASAGRANDE, A. The hydrometer method for mechanical analysis of soils and other granular materials. Report from Massachusetts Institute of Technology, 1931. 68p.
14. COSTA, J.B. da. Caracterização e constituição do solo. 2.ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1979. 527p.
15. DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C.A.; ed. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.545-67.
16. DIXON, J.B. Kaolinite and serpentine group minerals. In: DIXON, J.B., ed. Minerals in soil environments. Madison, Soil Science Society of America, 1977. p.357-404.
17. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Análise granulométrica (Dispersão total). Método da pipeta. In: _____, ed. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
18. _____. Ataque sulfúrico. In: _____, ed. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

19. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa, 1).
20. FASSBENDER, H.W. Química de suelos. San José, Instituto Interamericano de Ciência Agrícola, 1980. 398p.
21. FONTES, L.E.F. Nova proveta para sedimentação da suspensão do solo na determinação da fração argila por densimetria. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(2):152-4, maio/ago. 1982.
22. FREIRE, J.C. Análise textural; notas de aula da disciplina Física do Solo, do curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Lavras, ESAL, s.d. 22p. (Mimeografado).
23. FREIRE, O. Dispersão de solos; estudo comparativo de tratamentos químicos empregados no preparo das amostras para a análise mecânica. Piracicaba, ESALQ, 1963. 168p. (Tese de Doutorado).
24. GENRICH, D.A. & BREMNER, J.M. A reevaluation of the ultrasonic-vibration method of dispersing soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 36(6):944-7, Nov./Dec. 1972.

25. GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. ed. Elementos de pedologia. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1972 . p.77-84.
26. _____. A vibração ultrassônica na dispersão de latossolos argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.27-9.
27. _____ & QUEIROZ NETO, J.P. Efeito da compactação de dois solos limo-argilosos sobre a penetração de raízes de arroz. Bragantia, Campinas, 25(4):421-31, abr. 1966.
28. _____ & VAN RAIJ, B. Dispersão e pré-tratamento para análise granulométrica de latossolos argilosos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1(1):52-3, jan./abr. 1977
29. _____ & _____. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.123-32.
30. GUALBERTO, V. Caracterização física, química e mineralógica de alguns latossolos, com altos teores de ferro, da Amazônia e do Planalto Central. Viçosa, UFV, 1984. 67p. (Tese de Mestrado).

31. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis; advanced course. 2.ed. Madison, Wisconsin, 1975. 895p.
32. 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. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(2):1777-81, dez. 1982.
33. KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Ceres, 1979, 262p.
34. KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Science, New Brunswick, 68:15-24, July/Dec. 1949.
35. KIRKHAM, D. & POWERS, W.L. Advanced soil physics. 1.ed. New York, Interscience, 1972. 584p.
36. KRISHNAMURTI, G.S.; VOLK, V.V. & JACKSON, H.C. Colorimetric determination of iron mixed valency by orthofenatioline. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 30 (6):663-4, Nov./Dec. 1966.
37. KUNZE, G.W. Pre-treatment for mineralogical analysis. In : BLACK, C.A. ed. Methods of soils analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1. p.568-77.

38. LANDA, E.R. & GAST, R.G. Evaluation of crystallinity in hydrated ferric oxides. Clays and Clay Minerals, Clarkson, 21:121-30, 1973.
39. LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1982. 46p.
40. LEPSCH, I.F. & GROHMANN, F. Influência de cátions bivalentes e materiais cimentantes na determinação de textura do solo. In: RELATÓRIO DE PESQUISAS, Campinas, 1968. p.1-6. (Mimeografado).
41. LIU, T.K.; ODELL, R.T.; ETTER, N.C. & THORNBURN, T.H. A comparison of clay contents determined by hydrometer and pipette methods using reduced major axis analysis. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 30(6):665-9, Nov./Dec. 1966.
42. MEDINA, H.P. Constituição física. In: MONIZ, A.C. ed. Elementos de pedologia. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1972. p.11-20.
43. _____ & GROHMANN, F. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 6, Salvador, 1957. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1957. p.27-9.

44. MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removed from soils and clays by a dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays and Clays Minerals, Clarkson, 7:317-27, Jan./Feb. 1960.
45. MENK, J.R.F. & OLIVEIRA, J.B. Estudo comparativo da influência de agentes dispersantes e de pré-tratamento na análise granulométrica de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. Anais..., Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.104-22.
- × 46. OLIVEIRA, M. Comportamento de características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras. Lavras, ESAL, 1979. 139p. (Tese de Mestrado).
47. PAULETTO, E.A. Estudo sobre dispersão de amostra de terra. Piracicaba, ESALQ, 1978. 68p. (Tese de Mestrado).
48. PIERANTONI, H. & VETTORI, L. Análise granulométrica. Comparação de dispersão sem e com pré-tratamento ácido. 1: Latossolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.182.
49. PROTZ, R. & ARNAUD, R.J. St. The evaluation of four pretreatments used in particle-size distribution analysis. Canadian Journal Soil Science, Ottawa, 44(3):345-51, Aug. 1964.

50. PURI, A.N. Soil their physics and chemistry. 2.ed. New York, Reinhold Publishing, 1949. 550p.
51. RANDO, E.M. Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional. Lavras, ESAL, 1981. 161p. (Tese de Mestrado).
52. ROBINSON, G.W. Note on the mechanical analysis of humus soils. Journal Agriculture Science, Cambridge, 12(3):287-91, July, 1922.
53. SHANMUGANATHAN, R.T. & OADES, J.M. Influence of anions on dispersion and physical properties of the A horizon of a red-brown earth. Geoderma, Amsterdam, 29(3):257-77, Mar., 1983.
54. SOUZA, D.M.P. Contribuição ao estudo da análise granulométrica de alguns solos do Paraná. Curitiba, Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica, 1960. 12p.
55. STEEL, R.G. & TORRIE, J.H. Principle and procedure of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.
56. TYNER, E.H. The use of sodium metaphosphate for dispersion of soils for mechanical analysis. Soil Science Society America Proceedings, Madison, 14(2):106-13, Mar./Apr. 1939.

57. UEHARA, G. & GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. 4.ed. Colorado, Westview Press, 1981. 169p.
58. VETTORI, L. Método de análises de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
59. WINTERS JR., E. & HARLAND, M.B. Preparation of soil samples for pipette analysis. Journal American Society of Agronomy, Washington, 22(7):771-80, July, 1930.