

Método de referência para determinação das frações areia, silte e argila em solos do Estado do Acre

Maria Alcirlândia da Silva Bezerra; Lucielio Manoel da Silva; Marcos Gervasio Perreira; Joao Herbert Moreira Viana; Guilherme Kangussu Donagemma; Paulo Guilherme Salvador Wadt

Define-se textura do solo como a proporção relativa das frações granulométricas (areia, silte e argila) em uma amostra de terra. As proporções dessas diferentes frações podem ser estimadas através do método expedito (avaliação de uma amostra molhada) em função das sensações táteis que esta confere quando submetida ao manuseio ou podem ser quantificadas através da análise granulométrica.

A análise granulométrica consiste na quantificação das frações minerais presentes em uma amostra de terra fina, em função do tamanho das partículas que podem ser classificadas de acordo com o seu diâmetro, sendo estabelecido um limite superior e um inferior. De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SANTOS et al., 2018) os limites e terminologia adotados nas análises de rotinas são: fração areia, dividida em areia grossa (2,00-0,20 mm), areia fina (0,20-0,05 mm), silte (0,05-0,002 mm) e argila ($< 0,002$ mm).

A granulometria dos solos é um atributo físico de grande relevância podendo ser usado em diversas aplicações práticas na agricultura, tais como: na classificação do solo, no manejo da fertilidade e de corretivos, na avaliação da aptidão agrícola das terras e nas estimativas de outros atributos através de equações de pedotransferência, além de ser peça chave em portarias normativas para determinação do potencial agrícola das terras e fomento ao crédito rural (INSTRUÇÃO NORMATIVA, 2008).

Apesar de serem largamente empregados nos laboratórios de rotina de análise de solo, os métodos convencionais adotados pelos laboratórios brasileiros, que inicialmente, foram desenvolvidos em países em que os solos apresentam características distintas dos de clima tropical, geram resultados discrepantes entre os laboratórios. Adicionalmente a grande variabilidade de materiais de origem presentes nos solos brasileiros pode ser uma fonte de variação para os resultados encontrados, desde que cuidados especiais nas etapas de pré-tratamento e realização da análise propriamente dita não sejam executados.

No Brasil, os métodos para determinação da granulometria mais usados são os métodos da pipeta e do densímetro (SILVA et al., 2014), com o emprego da solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L⁻¹ como dispersante químico. A dispersão da argila pode ser influenciada pelas propriedades do solo,

como mineralogia da fração argila, presença de carbonatos e sais, teor de matéria orgânica, o que pode resultar em menor ou maior eficiência do emprego do NaOH. Diante, Camargo et al. (2009) para solos intemperizados com elevados teores de cálcio magnésio e potássio concluíram que hexametáfosfato de sódio ou a combinação desse com o hidróxido de sódio são mais adequados para dispersão da argila.

Como o objetivo de padronizar o método da análise granulométrica no Brasil em 2012 a Embrapa Solos, em parceria com profissionais de várias instituições, publicou o documento “Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil” (ALMEIDA et al., 2012). Uma das recomendações do documento é que sejam realizados testes para avaliar o dispersante químico adequado aos solos de cada região do País. Adicionalmente, na última versão do Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA et al., 2017), incorporou-se na análise granulométrica a coleta da fração silte + argila conforme recomendado por Ruiz (2005), diminuindo assim o erro que era acumulado na fração silte, além, de sugerir o uso de outros dispersantes para solos com altos teores de cálcio e magnésio.

Atendendo às recomendações para que fossem testados dispersantes adequados para solos regionais e levando em consideração as diferenças nas características de solos do estado do Acre (ANJOS et al., 2013) o Laboratório de Solos da Embrapa Acre, em parceria com pesquisadores da Embrapa Solos, Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa Rondônia e Ufac (Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal) realizaram dois estudos com o objetivo de avaliar o dispersante químico e físico adequado para os solos do estado Acre (Silva et al., 2014; dados da dissertação de Bezerra (2020).

Nestes estudos, conclui-se que a combinação dos reagentes hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio é o dispersante mais adequado para a realização da análise granulométrica nos solos do estado (Tabela 1 e 2), resultando na recomendação do método descrito a seguir como referência, inclusive, para o desenvolvimento e validação de outros como o Infravermelho Próximo (NIR) e Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Laser (LIBS).

Tabela 1. Resultados dos teores de argila (g kg^{-1}) com os testes de dispersantes dos autores Silva et al. (2014)

Solo	Horizonte	Dispersante químico		
		Silva et al. (2014)		
		NaOH	$(\text{NaPO}_3)_6$	NaOH+ $(\text{NaPO}_3)_6$
AC-P01 - Espodossolo Humilúvico	Ap	3,3c	9,6b	11,4a
AC-P02 - Latossolo Amarelo	Bw1	215,6a	217,8a	219,9a
AC-P4 - Argissolo Vermelho	Bt2	460,0a	455,2a	453,4a
AC-P5 - Argissolo Vermelho	Bc	540,8b	538,1b	550,6a
AC-P9 - Argissolo Vermelho Amarelo	Bt2	304,9b	340,9a	338,0a
AC-P10 - Argissolo Vermelho Amarelo	Bt1	651,1b	663,1a	663,6a
AC-P11 - Vertissolo Háplico	BA	732,1b	666,9c	763,9a
AC-P13 - Plintossolo Argilúvico	Btfl	676,9a	662,1b	677,4a

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. **Fonte:** Silva et al. (2014). O dispersante que proporcionou maior teor de argila foi considerado o método mais adequado.

Tabela 2. Resultados dos teores de argila (g kg^{-1}) com os testes de dispersantes. Dados da dissertação de Bezerra (2020).

Solo	Agitador		Dispersante		
	Wagner	Orbital	NaOH+ $(\text{NaPO}_3)_6$	NaOH	$(\text{NaPO}_3)_6$
Argissolo Amarelo	199a	194a	199a	201a	189a
AC-P06 - Argissolo Vermelho	367a	339b	349b	371a	339c
AC-P09-Argissolo Vermelho Amarelo	367a	377a	386a	375ab	356b
AC-02 - Latossolo Amarelo	183a	172b	180a	186a	168b
AC-P08 - Luvisolo Crômico	410a	442a	481a	359b	438a
AC-P07 - Vertissolo Háplico	508a	490b	512a	489b	497b

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Bezerra (2020). O dispersante que proporcionou maior teor de argila foi considerado o método mais adequado.

Método Analítico

Preparo da amostra

Secar a amostra de solo ao ar livre e à sombra ou em estufas de ventilação de ar forçado a 40°C (Figura 1A). Em seguida, destorroar a amostra e peneirá-la em peneira de 2 mm de diâmetro de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA) (Figura 1B).



Figura 1. Amostras de terra em estufa de ventilação forçada a 40°C (A), destorroamento e peneiramento (B). **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

Após a obtenção da TFSA, recomenda-se pesar 20 g da amostra (Figura 2A) e colocar em recipientes (garrafas) para agitação (Figura 2B). Outras quantidades de TFSA podem ser utilizadas desde que se mantenha a proporção 1:50, ou seja, 1 parte de TFSA para 50 partes de suspensão frações silte e argila.



Figura 2. Pesagem 20 g de TFSA (A); Amostra em recipientes do agitador tipo Wagner (B). **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

Adicionar 10 mL de solução de hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) + solução de hexametáfosfato de

sódio ($0,038 \text{ mol L}^{-1}$) (Figura 3), e adicionar 100 mL de água destilada ou deionizada. Para o preparo da solução de hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ + hexametáfosfato de sódio $0,038 \text{ mol L}^{-1}$, pesar 23,25 g de hexametáfosfato de sódio, dissolver em água em um béquer, adicionar 4,0 g de hidróxido de sódio e depois transferir a solução para balão de 1000 mL e completar o volume com água destilada.



Figura 3. Adição de 10 mL da solução de hidróxido de sódio + hexametáfosfato de sódio. **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

Determinar a umidade residual (Teixeira et al., 2017) para correção da massa de solo utilizada na pesagem.

Dispersão das frações granulométricas

Agitar as amostras com a solução em agitador do tipo Wagner por 16 horas na rotação de 50 rpm (Figura 4). Após esse período, retirar as amostras do agitador e fazer as separações da fração areia com o emprego de peneira de 0,053 mm de malha e auxílio de funil (Figura 5A e B). Usar jato forte de água para lavar o material retido na peneira com água deionizada, coletando as frações silte e argila em proveta de 1000 mL (Figura 5A).

Completar o volume da proveta para 1000 mL. Após essa etapa, homogeneizar a suspensão com auxílio de um bastão com um disco na extremidade por 20 segundos e, em seguida, coletar 50 mL da fração silte + argila com auxílio de pipeta graduada e colocar em recipiente para secagem em estufa (Figura 5C e D).



Figura 4. Amostras em agitador de Wagner. **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

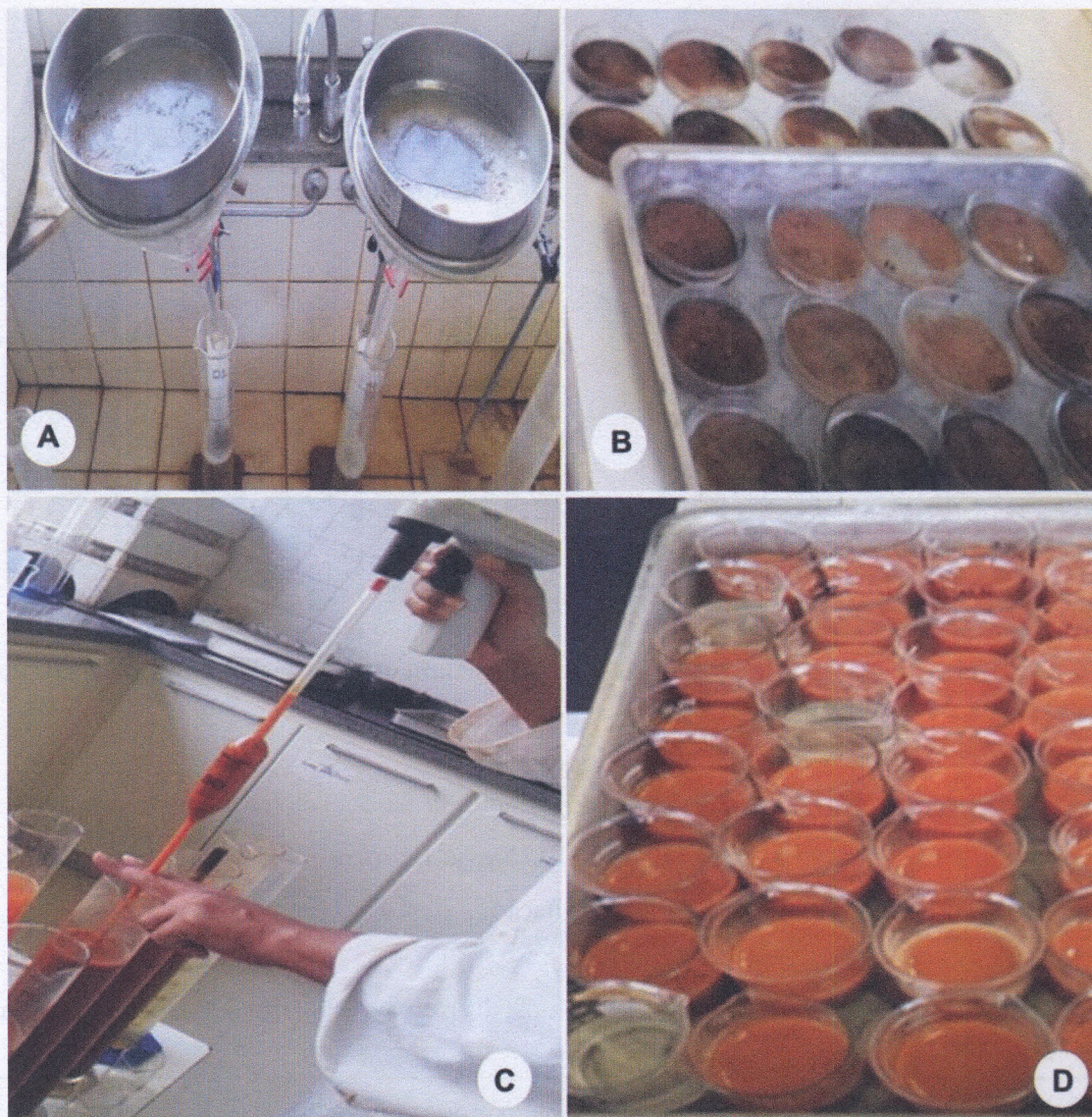


Figura 5. Lavagem da fração areia (A), coleta da areia em placas de petri (B), coleta da fração silte + argila (C), fração silte + argila em béquer (D). **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

A amostragem da fração silte + argila deve ser feita a uma profundidade de 5 cm, marcados a partir da superfície da suspensão (Figura 5C). Após a retirada da alíquota, essa é transferida para um béquer, previamente pesado (Figura 5D), que será colocado em estufa à temperatura de 105°C por um período entre 24 e 48 horas (ou até peso constante). Após a coleta da fração anterior, determinar a temperatura da solução com auxílio do termômetro (Figura 6A) e aguardar o tempo para sedimentação de silte conforme a modificação da lei de Stokes (Tabela 3).

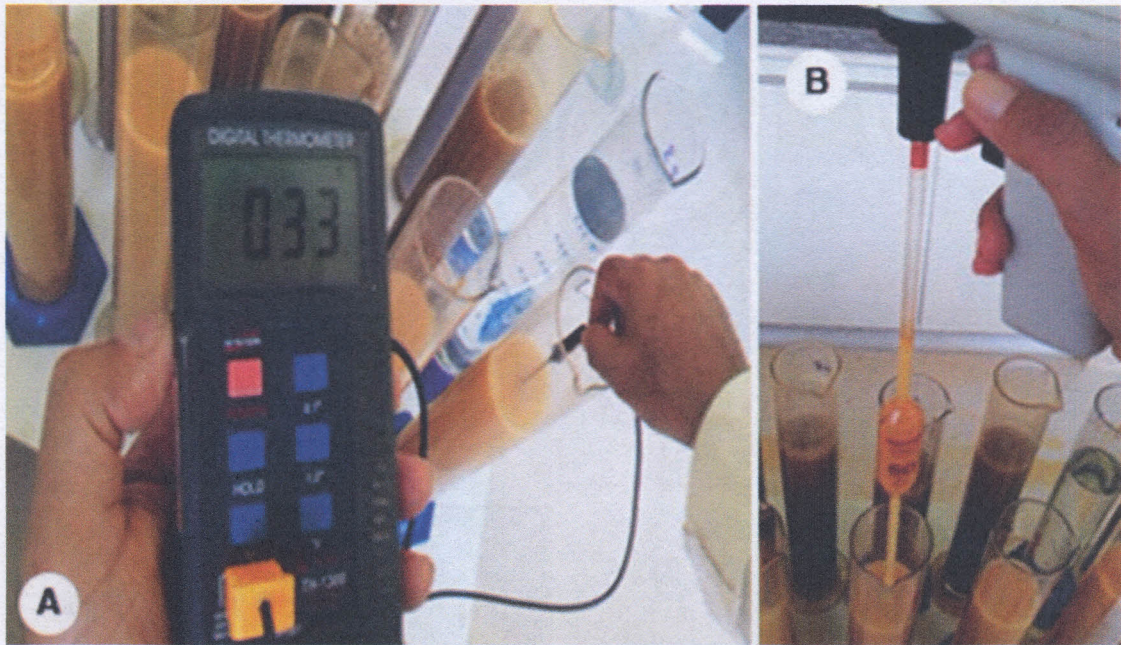


Figura 6. Determinação da temperatura da solução para sedimentação do silte (A), Coleta fração argila (B). **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

Decorrido o tempo de sedimentação do silte, retirar uma alíquota da fração argila da mesma forma que foi coletada a fração silte + argila (Figura 6B). Nesse momento é de suma importância que a suspensão não seja submetida a nenhum tipo de agitação.

Tabela 3. Tempo de sedimentação das frações silte ajustada para a temperatura do laboratório conforme a modificação da lei de Stokes

Temperatura (°C)	Tempo	Temperatura (°C)	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'

Fonte: Teixeira et al. (2017).

Quantificações das frações granulométricas

Todas as frações separadas devem ser secas em estufas de ventilação forçada a 105°C por um período de 24 a 48 horas (Figura 7). Após a secagem, as frações devem ser pesadas em balança analítica de precisão (Figura 8), após resfriarem até a temperatura ambiente em dessecador (Figura 8).

A fração areia pode ser separada em areia grossa e areia fina usando peneiras de 0,212 mm (Figura 8). Após as pesagens, proceder aos cálculos para cada fração, conforme item a seguir.



Figura 7. Frações separadas para secagem em estufa a 105°C . **Fonte:** Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

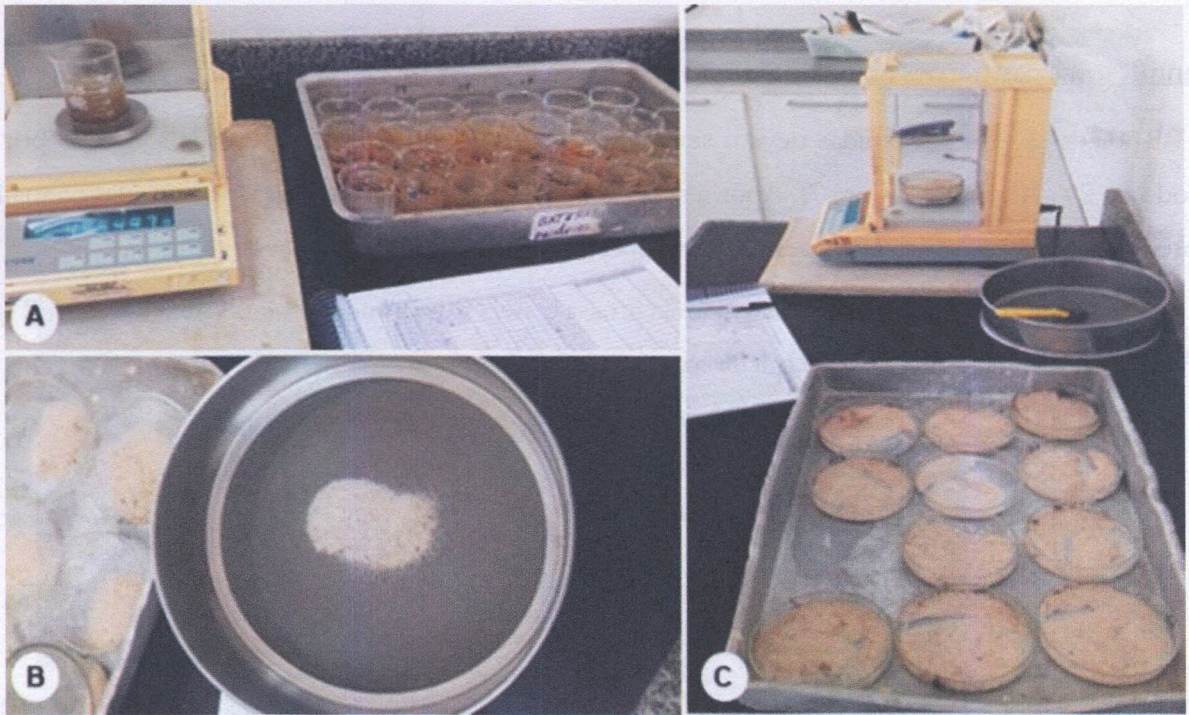


Figura 8. Pesagem das frações em balança analítica(A), areia fina (B), areia total (C), após secagem.
Fonte: Maria Alcirlândia da Silva Bezerra.

Cálculos das frações granulométricas

Os cálculos apresentados abaixo são expressos em g da fração por kg de solo. Também se leva em consideração a TFSA, sendo necessário a correção de acordo com o teor de umidade de cada amostra

Areia Fina:

$$AF (g \text{ kg}^{-1}) = m_{AF} \times (1000/m_{TFSA})$$

Areia Grossa:

$$AG (g \text{ kg}^{-1}) = m_{AG} \times (1000/m_{TFSA})$$

Silte + Argila:

$$\text{Sil+Arg} (g \text{ kg}^{-1}) = ((m_{\text{Sil+Arg}} - B)) \times ((V_t/V_c) \times (1000/m_{TFSA}))$$

Argila:

$$\text{Arg} (g \text{ kg}^{-1}) = ((m_{\text{Arg}} - m_B)) \times ((V_t/V_c) \times (1000/m_{TFSA}))$$

Silte:

$$\text{Sil} (g \text{ kg}^{-1}) = (\text{Arg} - \text{Sil+Arg})$$

Em que:

AF- Areia fina; AG – Areia Grossa; Sil – Silte; Arg – Argila e m – massa; B – Branco; Vt – Volume total e Vc – Volume coletado.

Normalmente, o somatório das frações não será 1000 g, assim, a diferença deverá ser distribuída entre as frações de forma proporcional.

Cálculo da distribuição do erro

Areia Fina:

$$AF_{corr} (g\ kg^{-1}) = (AF \times 1000 / \text{Somatório de todas as frações})$$

Areia Grossa:

$$AG_{corr} (g\ kg^{-1}) = (GF \times 1000 / \text{Somatório de todas as frações})$$

Argila:

$$Arg_{corr} (g\ kg^{-1}) = (Arg \times 1000 / \text{Somatório de todas as frações})$$

Silte:

$$Sil_{corr} (g\ kg^{-1}) = (Sil \times 1000 / \text{Somatório de todas as frações})$$

Em que: Corr, sufixo significando “corrigido”, para as mesmas denominações de cada uma das frações do solo.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Pedro Raimundo Rodrigues de Araújo, técnico do Laboratório de Solos da Embrapa Acre, pelo convívio e respeito durante todo o período, além, claro, da dedicação e parceria durante a condução dos trabalhos.

Literatura Consultada

ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEXEIRA, W. G. Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2012. 11 p. (Comunicado Técnico, 66).

ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G. Guia de Campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. Rio Branco: Embrapa Acre;

2013. p. 97-129.

BEZERRA, M. A. S. Dispersantes químicos na análise granulométrica de solos do Acre [dissertação]. 2020. Rio Branco: Universidade Federal do Acre; 2020.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo; 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 9 DE OUTUBRO DE 2008. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília: D.O.U. 10/10/2008. Seção I.

RUIZ, H. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2005, 29:297-300.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos, 5a ed. revisada e ampliado. Brasília: Embrapa; 2018. 356p.

SILVA, L. M.; MARTINS, R. A.; WADT, P. G. S.; VIANA, H. M.; DONAGEMMA, G. K. Dispersantes químicos e tipos de agitação mecânica na determinação das frações granulométricas de solos do Estado do Acre. In: II Reunião de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental, Porto Velho; 2014. p. 43-47.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3a ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa; 2017, 574p.