

# BRAGANTIA

*Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo*

Vol. 22

Campinas, janeiro de 1963

N.º 2

## TÉCNICA PARA O ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA FRAÇÃO AREIA DOS SOLOS (1)

JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETTO, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agro-geologia, Instituto Agrônômico.*

### RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma técnica para o estudo granulométrico da fração areia, sua expressão numérica, representação gráfica e análise estatística.

Foi feito um ensaio preliminar para verificar a partir de que tempo de peneiragem os resultados obtidos se mostravam reprodutíveis. Os tempos de 10, 20 e 30 minutos deram resultados praticamente iguais, revelando também ser pequeno o erro devido a outros fatores.

A aplicação do método de estudo à fração areia de solos provenientes dos arenitos Bauru e Botucatu, do planalto de São Carlos e da Serra de Santana, permitiu evidenciar uma diferença flagrante das distribuições granulométricas respectivas. O emprego da representação gráfica ressaltou o caráter dessas diferenças, confirmadas pelos resultados da análise estatística.

O solo do arenito Botucatu apresenta uma distribuição mais regular, com menor amplitude. A amplitude cresce para os solos da Serra de Santana e planalto de São Carlos e para o arenito Bauru. Nesta última amostra a distribuição é mais regular que naquelas duas.

Em relação à moda, os resultados acusam maior quantidade de fração grosseira nas amostras da Serra de Santana e do planalto de São Carlos, maior predominância de frações finas no arenito Bauru. No arenito Botucatu as duas frações estão mais próximas, predominando ainda a areia fina.

Apesar das restrições da expressão dos resultados ponderais em frequência numérica, o método revelou-se eficiente na comparação da distribuição granulométrica da fração areia de solos provenientes de diversas formações sedimentares.

### 1 — INTRODUÇÃO

A análise do aspecto, das dimensões e da composição do material intemperizado permite, ao lado da paleontologia e do estudo das civilizações pré-históricas, interpretar de forma mais correta as ações do meio sobre as formações superficiais e a gênese dos sedimentos. Os estudos geológicos, pedológicos, de relevo etc., dependem de um conhecimento

(1) Trabalho apresentado e aprovado no 8.º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado de 15 a 30 de julho de 1961, em Belém do Pará. Recebido para publicação em 2 de outubro de 1962.

preciso da ação do clima, pela apreciação do seu efeito sobre as formações superficiais.

A intensidade e duração dos fenômenos de alteração e decomposição serão refletidos pela ausência ou presença de elementos do material original, por exemplo, fragmentos de rocha, e pela ausência ou presença de elementos formados secundariamente: argilas, concreções, nódulos etc. Assim, as dimensões dos grãos correspondem, geralmente, a uma composição mineralógica aproximada (1, 4). Acima de 3 a 4 mm, os grãos representam restos da rocha, formados de vários minerais. Abaixo desse limite dimensional, o material é formado quase exclusivamente por minerais, sendo predominantemente quartzoso abaixo de 2 mm. Abaixo de 0,002 mm predominam as argilas e os óxidos metálicos, em diferentes graus de hidratação. Conseqüentemente, a composição química é mais complexa nos extremos dessa variação dimensional.

Dessa maneira, o estudo granulométrico e mineralógico dos solos, além de ligá-los às rochas que lhes deram origem, podem ainda fornecer indicações sobre o regime morfoclimático atuante (3).

A granulometria é essencialmente o estudo da repartição dos grão por categoria de tamanho. Segundo Pettijohn (8), os propósitos da análise granulométrica são vários:

- 1 — Propor classificação para nomear com precisão os sedimentos.
- 2 — Estudar a influência do tamanho dos grãos na porosidade e permeabilidade.
- 3 — Estudar as relações entre a dinâmica do agente transportador e o transporte das partículas.
- 4 — Estudos quantitativos sobre o facies e problemas correlatos.
- 5 — Identificação do agente ou responsável pela origem dos sedimentos.

No presente trabalho são estudadas a técnica da análise granulométrica e a sua eficiência na distinção de alguns solos provenientes de formações arenosas diversas do Estado de São Paulo.

## 2 — MATERIAL E MÉTODO

Utilizaram-se solos provenientes do arenito Bauru, do arenito Botucatu, dos sedimentos da Serra de Santana e do planalto de São Carlos. Analisando certos perfis, pôde-se verificar que, a partir de determinada profundidade, as distribuições granulométricas e as curvas acumulativas eram constantes (3), estando essas profundidades indicadas no quadro 2, para cada amostra.

As aberturas das malhas, em milímetros, do jôgo de peneiras adotado, estão indicadas nos quadros 1 e 2. Essa escala de abertura de malhas permite:

1 — Obter as porcentagens de areia grossa e areia fina, de acôrdo com a escala internacional de Atterberg.

2 — Representar, grâficamente, em escala logarítmica por pontos regularmente espaçados, por variarem as dimensões em progressão geométrica, cuja razão é  $\sqrt{2}$  (1).

### 2.1 — NATUREZA DOS ERROS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Segundo L. Berthois (1) os erros da análise granulométrica são devidos a:

- erros da amostragem;
- deformação e obstrução das malhas das peneiras;
- perdas de material durante o processo;
- erros de pesagem;
- efeito do atrito ou quebramento.

A retirada de amostras no local é uma operação delicada e que deve ser efetuada com bastante rigor (1, 8, 9, 10). Devem-se delimitar exatamente as camadas, principalmente seguindo as variações de textura, anotando tôdas as características encontradas, devendo cada amostra representar fielmente cada camada. A quantidade de material a ser retirada é condicionada pelo tamanho máximo dos grãos e pela heterogeneidade: quanto maior a quantidade de elementos grosseiros, tanto mais importante ela deverá ser.

Para a peneiragem, utiliza-se uma subamostra, também dependente do tamanho dos grãos, da heterogeneidade do material e da precisão a ser obtida na operação. Quando o tamanho máximo dos grãos não ultrapassa 2 a 3 mm, pode-se operar com 100 g, não importando a heterogeneidade do material. Se aparece uma quantidade grande de elementos grosseiros, a amostra é passada na peneira de 2 mm de abertura de malha e, se a fração menor não ultrapassar 200 g, será utilizada integralmente (1).

Os erros devidos à deformação e obstrução das malhas das peneiras, as perdas de material durante o processo e os efeitos do atrito ou quebramento, dizem respeito à operação da peneiragem pròpriamente dita.

Para que exista a probabilidade de todos os grãos entrarem em contato com as malhas, é necessário que a quantidade retida por uma peneira de 20 cm de diâmetro seja inferior a 40 g (1, 10). A obstrução das malhas é causada por um certo número de grãos, cujo diâmetro é semelhante à abertura, e pela existência de grãos irregulares ou compridos, que a prolongação da operação da peneiragem aumenta a probabilidade de passagem. Os erros, nesse caso, são condicionados pelo número de aberturas da peneira e pela quantidade de grãos capazes de obstruí-la. Um erro de 0,1 g é menos perceptível nas peneiras de grande abertura de malha: numa peneira de 10 cm de diâmetro e 0,500 mm de abertura de malha, bastaria que uma malha em 500 fosse obstruída (1). Assim, há necessidade de uma inspeção rigorosa após a operação. Nas peneiras mais finas o erro é distinguido mais facilmente, porém a desobstrução é mais difícil e a malha mais sujeita à deformação.

Para areias quartzosas, a possibilidade de ocorrência de efeito secundário de quebramento dos grãos por choque é pequena, mesmo em peneiragens prolongadas. Porém, se a composição mineralógica é heterogênea, se ocorrem micas ou elementos organógenos, o quebramento dos grãos torna-se causa de erro importante. L. Berthois (1) recomenda o tempo de 15 minutos para as areias quartzosas, ou mesmo feldspáticas, e 10 minutos para os outros tipos. Outros autores (10), limitam o tempo de peneiragem a 10 minutos, independentemente da composição mineralógica.

A duração da peneiragem deve ser suficientemente longa para permitir que todos os grãos entrem em contato com a malha, porém não pode ser prolongada em excesso, para evitar o efeito do quebramento, pelo atrito ou choque, e a obstrução das malhas (1).

## 2.2 — MARCHA ANALÍTICA

A análise granulométrica foi feita no material seco ao ar, passado na peneira de 2 mm, o que além de fornecer um material homogêneo, permitiu trabalhar com subamostras de 100 g.

Para obter uma subamostra representativa deveria ser utilizado um separador-fracionador mecânico (1). Na sua falta, usou-se uma bandeja metálica onde se colocou toda a amostra, numa camada regular não muito espessa. Com uma pequena colher e por pequenos golpes ao acaso, retirou-se a quantidade necessária para perfazer 100 g.

O limite inferior da abertura da malha deve ser fixado em 0,053 mm ou, mesmo, em 0,074 mm. Abaixo desses limites dimensionais a peneiragem torna-se laboriosa e os resultados menos precisos, além da lei de Stokes começar a ser válida para as partículas inferiores a 0,080 mm, podendo ser utilizada então na determinação de suas quantidades.

A separação das frações finas, argila e silte, foi feita por decantação após dispersão e agitação, obedecendo aos moldes em uso na Seção de Agrogeologia (6). Uma amostra foi passada a úmido na peneira de 0,037 mm de abertura de malha, tendo sido desprezados os grãos menores. A quantidade de areia obtida dessa maneira foi quase igual ao total, pois, a amostra era pobre em frações finas intermediárias.

A areia, livre de argila e silte, foi então colocada no conjunto de peneiras, sendo estas adaptadas a um aparelho do tipo Ro-tape. O aparelho utilizado comportava somente 6 peneiras, obrigando a operar em duas vezes. O tempo de peneiragem foi de 15 minutos e as frações recolhidas sobre cada peneira foram pesadas separadamente. O erro, por perdas ou manipulação, foi mínimo, como se pode constatar nos quadros 1 e 2, onde são apresentados os resultados da análise, juntamente com os totais obtidos pela pesagem da areia antes da peneiragem, à esquerda, e por soma das frações recolhidas, à direita.

### 2.3 — TEMPO DE PENEIRAGEM

Para ajuizar da influência do tempo de peneiragem sobre os resultados, foram feitos alguns ensaios preliminares que constam do quadro 1.

1 — Uma amostra foi peneirada durante 10, 20 e 30 minutos (T-2561).

2 — Outra amostra foi peneirada durante 30 minutos, pesando-se a cada 10 minutos a quantidade de material retido pelas peneiras, sendo ele então repostado na peneira correspondente; obtiveram-se, assim, os tempos de peneiragem de 10 minutos,  $10 + 10 = 20$  minutos e  $10 + 10 + 10 = 30$  minutos (T-2606).

Tanto num processo como noutro, os resultados foram muito semelhantes, principalmente em porcentagens acumuladas. A maior variação ocorreu nas peneiras que retêm maior quantidade de grãos, nunca atingindo, porém, o erro admissível na análise (1). Baseados nesses resultados, adotou-se o tempo de peneiragem de 15 minutos.

QUADRO 1. — Ensaio de tempo de peneiragem. Porcentagens da fração areia, em relação ao peso seco da amostra. Em itálico são apresentadas as porcentagens acumuladas

Amostra	Quantidade inicial de areia em gramas	Tempo de peneiragem em minutos	Abertura das malhas em milímetros										
			0,840	0,590	0,420	0,297	0,210	0,147	0,105	0,074	0,053	0,037	0,020
T-2561	86,7	10	3,2	5,3	10,9	19,5	19,2	18,5	4,3	2,9	1,4	1,0	0,4
			<i>3,2</i>	<i>8,5</i>	<i>19,4</i>	<i>38,9</i>	<i>58,1</i>	<i>76,6</i>	<i>80,9</i>	<i>83,8</i>	<i>85,2</i>	<i>86,2</i>	<i>86,6</i>
			3,1	5,3	10,4	19,9	19,0	19,1	4,2	2,9	1,5	1,0	0,4
606	89,9	20	<i>3,1</i>	<i>8,4</i>	<i>18,8</i>	<i>38,7</i>	<i>57,7</i>	<i>76,8</i>	<i>81,0</i>	<i>83,9</i>	<i>85,4</i>	<i>86,4</i>	<i>86,8</i>
			3,1	5,3	10,4	19,4	19,3	18,8	4,4	3,2	1,3	1,1	0,4
			<i>3,1</i>	<i>8,4</i>	<i>18,8</i>	<i>38,2</i>	<i>57,5</i>	<i>76,3</i>	<i>80,7</i>	<i>83,9</i>	<i>85,2</i>	<i>86,3</i>	<i>86,7</i>
606	89,9	30	1,5	3,8	6,3	12,4	25,8	26,8	5,7	4,2	1,9	1,2	0,3
			<i>1,5</i>	<i>5,3</i>	<i>11,6</i>	<i>24,0</i>	<i>49,8</i>	<i>76,6</i>	<i>82,3</i>	<i>86,5</i>	<i>88,4</i>	<i>89,6</i>	<i>89,9</i>
			1,4	3,7	5,9	11,5	24,7	28,8	5,4	4,6	2,1	1,3	0,5
606	89,9	30	<i>1,4</i>	<i>5,1</i>	<i>11,0</i>	<i>22,5</i>	<i>47,2</i>	<i>76,0</i>	<i>81,4</i>	<i>86,0</i>	<i>88,1</i>	<i>89,4</i>	<i>89,9</i>
			1,4	3,7	5,8	11,3	23,9	29,8	5,2	4,8	2,1	1,3	0,5
			<i>1,4</i>	<i>5,1</i>	<i>10,9</i>	<i>22,2</i>	<i>46,1</i>	<i>75,9</i>	<i>81,1</i>	<i>85,9</i>	<i>88,0</i>	<i>89,3</i>	<i>89,8</i>

QUADRO 2. — Resultados da análise granulométrica da fração areia, em porcentagem sobre o peso total da amostra, dos solos: P-545c = arenito Bauri; T-2549 = planalto de São Carlos; T-2688 = Serra de Santana; T-2699 = arenito Botucatu

Amostras		Abertura das malhas em milímetros											Totais				
Número	Profundidade no perfil em centímetros	Quantidade da fração areia em gramas	0,840	0,590	0,420	0,297	0,210	0,147	0,105	0,074	0,053	0,037	0,020	Fração areia	Areia grossa >0,210	Areia fina <0,210	Totais
P-545c	150	68,6	0	0,1	0,5	5,0	14,0	22,5	6,0	—	11,7*	—	8,6*	68,4	19,6	48,8	
T-2549	250	64,0	1,1	3,5	5,7	8,1	12,6	19,8	4,4	2,8	2,4	3,4	—	63,9	31,1	32,8	
T-2688	290	76,1	2,7	3,0	4,0	9,2	13,7	28,0	5,9	3,9	0,5	—	6,0*	76,0	32,6	43,4	
T-2699	56	85,5	0	0,2	2,1	9,9	14,1	21,0	11,4	12,6	8,0	—	5,8*	85,1	26,3	58,8	

\* Os dados assinalados acumulam a fração anterior.

## 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 — REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A expressão dos resultados da análise granulométrica em frequência ponderal admite que o peso da areia, que constitui o resíduo de uma peneira, representa a expressão da frequência (quadros 1 e 2). Essa expressão apresenta, entretanto, o inconveniente de considerar que uma partícula grosseira, de peso determinado, seja o equivalente sedimentar de um certo número de partículas menores. Esse fato não pode ser justificado por nenhuma consideração de ordem hidrodinâmica, como se vê no exemplo fornecido por L. Berthois (1): 0,1 g de sedimentos quartzosos podem conter 15 grãos de diâmetros compreendidos entre 2,062 e 1,458 mm, ou 42.000 compreendidos entre 0,129 e 0,091 mm. Todavia, quando se trata de amostras de peso considerável, os métodos de transformação da frequência ponderal em frequência numérica, são por demais laboriosos e impraticáveis (1).

A representação gráfica dos resultados é feita por histogramas e curvas acumulativas, nas quais as dimensões das malhas, em escala logarítmica, são colocadas nas abscissas e as porcentagens, simples ou acumuladas, nas ordenadas (1, 8, 10), como se pode ver nas figuras anexas.

Uma forma cômoda de visualizar, numericamente, o comportamento da amostra é o emprêgo da análise estatística (2, 3, 5, 8, 10).

Determinou-se, graficamente, a posição da mediana,  $M$ , na interseção da curva com a linha dos 50%, representando o diâmetro acima e abaixo do qual são encontrados exatamente 50% do material. O primeiro quartel ( $Q_1$ ) corresponde, por convenção, ao diâmetro que tem 75% dos grãos maiores e 25% menores do que êle, ao passo que o diâmetro do terceiro quartel ( $Q_3$ ) tem 25% de grãos maiores e 75% menores do que êle.

Os outros valores da análise estatística são:

1) O desvio aritmético dos quartéis,  $QDa = (Q_3 - Q_1) / 2$ , que expressa o afastamento entre os quartéis e a mediana;

2) O coeficiente de seleção,  $So = \sqrt{Q_3/Q_1}$ . Se o índice de seleção for menor que 2,5, a amostra pode ser considerada bem selecionada; se for maior que 4,5, é mal selecionada; a seleção normal corresponderia ao índice 3,00;



3) O grau aritmético de simetria,  $Ska = (Q_3 + Q_1 - 2M)/2$ . Se fôr igual a zero, o total da granulação compreendida entre o 1.º e o 3.º quartéis possui a mediana equidistante dos dois extremos;

4.º) O grau geométrico de assimetria,  $Sk = (Q_1 \times Q_3)/M^2$ . Quando  $Sk = 1$ , a mediana coincide com a moda, isto é, com o valor mais freqüente da distribuição.

Os diversos valores da análise estatística podem ser vistos no quadro 3.

QUADRO 3. — Análise estatística aplicada à granulometria dos solos: *P-545c* = arenito Bauru; *T-2549* = planalto de São Carlos; *T-2688* = Serra de Santana; *T-2699* = arenito Botucatu. *M* = mediana; *Q<sub>3</sub>* = 3.º quartel; *Q<sub>1</sub>* = 1.º quartel; *S<sub>0</sub>* = coeficiente de seleção:  $\sqrt{Q_3/Q_1}$ ; *QDa* = desvio aritmético dos quartéis:  $(Q_3 - Q_1)/2$ ; *Ska* = grau aritmético de simetria:  $(Q_1 + Q_3 - 2M)/2$ ; *Sk* = grau geométrico de simetria:  $(Q_1 \times Q_3)/M^2$

Amostras	M	Q <sub>3</sub>	Q <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	QDa	Ska	Sk
	mm	mm	mm				
P-545c .....	0,095	0,192	0,0913	12,1	0,095	+0,0016	0,027
T-2549 .....	0,150	0,246	0,095	7,0	0,120	-0,024	0,055
T-2688 .....	0,167	0,252	0,025	3,17	0,113	-0,028	0,23
T-2699 .....	0,137	0,215	0,063	1,8	0,076	+0,002	0,73

### 3.2 — DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No quadro 2 estão representados os resultados da análise granulométrica: a amostra *P-545c* refere-se a um perfil da Estação Experimental de Pindorama, no arenito Bauru (7); a amostra *T-2549* foi retirada no planalto de São Carlos, no arenito Bauru (3); a amostra *T-2688* foi retirada na Serra de Santana (3); a amostra *T-2699* pertence a um perfil do arenito Botucatu, no km 188,4 da rodovia Washington Luiz (3).

O exame dos histogramas (figura 1) revela uma diferença sensível entre a amostra *T-2699* e as outras; sua fração areia apresenta grãos mais grossos e mais finos que a moda (0,147 a 0,210) bastante bem repartidos. Nas outras, a distribuição é menos regular, porém, somente a amostra *P-545c* contém uma fração fina mais importante do que as outras.

Pode-se observar, também, que as amostras *P-545c* e *P-2699* não apresentam, praticamente, grãos maiores que 0,590 mm, ao contrário das outras duas, principalmente *T-2688*, que contém ainda uma quantidade razoável de grãos maiores que 0,840 mm.

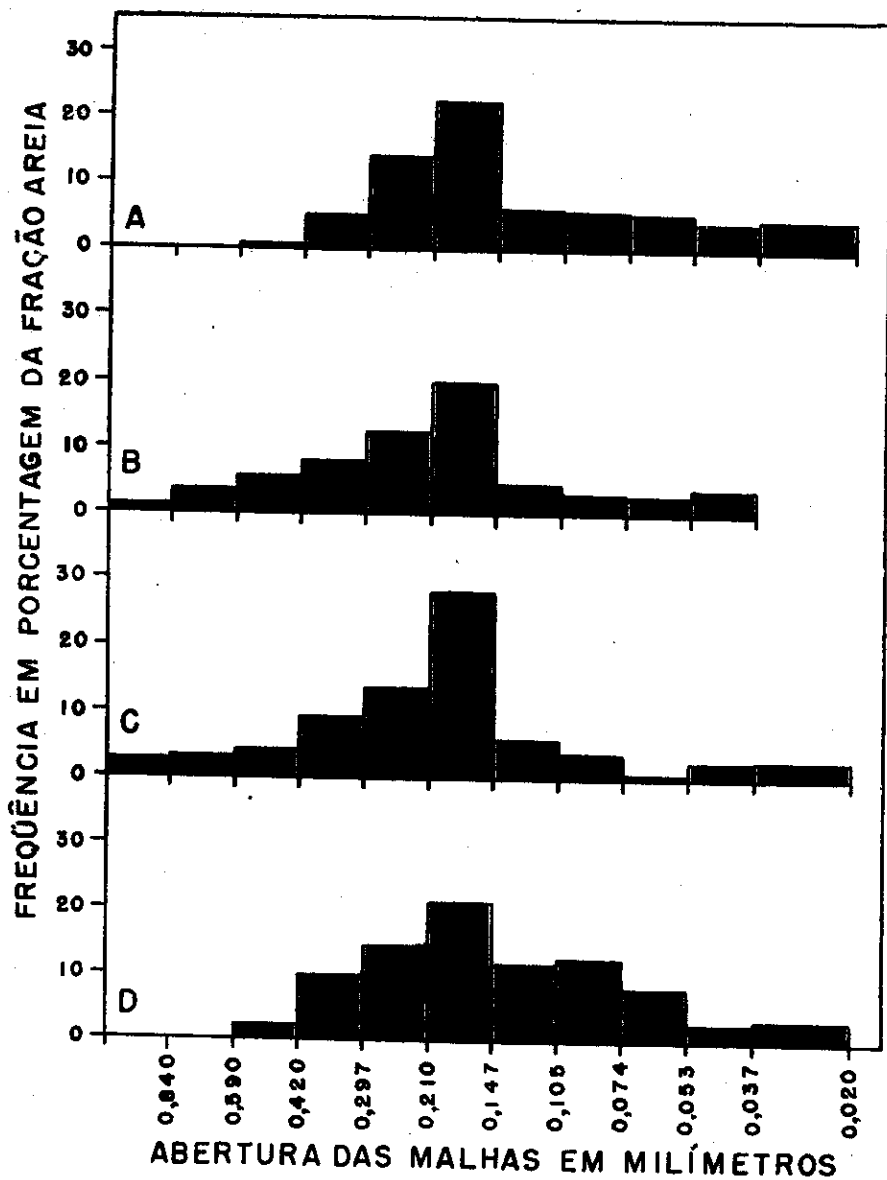


FIGURA 1. — Distribuição granulométrica da fração areia de alguns tipos de solo do Estado de São Paulo: A) P-545e — arenito Bauru da Estação Experimental de Pindorama; B) T-2549 — planalto de São Carlos; C) T-2688 — Serra de Santana; D) T-2699 — arenito Botucatu.

Outro fato que ressalta do exame dos histogramas é a posição da moda, localizada em todos os casos na fração 0,147-0,210 mm, que na amostra *T-2688* sobressai com maior nitidez.

As curvas acumulativas (figura 2) repetem algumas das observações feitas para os histogramas: a representação da amostra *T-2699* é mais regular, não apresentando a quebra brusca causada pela rarefação da fração fina. Essa quebra é menor para a amostra *P-545c* do que para as duas restantes, mostrando melhorar a distribuição na fração fina. As frações grosseiras nas amostras *T-2549* e *T-2688* também aparecem com bastante evidência.

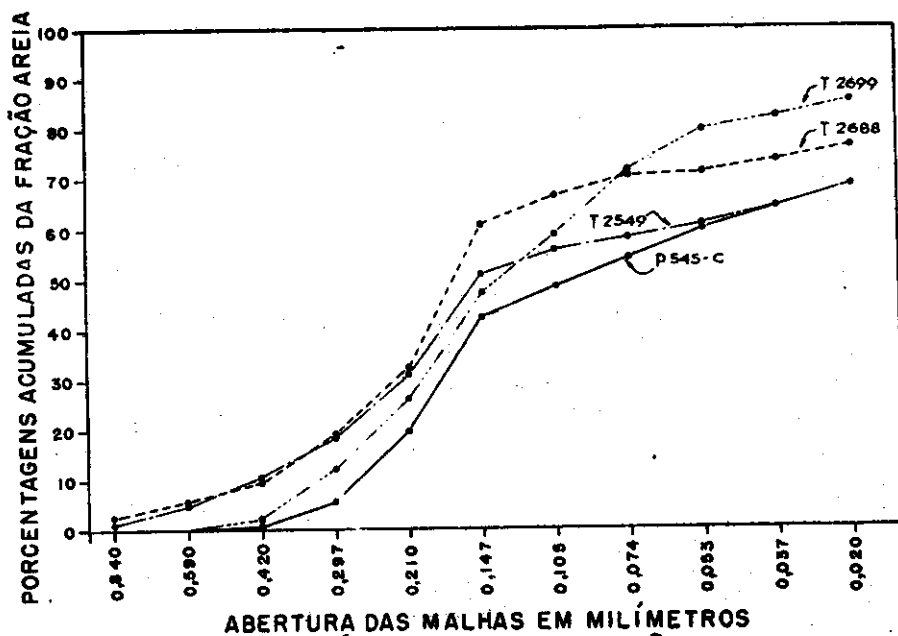


FIGURA 2. — Curvas acumulativas da fração areia de alguns tipos de solo do Estado de São Paulo: *P 545-c* — arenito Bauru; *T 2549* — planalto de São Carlos; *T 2688* — Serra de Santana; *T 2699* — arenito Botucatu.

Pode-se observar, ainda, na figura 2, que a amostra *T-2699* é bem mais arenosa do que as outras, diminuindo a porcentagem de *T-2688* a *T-2549* e a *P-545c*.

Comparando-se os totais de areia grossa e areia fina das amostras (quadro 2), com a distribuição granulométrica, representada nos histogramas e curvas acumulativas, percebe-se a precariedade das determinações correntes para o conhecimento granulométrico da fração areia. Esses resultados indicam ser a areia fina dominante, principalmente nas

amostras *P-545c* e *T-2699*. Tomando como limite a posição da moda (quadro 4), constante para tôdas elas (0,210-0,147 mm), a situação é algo diversa.

QUADRO 4. — Porcentagens em péso dos grãos de areia, em relação à moda, nos solos: *P-545c* = arenito Bauru; *T-2549* = planalto de São Carlos; *T-2688* = Serra de Santana; *T-2699* = arenito Botucatu

Amostras	Grãos maiores que a moda	Moda inf. a 0,210 mm sup. a 0,147 mm	Grãos menores que a moda	Total
<i>P-545c</i> .....	19,6	22,5	26,3	68,4
<i>T-2549</i> .....	31,1	19,8	13,0	63,9
<i>T-2688</i> .....	32,6	28,0	15,4	76,0
<i>T-2699</i> .....	26,3	21,0	37,8	85,1

Sòmente na amostra *P-545c* a fração arenosa menor que a moda é nitidamente dominante. A amostra *T-2699* apresenta um maior equilíbrio entre as frações finas e grosseiras, ao passo que nas restantes a fração grosseira é muito mais abundante. Fica evidenciada, também, a irregularidade da distribuição, exceção feita da *T-2699*.

Ao apreciar os resultados da análise estatística (quadro 3) deve-se lembrar que êles são calculados para a amostra total, silte e argila incluídos (3).

O desvio aritmético dos quartéis (*QDa*), mostra que o afastamento entre os quartéis e a mediana decresce sucessivamente de *T-2549*, para *T-2688*, *P-545c* e *T-2699*. Isso indica que a distribuição granulométrica, entre os limites dos quartéis, é mais larga em *T-2549*, diminuindo de amplitude para *T-2699*.

Uma das amostras é bem selecionada (*T-2699*) ao passo que o coeficiente de seleção (*So*) das outras é normal (*T-2688*) ou medíocre (*T-2549* e *P-545c*). O índice de seleção dá idéia da distribuição, podendo-se concluir que a amostra *T-2699* apresenta distribuição granulométrica mais homogênea e de menor amplitude.

A variação de *Ska*, grau aritmético de simetria, indica que a amplitude da distribuição de duas amostras (*T-2688* e *T-2549*) é maior do lado fino, ao passo que nas outras duas (*P-545c* e *T-2699*) essa amplitude seria mais pronunciada do lado grosseiro.

O grau geométrico de assimetria (*Sk*), indica que a mediana de *T-2699* se acha mais próxima da moda do que nas outras amostras. Os valores de *Sk* decrescem de *T-2688* para *T-2549* e *P-545c*, mostrando

haver uma diminuição da homogeneidade da amostra, com maior afastamento da mediana do valor mais freqüente da distribuição.

Esses resultados confirmam as observações feitas anteriormente, sobre as diferenças encontradas na representação das amostras: *T-2699* e *P-545c* possuem uma fração grosseira menos importante que *T-2688* e *T-2549*. A repartição granulométrica de *T-2699*, mais homogênea, de menor amplitude, está mais próxima de uma curva de distribuição normal.

#### 4 — CONCLUSÕES

A aplicação de um método de estudo detalhado da fração areia, em alguns tipos de solos arenosos do Estado de São Paulo, permitiu ressaltar diferenças entre as suas distribuições granulométricas.

Os resultados são reprodutíveis a partir de 10 minutos de peneiragem. As diferenças verificadas pela variação do tempo de peneiragem são muito pequenas e sem influências para a apreciação dos resultados.

A expressão dos resultados, em freqüência ponderal, sofre restrições do ponto de vista hidrodinâmico, porém, é muito eficiente no tocante à análise das diferenças existentes entre as amostras.

Assim, a amostra proveniente de solo do arenito Botucatu apresenta uma distribuição mais regular, denotando maior homogeneidade. Todos os cálculos estatísticos comprovam essa observação.

A amostra proveniente de solo do arenito Bauru mostra maior amplitude da distribuição, porém, é mais regular do que as das amostras provenientes do planalto de São Carlos e da Serra de Santana.

Avulta a presença de maior quantidade de grãos grosseiros nas amostras da Serra de Santana e planalto de São Carlos. O emprêgo da análise estatística serve para ressaltar êsses aspectos.

#### A METHOD FOR EVALUATING SAND PARTICLE SIZE DISTRIBUTION IN SOILS

##### SUMMARY

A technique that proved itself satisfactory for determining the sand particle size distribution in certain soils and for its numerical and graphical representation is described.

Samples from soils of the two most important sedimentary rocks of the state of São Paulo, "arenito Bauru" and "arenito Botucatu" were used, as well as soil samples from the "São Carlos" and "Santana" plateaus. A preliminary test was carried out to determine the minimum sieving period necessary for a satisfactory separation. Periods of 10, 20, and 30 minutes were compared and gave nearly the same results. For further determinations a 15 minute sieving period was used.

The sand particle size distribution of the "arenito de Botucatu" samples was more uniform and had a narrower range than the others. The distribution range of

the samples widened in the following order: "Santana", "São Carlos", and "arenito de Bauru". The last sample had a more uniform size distribution than the other two.

Fractions coarser than the mode predominated in the samples from "Santana" and from "São Carlos"; particles finer than the mode predominated in the "arenito de Bauru"; the fractions coarser and finer than the mode were about equal in the "arenito de Botucatu".

### LITERATURA CITADA

1. BERTHOIS, L. *Tecniqne de l'analyse granulométrique*. Paris, École Pratique des Hautes Études, Lab. Géom., 1956. Mém. 6. 76 p.
2. BJÖRNBERG, A. J. S. Rochas elásticas do Planalto de Poços de Caldas. São Paulo, Fac. Fil. Cienc. Let. Bol. 237. Geol. 18:(65)-122. 1959.
3. CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ, J. P. (NETO). Os sedimentos da Serra de Santana. Trabalho apresentado ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, 1960. (A publicar).
4. DERRUAU, M. *Précis de Géomorphologie*. Paris, Masson & Cie., 1956. 164 fig. 50 pl.
5. FREITAS, R. O. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da série BAURU (Estado de São Paulo). São Paulo, Fac. Fil. Cienc. Let. Bol. 194. Geol. 14. 1955. 185 p.
6. MEDINA, H. PENA. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. Trabalho apresentado ao VI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Salvador, Bahia, 1957. [Mimeografado].
7. PAIVA, J. E. (NETO), KÜPPER, A. [e outros] Estudos pedológicos da Estação Experimental de Pindorama. [Não publicado].
8. PETTIJOHN, F. J. *Sedimentary Rocks*. New York, Harper and Brothers, 1949.
9. TWENHOFEL, W. H. *Principles of sedimentation*. New York, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1939. 610 p.
10. ——— & TYLER, S. A. *Methods of Study of Sediments*. New York, McGraw-Hill Book Co, Inc., 1941. 183 p.