

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE UN SISTEMA PEDOLOGICO EN EL MUNICIPIO DE TAMBOARA – PR, BRASIL: COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN

Cássia Maria Bonifácio¹
Maria Teresa de Nóbrega²
Hélio Silveira³

RESUMEN

El análisis de tamaño de las partículas de los suelos, la granulometría, se hace con el uso de diversas técnicas y equipos, y entre ellos, los más conocidos son aquellos que emplean el método de la pipeta y el densímetro. Sin embargo, preguntas a menudo se producen en la posibilidad de comparación y / o generalización de los resultados generados por las diferentes técnicas. Este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de dos metodologías, con aplicación a suelo de textura medio de arena, típico de la región noroeste del Estado de Paraná, Brasil. Las muestras de perfiles de suelos obtenidos a lo largo de un toposecuencia en el municipio de Tamboara se sometieron a análisis de granulometría, por pipeteado y densimetría y sus resultados se compararon y analizaron estadísticamente. Una comparación de los resultados muestra diferencias pequeñas de fracciones de la arcilla y limo fino. Las fracciones de arena, determinado por tamizado en los dos casos, mostraron diferencias importantes. La mayor diferencia puede estar relacionada a la cantidad de material utilizado en cada metodología.

***Palabras claves:* Análisis de granulometría; tamaño de partículas del suelo; pipeteado; densimetría.**

¹ Maestro estudiante – Departamento de Geografía – Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Email: kaoruyuri@hotmail.com

² Prof. Dra. - Departamento de Geografía – Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

³ Prof. Dr. - Departamento de Geografía – Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

1. INTRODUCCIÓN

La textura del suelo es uno de los atributos importantes para caracterizarlos, ya que influyen en muchas de sus propiedades: porosidad, permeabilidad, capacidad de intercambio, la retención de agua, la vulnerabilidad a la erosión, etc.... En el campo, es un indicador de las diferencias entre los horizontes y se evalúa mediante el tacto, dependiendo mucho de la habilidad y experiencia del profesional que lo hace.

Las características texturales observados en el campo deben ser confirmadas a través del análisis del tamaño de partícula, el análisis granulométrico.

Las características texturales observados en el campo deben ser confirmadas a través del análisis del tamaño de partícula, el análisis granulométrico.

En el laboratorio, se puede determinar mediante varias técnicas que permiten el final para clasificar el material según los criterios establecidos por los diferentes órganos.

Para los suelos del Brasil y distingue cinco grupos de la textura: de arena, medio, arcilla, muy arcilla y limo (Oliveira et al, 1992).

Las técnicas más comunes son los que emplean el pipeteado o la densimetría. Varios estudios realizados en los suelos en la región noroeste de Paraná ahora emplean un método o otro en la caracterización granulométrica, lo cual crea dudas sobre la posibilidad de comparación y / o generalización. Así, este estudio pretende comparar y evaluar el desempeño de dos metodologías, aplicación a la textura del suelo, medio de arena, típico de esta región.

Ambas metodologías se basan en la velocidad de caída de partículas en un medio acuoso, de acuerdo con la ley de Stokes. También incluye una fase de preparación del material (suelo secado al aire - SSA), la dispersión de partículas con la adición de dispersante químico complementa con agitación mecánica. Las fracciones finas - limo y arcilla - se determinan caso por la sedimentación y pipeteado (método de la pipeta) y, en segundo lugar, por la sedimentación y densimetría (método del densímetro). En tanto, las fracciones de arena se obtienen por tamizado en seco.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras utilizadas en este trabajo provienen de los perfiles de suelo recolectadas a lo largo de un toposecuencia en la ciudad de Tamboara, PR (Figura 1).

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

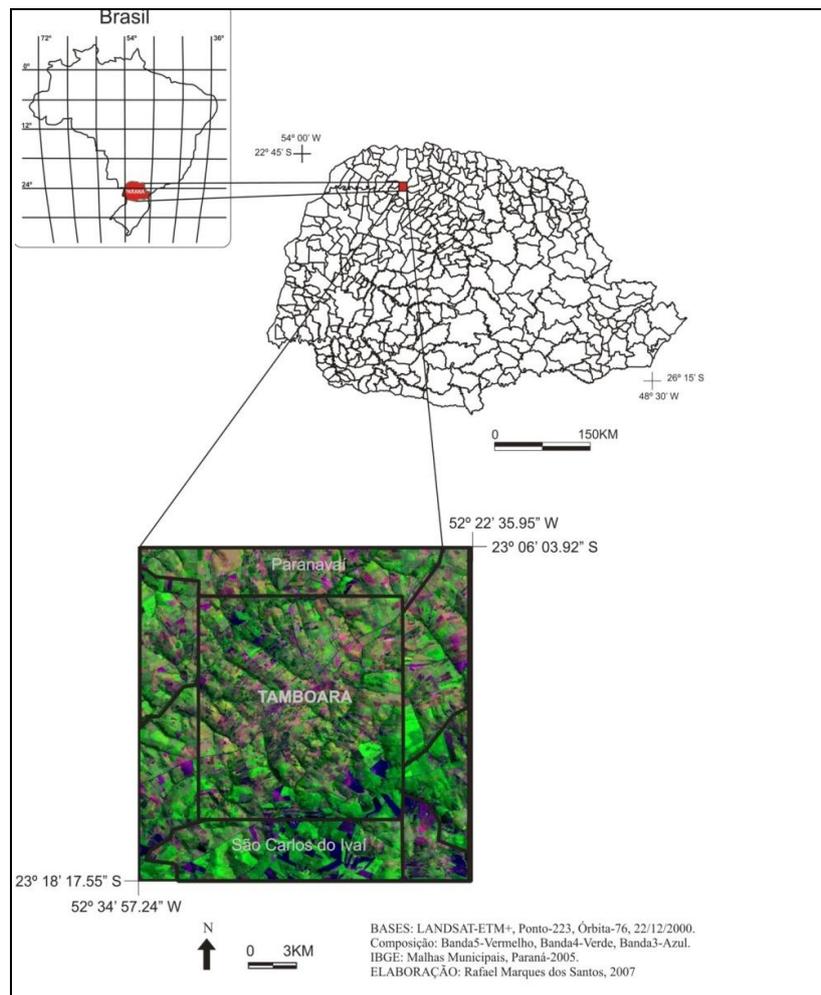


Figura 1. Localización del municipio de Tamboara – Paraná.

El toposecuencia (Figura 2) se encuentra en la unidad de paisaje Tamboara Meseta, de acuerdo con la división propuesta por Santos et al (2008), caracterizada por largas cadenas, rectilíneas convexas, a menudo con segmentos de base cóncava. El sistema predominante pedológicos que cubre estos aspectos consiste en la textura “Latosolo Vermelho”, textura medio, pasando para “Argissolo Vermelho Amarelo” y “Neossolo Quartzarênico”. En la base cóncava de la pendiente, el “Neossolos Quartzarênicos” puede pasar lateralmente a “Gleissolos”.

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

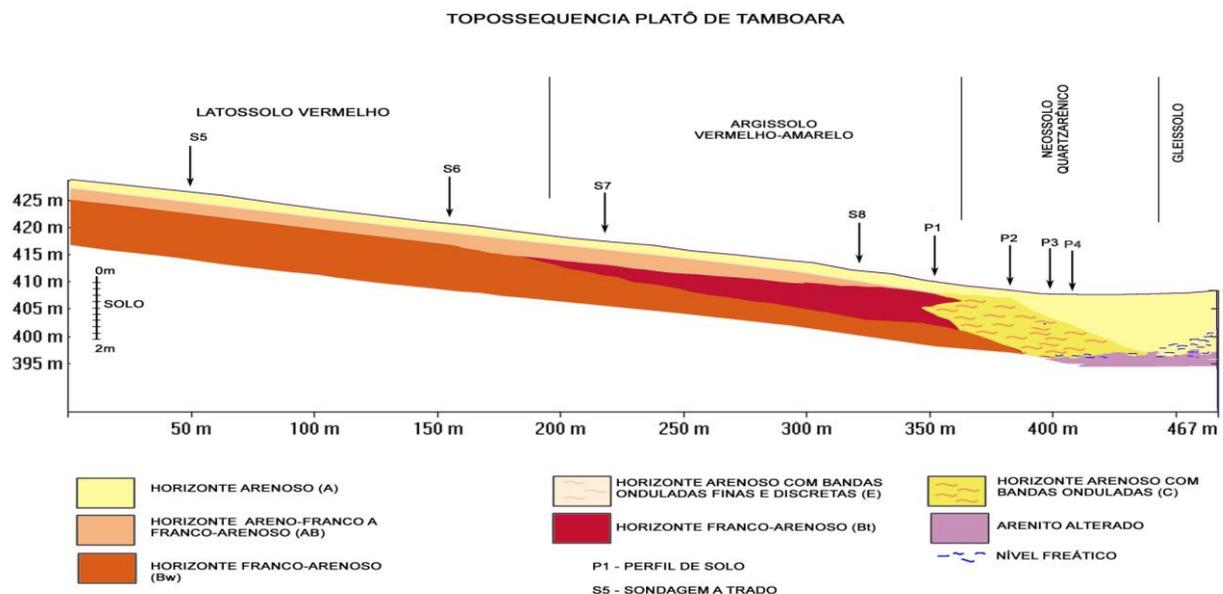


Figura 2. Toposecuencia de Tamboara meseta con la ubicación de los perfiles de suelo analizadas.

Se estudió cuatro perfiles de suelo, la recolección de muestras fue a cada 20 cm de profundidad. Así, esta investigación debido a su meta, no se hace referencia a los horizontes, pero sólo en los perfiles y muestras de su profundidad.

Para realizar el análisis, las muestras han sido sometidos a una preparación previa, similar para ambas técnicas: secado al aire el material, aflojamiento y después el suelo pasa por el tamiz de 2,00 mm de diámetro. El material que pasa el tamiz se designa como SSA (suelo secado al aire) y es a partir de este material que se toman por cuarteo, las muestras sometidas a diversas pruebas en el laboratorio, entre ellos la separación granulométrica.

2.1 MÉTODO DE LA PIPETA

El análisis granulométrico mediante el método de la pipeta (Figura 3), se describe a continuación, los criterios adoptados por EMBRAPA (1997).

Para cada profundidad se obtuvieron por cuarteo 20 gramos de muestra de suelo (SSA). La muestra recogida después se pesó, y se colocó en un vaso de 250 ml y fue sometido a la dispersión mediante la adición de 10mL de pirofosfato de sodio y adición de 100 ml de agua destilada.

Después de un período de descanso, de aproximadamente 24 horas, la muestra se llevó a agitación mecánica durante 10 minutos en la hélice batidora eléctrica. Con la agitación mecánica

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

completa, el contenido se hace pasar por un tamiz de malla de 0.053 mm, colocado en un embudo, teniendo abajo un vaso de 1000 ml. El contenido retenido en el tamiz se lava con agua destilada hasta que solo se quede arena en el tamiz. En este procedimiento, el agua de lavado también se recoge en el vaso.



Figura 3. Análisis de tamaño de partícula con una pipeta.

La arena retenida en el tamiz fue trasladado a un vaso y trajo el horno a 105 ° C durante el secado. El volumen de los tubos, que contienen las fracciones arcilla y limo, se completó a 1000 mL.

A lo largo de la serie de análisis incluyó una muestra “blanca”, preparada con 990 ml de agua destilada y 10 ml de dispersante.

La temperatura de los contenidos de los tubos se determinó mediante el termómetro, poco después, los intervalos de tiempo que permitan tomar el pipeteado de la limo y arcilla, de acuerdo con la ley de Stokes, con el uso del ábaco Casagrande (Bouyoucos, 1962).

El contenido del vaso se agita durante 1 minuto y, después de la hora adecuada, se procedió a medir el pipeteado de 10 ml del sobrenadante (Figura 2). El limo se recolectó en 10 cm de profundidad y, después de una demora de 3 a 4 horas, la arcilla se recogió a 5 cm. Las alícuotas fueron colocadas en vasos de 50 ml (previamente pesados) y después fueron llevadas en el horno para el secado a 110 ° C.

Después de un período de 24 horas en el horno, las muestras fueron colocadas en un desecador durante 30 minutos para refrescarse. Después de esta etapa, se pesaron.

Las arenas se hacen pasar por un tamiz de malla de 0.250 mm de diámetro para la separación de la arena fina y arena gruesa.

Para obtener los valores de las fracciones aplicó el siguiente cálculo:

- CÁLCULO DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS POR TAMIZADO Y PIPETEO:

$$\% \text{ arcilla} = [\text{contenido de argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000$$

$$\% \text{ limo fino} = \{\text{contenido de limo (g)} - [\text{contenido de arcilla (g)} + \text{dispersante (g)}]\} \times 1000$$

$$\% \text{ arena fina} = \text{arena fina (g)} \times 50$$

$$\% \text{ arena gruesa} = \text{arena gruesa (g)} \times 50$$

$$\% \text{ limo grueso} = 100 - (\text{arena gruesa}\% + \text{arena fina}\% + \text{limo fino}\% + \text{arcilla}\%)$$

2.2 MÉTODO DEL DENSÍMETRO

El análisis granulométrico fue realizada por densimetría como los principios propuestos por Bouyoucos (1962) y descrita por la NBR 7181/84 (ABNT, 1984), utilizando una bombilla de densímetro simétrico (densímetro Bouyoucos) se graduó 0,995 a 1,050, con resolución de 1.050 (Figura 4).



Figura 4. Densímetro de bulbo simétrico (densímetro de Bouyoucos).

Los análisis se realizaron mediante la adopción de 100 g de suelo secado al aire de cada muestra de suelo. En un vaso de 250 ml se colocó la muestra pesada, añadiendo 125mL de hexametáfosfato de sodio normal para dispersar químico el material.

Después de descansar durante unas 24 horas, la muestra se llevó a agitación mecánica durante 10 minutos. A continuación, el material fue trasladado a un vaso y el volumen completo a

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

1000 mL. También se preparó una muestra "blanca", con 875 ml de agua destilada y 125 mL de dispersante.

El vaso se agitó manualmente durante 1 minuto, luego se colocó en reposo para la sedimentación, a partir del tiempo con la ayuda de un cronómetro. Los tiempos del procedimiento adoptado para las lecturas del densímetro fueron: 30", 1', 2', 4', 6', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h y 8h.

Con esas lecturas fueron determinadas las fracciones limo fino y arcilla. A cada lectura del densímetro se registraron temperaturas de las muestras dispersas en vasos. Después de las lecturas con el uso del densímetro, procedió a recoger la fracción de arena. Por tanto, el contenido del vaso se vertió en un tamiz de malla de 0.053 mm. La fracción de arena retenida en el tamiz se lava con agua hasta que fue totalmente limpio, y luego fue trasladada a un vaso y se secan en un horno a 110°C.

Después de secar la arena, la muestra pasa por un tamiz de 0.250 mm de malla para separar la fracción de arena gruesa y arena fina. Los materiales fueron separados por tamizado y después pesados.

Para convertir las lecturas del densímetro, como porcentaje de las fracciones y sus equivalentes en los cálculos del tamaño de partícula se realizaron de acuerdo con la NBR 7181/84 (ABNT, 1984):

- Para obtener el diámetro máximo de las partículas en suspensión a cada una de la lectura del densímetro se aplicó a la ley de Stokes, cuya expresión matemática (1):

$$d = \sqrt{\frac{18\mu}{\gamma_s - \gamma_{wd}} \times \frac{a}{t}} \quad (1)$$

Dónde:

d = diámetro máximo de las partículas en cm

μ = coeficiente de viscosidad del medio de dispersión, a la temperatura de prueba en gs/cm²

a = altura = de la caída de las partículas, lo que corresponde a la lectura del densímetro en cm (obtenido en la calibración del densímetro)

t = tiempo de establecimiento en cuestión de minutos

γ_s = densidad de los granos del suelo, en g/cm³

γ_{wd} = densidad del medio de dispersión (agua + hexametáfosfato) en la temperatura de ensayo, en g/cm³;

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

- El porcentaje de la fracción de suspensión se determinó para cada lectura del densímetro mediante la aplicación del cálculo (2):

$$Q_s = N \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_{wd}} \cdot \frac{V}{M_s} \cdot (\gamma_i - \gamma_{wd}) \quad (2)$$

Dónde:

Q_s = porcentaje de material en suspensión en el momento de la lectura, diámetro de la partícula equivalente a menos de d → D_{max};

N = porcentaje de la muestra total del material que pasa por el tamiz de 2,00 mm;

γ_s = densidad de los granos del suelo, en g/cm³

γ_{wd} = densidad del medio de dispersión (agua + hexametáfosfato) en la temperatura de ensayo, en g / cm³;

V = volumen de la suspensión, en cm³ (1000 cm³ en este caso);

γ_i = densidad de la suspensión en el punto x en el instante de la lectura del densímetro, en g / cm³;

M_s = masa de muestra seca adoptadas para las pruebas;

w = contenido de humedad del material que pasa por el tamiz de 2,00 mm

La planilla utilizada para la realización de las lecturas y cálculos se presenta en la Figura 5.

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

Local: Topo Tamboara					Massa seca do solo:		99,88	Proveta N.	
Perfil 1					Densidade das partículas ($\gamma_s \rightarrow \delta$): g/cm ³		2,65	Área Transv. cm ²	
Amostra: 1					Densímetro N. 30			Vol. Proveta	
Prof. 0-20					Vol. bulbo: cm ³			Data:	
Início Leitura:									
Intervalo de Tempo	Intervalo de tempo em segundos	Leitura do densímetro	Temperatura suspensão	Viscosidade da água n (10 ⁻⁶ g.s/cm ²)	Altura de queda das partículas a (cm)	Diâmetro Máximo das partículas D _{max} → d(mm)	Massa específica do meio dispersor	Porcentagem de solo em suspensão no ponto x Os (%)	
30'	30	1,0110	21	10,03	16,30	0,077	1,0012	15,77	
1'	60	1,0109	21	10,03	16,32	0,055	1,0012	15,61	
2'	120	1,0105	21	10,03	16,40	0,039	1,0012	14,97	
4'	240	1,0103	21	10,03	16,44	0,027	1,0012	14,64	
6'	360	1,0102	21	10,03	15,36	0,022	1,0012	14,48	
15'	900	1,0101	21	10,03	15,38	0,014	1,0012	14,32	
30'	1800	1,0100	21	10,03	15,40	0,010	1,0012	14,16	
1h	3600	1,0099	21	10,03	15,42	0,007	1,0012	14,00	
2h	7200	1,0098	21	10,03	15,44	0,005	1,0012	13,84	
4h	14400	1,0095	21	10,03	15,50	0,003	1,0012	13,36	
6h	21600	1,0095	21	10,03	15,50	0,003	1,0012	13,36	
8h	28800	1,0095	21	10,03	15,50	0,002	1,0012	13,36	
24h									

Figura 5. Planilla del cálculo utilizada para el análisis granulométrico con el empleo del densímetro.

Para los cálculos de análisis de densimetría es necesario diversos datos obtenidos por otras pruebas específicas como la determinación del contenido de humedad del suelo y el peso específico de las partículas que componen la muestra de suelo (densidad de partículas). En esta investigación estas determinaciones se obtuvieron con los procedimientos adoptados y descrito por EMBRAPA (1997).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en los cuadros 1 (método de la pipeta) y 2 (método del densímetro).

Los resultados obtenidos por ambos métodos muestran que los suelos a montante del Perfil 1, tiene textura media, con un contenido de arcilla entre el 15% a 20% en el horizonte B.

El Perfil 1 va a sugerir la existencia de un B textural en el Bw, que está abajo, teniendo así un “Argissolo Vermelho-amarelo”. Todavía, ya existe en el interior de Bt, en esta posición de la vertiente, una pérdida muy importante de arcilla, que se amplía lateralmente para la parte inferior de la vertiente. Esa pérdida es debido a una cuña que penetra y degrada el horizonte Bt en dirección a montante, como se puede ver en la Figura 3. En la parte baja de la vertiente, se produce predominantemente el suelo de textura arenosa, registrando una reducción drástica de la arcilla, que llega a niveles por debajo del 2% en algunos horizontes, en el sector cóncavo de la base de la vertiente – es el sector de dominio de “Neossolos Quartzarênicos”.

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

Tabla 1. Resultados obtenidos con el método de la pipeta.

Encuesta	Clase de Suelo	Horiz.	Profund. cm	Granulometría (%)				
				Arcilla	Limo Fino	Limo Grueso	Arena Fina	Arena Gruesa
S1	ARGIS SUELO	Ap	0 - 20	9,75	3,90	2,11	60,68	27,78
			20 - 40	10,95	0,90	2,30	58,31	27,54
		Bt1	40 - 60	19,90	3,10	1,74	50,72	24,55
			60 - 80	20,35	1,85	1,58	50,84	25,39
		E	80 - 100	12,40	4,10	2,07	56,38	25,05
			100 - 120	14,15	1,55	2,62	55,37	26,32
		Bt2	120 - 140	18,00	0,85	2,33	53,68	25,14
			140 - 160	19,30	0,40	3,06	52,31	24,94
		Bt3	160 - 180	16,80	2,00	2,03	55,29	23,89
			180 - 200	14,70	1,10	3,62	56,06	24,52
S2	QUARTZ ARENCO NEOSUELO	Ap	10 - 20	3,60	2,35	0,50	53,67	40,88
			30 - 40	3,80	0,95	1,42	54,34	39,49
		C1	50 - 60	4,25	0,10	1,76	54,60	39,29
			70 - 80	4,60	1,05	1,42	52,03	40,90
		C2	90 - 100	4,35	2,00	1,54	56,98	35,13
			110 - 120	4,55	1,75	5,74	52,20	35,76
		C3	130 - 140	5,10	0,95	1,34	55,11	37,50
			150 - 160	5,80	3,85	4,86	51,53	33,96
			170 - 180	5,75	6,90	0,47	54,39	32,49
			190 - 200	5,50	5,35	0,87	56,18	32,11
S3	NEOSUELO QUARTZ	Ap	10 - 20	1,05	3,60	2,69	49,36	43,31
			30 - 40	1,20	3,55	0,33	48,72	46,20
		C1	50 - 60	1,35	3,55	2,53	47,80	44,78
			70 - 80	3,90	1,15	3,14	57,12	34,70
			90 - 100	3,30	1,80	1,34	52,48	41,08

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

		C2	110 - 120	3,00	2,15	0,91	54,91	39,04
			130 - 140	2,80	2,45	1,04	52,16	41,56
		C3	150 - 160	3,50	2,05	0,95	51,59	41,91
			170 - 180	3,35	0,95	2,37	47,11	46,23
S4	N E O S S O L O	Ap	10 - 20	2,10	2,20	2,42	53,51	39,77
			30 - 40	1,90	1,85	2,90	51,35	42,00
		C1	50 - 60	2,25	1,80	1,26	45,87	48,83
			70 - 80	3,60	0,85	3,15	44,57	47,84
		C2	90 - 100	1,75	1,85	1,37	48,66	46,37
			110 - 120	2,35	1,35	1,92	47,96	46,43

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

Tabla 2. Resultados obtenidos con el método den densímetro.

Encuesta	Clase de Suelo	Horiz.	Profund. cm	Granulometría (%)				
				Arcilla	Limo Fino	Limo Grueso	Arena Fina	Arena Gruesa
S1	A R G I S S O L O	Ap	0-20	13,36	1,13	1,52	51,32	32,68
			20-40	11,42	2,57	0,00	55,65	30,35
		Bt1	40-60	20,77	1,61	2,00	46,57	29,04
			60-80	19,16	2,25	0,00	37,65	40,93
		E	80-100	14,16	1,29	2,27	53,12	29,15
			100-120	15,13	3,86	0,00	52,53	28,48
		Bt2	120-140	18,03	2,58	0,00	51,22	28,18
			140-160	18,85	1,93	0,64	49,47	29,11
		Bt3	160-180	17,07	2,25	0,00	51,74	28,94
			180-200	16,74	2,25	0,00	53,22	27,79
S2	Q U A R T Z A R È N C O N E O S S O L O	Ap	0-20	2,57	2,25	1,72	50,20	43,36
			20-40	2,57	2,09	1,58	51,29	42,47
		C1	40-60	2,57	2,25	1,74	51,58	41,85
			60-80	3,38	2,25	0,00	50,03	44,36
		C2	80-100	3,38	1,77	0,32	49,40	45,14
			100-120	4,34	0,97	0,09	47,01	47,58
		C3	120-140	8,04	1,45	12,79	44,56	33,16
			140-160	9,65	2,09	5,01	49,90	33,36
			160-180	9,17	0,97	2,37	45,10	42,40
			180-200	7,72	1,61	2,03	48,96	39,68
S3	Q U A R T Z A R È N C O N E O S S O L O	Ap	0-20	1,45	1,93	3,95	49,36	43,31
			20-40	1,29	1,61	1,75	44,44	50,92
		C1	40-60	3,38	1,77	1,52	45,38	47,95
			60-80	3,54	2,73	0,40	40,31	53,02

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

		C2	80-100	4,34	1,77	0,42	40,96	52,51	
			100-120	4,02	1,61	0,35	40,38	53,65	
			120-140	3,54	1,61	0,41	44,06	50,38	
		C3	140-160	4,02	1,13	1,00	44,59	49,27	
			160-180	1,61	1,29	3,77	47,11	46,23	
S4	N E O S S O L O	Q U A R T Z .	Ap	0-20	0,16	1,45	5,12	53,50	39,77
			C1	20-40	1,61	0,80	4,25	51,35	41,99
				40-60	1,61	1,29	2,41	46,00	48,83
				60-80	1,61	1,29	4,70	44,56	47,85
			C2	80-100	3,05	1,77	0,15	48,66	46,37
				100-120	1,93	2,41	0,10	41,88	53,69

Las Tablas 3 y 4 muestran las comparaciones de las diferentes fracciones, las diferencias de medias y sus desviaciones estándar, tomando como referencia cuando los datos obtenidos por el método del densímetro, porque, en general, tendían a ser más alto.

El análisis estadístico de los datos de las diferencias entre los dos métodos muestra que en general son pequeños por el contenido de limo fino y arcilla - la diferencia media es de 0,36 para la arcilla y -0,35 para el limo. La desviación estándar de 1.62 (arcilla) y 1.77 (limo) también confirman la proximidad de los valores.

La mayor variación aparece en la arena, especialmente cuando se considera por separado la arena fina y arena gruesa que presentan los valores medios de las diferencias de alrededor de 5 (en dos fracciones), y desviación estándar de 4.5 (arena fina) y 5.1 (arena). Sin embargo, al comparar los valores de la arena total (Tabla 4), las diferencias se reducen como se muestra en su media y desviación estándar de -0,05 también cae a 3.12.

En general hubo un aumento de la arena gruesa obtenidos con el método del densímetro. Qué explica esta diferencia en las fracciones de arena, que en ambos casos se han obtenido por tamizado, es decir, el mismo procedimiento es probablemente la cantidad de muestra procesada: 20 gramos en el método de la pipeta y 100 gramos en el método del densímetro. Teniendo en cuenta el procedimiento de tamizado, en el que podría causar la pérdida de material (retención de granos en la malla) concluyó que los valores obtenidos por el densímetro representar mejor la distribución de tamaños de partículas de estas fracciones.

4. CONCLUSIONES

El estudio mostró que los resultados obtenidos mediante la aplicación de los dos métodos tienen pequeñas diferencias con el limo fino y arcilla. Las fracciones de arena determinado por tamizado en los dos casos había diferencias importantes. La mayor diferencia puede estar relacionada a la cantidad de material utilizado en cada metodología, ya que el procedimiento para su determinación es por tamizado en ambos casos.

Los resultados indican, por tanto, que los dos métodos producen resultados equivalente que permita la comparación y clasificación de las características texturales de los suelos que se obtengan por una como otra. Cabe señalar, sin embargo, que esta equivalencia se logra sólo cuando todos los parámetros que intervienen en el proceso de sedimentación de partículas en el agua se incluyen en el cálculo de los resultados de la determinación de las fracciones por densimetría, tal como se establece en este trabajo.

Tabla 3. Comparación entre los datos obtenidos con ambos métodos de arcilla y limo fino fracciones.

Perfil	Prof. cm	Arcilla (%)			Limo Fino (%)		
		Pipeta	Densímetro	Diferencia	Pipeta	Densímetro	Diferencia
P1	0 - 20	9,75	13,36	3,61	3,90	1,13	-2,77
	20 - 40	10,95	11,42	0,47	0,90	2,57	1,67
	40 - 60	19,9	20,77	0,87	3,10	1,61	-1,49
	60 - 80	20,35	19,16	-1,19	1,85	2,25	0,40
	80 - 100	12,4	14,16	1,76	4,10	1,29	-2,81
	100 - 120	14,15	15,13	0,98	1,55	3,86	2,31
	120 - 140	18	18,03	0,03	0,85	2,58	1,73
	140 - 160	19,3	18,85	-0,45	0,40	1,93	1,53
	160 - 180	16,8	17,07	0,27	2,00	2,25	0,25
	180 - 200	14,7	16,74	2,04	1,10	2,25	1,15
P2	10 - 20	3,6	2,57	-1,03	2,35	2,25	-0,10
	30 - 40	3,8	2,57	-1,23	0,95	2,09	1,14
	50 - 60	4,25	2,57	-1,68	0,10	2,25	2,15

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

	70 - 80	4,6	3,38	-1,22	1,05	2,25	1,20
	90 - 100	4,35	3,38	-0,97	2,00	1,77	-0,23
	110 - 120	4,55	4,34	-0,21	1,75	0,97	-0,78
	130 - 140	5,1	8,04	2,94	0,95	1,45	0,50
	150 - 160	5,8	9,65	3,85	3,85	2,09	-1,76
	170 - 180	5,75	9,17	3,42	6,90	0,97	-5,93
	190 - 200	5,5	7,72	2,22	5,35	1,61	-3,74
P3	10 - 20	1,05	1,45	0,40	3,60	1,93	-1,67
	30 - 40	1,2	1,29	0,09	3,55	1,61	-1,94
	50 - 60	1,35	3,38	2,03	3,55	1,77	-1,78
	70 - 80	3,9	3,54	-0,36	1,15	2,73	1,58
	90 - 100	3,3	4,34	1,04	1,80	1,77	-0,03
	110 - 120	3	4,02	1,02	2,15	1,61	-0,54
	130 - 140	2,8	3,54	0,74	2,45	1,61	-0,84
	150 - 160	3,5	4,02	0,52	2,05	1,13	-0,92
	170 - 180	3,35	1,61	-1,74	0,95	1,29	0,34
P4	10 - 20	2,1	0,16	-1,94	2,20	1,45	-0,75
	30 - 40	1,9	1,61	-1,74	1,85	0,80	-1,05
	50 - 60	2,25	1,61	-0,64	1,80	1,29	-0,51
	70 - 80	3,6	1,61	-1,99	0,85	1,29	0,44
	90 - 100	1,75	3,05	-0,14	1,85	1,77	-0,08
	110 - 120	2,35	1,93	0,70	1,35	2,41	1,06
			Media	0,36		Media	-0,35
			Desviación Estándar	1,62		Desviación Estándar	1,77

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

Tabla 4. Comparación entre los datos obtenidos con ambos métodos para la arena total.

Encuesta	Prof. cm	Arena Total (%)		
		Pipeta	Densímetro	Diferencia
P1	0-20	88,46	84,00	-4,46
	20 - 40	85,85	86,00	0,15
	40 - 60	75,27	75,62	0,35
	60 - 80	76,22	78,58	2,36
	80 - 100	81,43	82,28	0,85
	100 - 120	81,68	81,01	-0,67
	120 - 140	78,82	79,39	0,58
	140 - 160	77,24	78,58	1,34
	160 - 180	79,18	80,68	1,50
	180 - 200	80,58	81,00	0,42
	P2	10 - 20	94,55	93,56
30 - 40		93,83	93,76	-0,07
50 - 60		93,89	93,43	-0,45
70 - 80		92,93	94,39	1,46
90 - 100		92,11	94,54	2,43
110 - 120		87,96	94,60	6,64
130 - 140		92,61	77,72	-14,89
150 - 160		85,49	83,25	-2,24
170 - 180		86,88	87,50	0,62
190 - 200		88,29	88,64	0,35
P3		10 - 20	92,67	92,67
	30 - 40	94,92	95,36	0,43
	50 - 60	92,58	93,33	0,76
	70 - 80	91,82	93,33	1,51
	90 - 100	93,56	93,47	-0,08
	110 - 120	93,94	94,03	0,09
	130 - 140	93,72	94,45	0,73

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

	150 - 160	93,50	93,86	0,36
	170 - 180	93,33	93,34	0,01
P4	10 - 20	93,28	93,27	0,00
	30 - 40	93,35	93,34	-0,08
	50 - 60	94,70	94,83	-1,35
	70 - 80	92,40	92,41	2,43
	90 - 100	95,03	95,03	-2,62
	110 - 120	94,38	95,56	0,65
			Media	-0,05
			Desviación Estándar	3,12

Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara – pr, Brasil: comparación de dos técnicas para la determinación

Cássia Maria Bonifácio; Maria Teresa de Nóbrega; Hélio Silveira

BIBLIOGRAFÍA

ABNT – NBR7181/84. *Solo: análise granulométrica*. Rio de Janeiro, ABNT, 1984, 13p.

BOUYOUCOS; G.J. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.*, 54:464-465, 1962

EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997, 212p.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para o seu desenvolvimento*. Jaboticabal, FUNEP, 1992, 201p.

SANTOS, R. M.; NÓBREGA, M. T.; PAIVA, R. G.; A paisagem no município de Tamboara-PR e as suas transformações com o avanço do cultivo de cana-de-açúcar. In: *Anais do Encontro Internacional Geografia: Tradições e Perspectivas, Homenagem ao centenário de nascimento de Pierre Monbeig*. São Paulo, 2008.