

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de S. Paulo

Vol. 22

Campinas, janeiro de 1963

N.º 1

Red. Tec Bragantia

A GRANULOMETRIA DA FRAÇÃO AREIA DOS SOLOS DA SERRA DE SANTANA (1)

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

RESUMO

O método de análise granulométrica foi aplicado sistematicamente ao estudo da fração areia de alguns perfis de solo da Serra de Santana. As amostras de cada perfil foram colhidas obedecendo às variações morfológicas encontradas, principalmente texturais. Após passar em peneira de 2,0 mm de abertura de malha, foram tomadas subamostras de 100 g que, após separação da argila e do limo, foram passadas no conjunto de peneiras.

Os resultados obtidos mostraram uma diminuição da porcentagem da fração areia com o aumento de profundidade, havendo estabilização a certa distância da superfície.

Essa diminuição em profundidade não se repartiu igualmente por tôdas as classes de tamanho. De modo geral, a diminuição das porcentagens das partículas maiores que 0,147 mm foi maior do que a verificada para areia total, ao mesmo tempo que se registrou um aumento das porcentagens das partículas menores que 0,147 mm. Admite-se seja esse nítido aumento das frações finas, menores que 0,147 mm, causado por um arrastamento mecânico em profundidade, pela água gravitacional.

1 — INTRODUÇÃO

A intensidade e a duração dos fenômenos responsáveis pela formação do solo vão influenciar várias de suas características, como o tamanho das partículas elementares que o compõe. Pode-se, assim, encontrar fragmentos de rocha, minerais residuais ou elementos de neo-formação, com propriedades diversas e, sobretudo, tamanho variável. Esses elementos vão constituir a textura, que será assim definida pela distribuição das partículas elementares em classes de tamanho (3, 7).

Durante o processo de evolução a que está sujeito o solo, certas camadas poderão individualizar-se, sob o ponto de vista textural, devido aos fenômenos de eluviação e iluviação (1). Aparecem horizontes,

(1) Trabalho apresentado e aprovado no 8.º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado de 15 a 30 de junho de 1961, em Belém do Pará. Recebido para publicação em 4 de outubro de 1962.

cujas características texturais são uma conseqüência das migrações. A definição dos fenômenos migratórios, através da análise granulométrica, é feita quase sempre em função das frações mais finas, principalmente coloidais, havendo poucas referências ao comportamento das frações grosseiras (9).

A textura é, assim, uma das características mais utilizadas para a definição e comparação dos solos. Entretanto, os métodos correntes de análise granulométrica (6) não permitem apreciar a distribuição das partículas em classes de tamanho, por fornecerem um número insuficiente de dados, dificultando, assim, o estudo da textura no perfil. Alguns autores (3, 5) subdividem a fração areia em maior número de classes de tamanho, porém raramente são encontradas representações integrais da granulometria (10).

Utilizou-se uma técnica de análise granulométrica da fração areia, para comparar amostras provenientes de perfis de diversas formações sedimentares do Estado de São Paulo (9). Neste trabalho é empregado o mesmo método para estudar a textura em diversas camadas dos perfis de solo da Serra de Santana, analisando assim o seu comportamento em profundidade e trazendo novos elementos para o estudo de sua gênese.

2 — MATERIAL E MÉTODO

O estudo sistemático do material sedimentar que recobre a Serra de Santana, feito através da análise granulométrica e estatística, revelou constância bastante grande dos resultados (2). Infere-se, daí, ter sofrido êsse "plateau", uma sedimentação bastante homogênea.

Os perfis estudados representam solos desenvolvidos nesse material, e correspondem a posições topográficas as mais diversas: baixada (T-2659), pé de encosta (T-2556, T-2649), meia encosta pouco inclinada (T-2574, T-2654) e meia encosta inclinada (T-2591, T-2606).

As amostras analisadas, representando diversas camadas do perfil, foram coletadas obedecendo às variações morfológicas, principalmente texturais. Suas profundidades estão indicadas no quadro 1.

A técnica de análise foi descrita em trabalho anterior (9). Depois de secas ao ar, as amostras foram passadas na peneira de 2 mm de abertura de malha. Subamostras de 100 gramas foram retiradas, adicionando-se dispersante e agitando-se, segundo os moldes clássicos da análise granulométrica (6).

O limo e a argila foram separados por dois processos, que forneceram resultados muito próximos (9): por decantação das frações maiores que o limo ($> 0,02$ mm) e por peneiragem a úmido, na peneira de 0,037 mm de abertura de malha. As aberturas das peneiras, indicadas no quadro 1, obedeceram à escala de Tyles (9). O tempo de peneiragem

foi de 15 minutos, tendo sido utilizado um aparelho do tipo Ro-tap. As frações recolhidas em cada peneira foram pesadas, separadamente, e os resultados são expressos em porcentagem.

A técnica da análise refere-se somente à fração areia. Assim, a argila e o limo foram calculados juntos, por diferença entre o peso da amostra e o total da areia.

A representação gráfica foi feita por intermédio de polígonos de frequência (figuras 1 e 2) e curvas acumulativas (figura 3) (4).

3 — RESULTADOS

As porcentagens totais da fração areia diminuem em profundidade, estabilizando-se, porém, a partir de determinada camada, como se pode ver comparando os resultados apresentados no quadro 1.

Nos perfis T-2556 e T-2659 o diâmetro mais freqüente na superfície é 0,297 mm e, em profundidade, passa a ser 0,147 mm. As porcentagens dos diâmetros superiores a 0,147 mm diminuem em profundidade, com tendência à estabilização a partir de 70-80 cm, no perfil T-2556, e de 200-210 cm, no perfil T-2659. A variação das porcentagens dos diâmetros inferiores a 0,147 mm se faz em sentido inverso, isto é, aumentando em profundidade até as mesmas camadas.

O perfil T-2649 apresenta a mesma inversão de diâmetro mais freqüente em profundidade. A variação em profundidade das porcentagens das frações maiores e menores que 0,147 mm se faz de forma análoga à vista anteriormente, com tendência à estabilização na camada *d* (100-110 cm).

Nos perfis T-2574 e T-2654 o diâmetro mais freqüente muda de 0,210 mm, na superfície, para 0,147 mm em profundidade. A diminuição e aumento das porcentagens das frações maiores e menores do que 0,147 mm são mais nítidos no perfil T-2654. Nos dois perfis também registra-se tendência à estabilização dos resultados a partir das mesmas camadas 70-80 cm.

Em tôdas as camadas do perfil T-2591 o diâmetro mais freqüente é 0,210 mm. Os valores das frequências dos diâmetros vizinhos são muito próximos. As variações em profundidade são mais nítidas nas frações mais finas e nas intermediárias, não se registrando nenhuma tendência à estabilização dos resultados.

Finalmente, em tôdas as camadas do perfil T-2606 o diâmetro mais freqüente é 0,147 mm. O comportamento desse perfil com o aumento da profundidade é semelhante aos anteriores, diminuindo a variação das porcentagens a partir de 60-70 cm.

Em todos os perfis, as porcentagens do diâmetro 0,147 mm apresentam a menor variação relativa em profundidade, com tendência a di-

QUADRO I. — Distribuição granulométrica da fração areia em diferentes camadas de vários perfis, em porcentagens da amostra seca ao ar, e medidas estatísticas, em milímetros

Camadas e profundidades — cm	Abertura de malhas em milímetros										Totais		Medidas estatísticas			
	0,840	0,590	0,420	0,297	0,210	0,147	0,105	0,074	0,053	0,037	0,020	Fração areia	Argila + limo, inferior a 0,037 mm	Mediana M	Terceiro quartel Q ₃	Primeiro quartel Q ₁
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm
PERFIL T-2556																
a. 0-10	2,6	5,3	10,2	23,1	20,1	21,2	3,9	2,0	1,3	0,7	—	90,4	9,6	0,255	0,380	0,167
b. 30-40	2,5	5,3	9,8	21,0	19,1	20,9	4,5	2,7	1,5	0,8	—	88,1	11,9	0,242	0,373	0,156
c. 70-80	2,3	4,5	9,5	20,9	19,0	21,4	4,6	—	4,5(1)	1,0	—	87,8	12,2	0,235	0,365	0,154
d. 120-130	2,6	4,7	9,0	20,1	19,0	21,7	4,6	3,0	1,6	0,9	—	87,2	12,8	0,232	0,363	0,152
PERFIL T-2659																
a. 0-10	9,2	12,1	22,9	22,9	18,4	20,1	3,4	2,2	0,8	0,7	—	89,8	10,2	0,267	0,397	0,167
b. 60-90	7,1	11,5	21,7	21,7	17,9	20,9	3,9	2,5	1,1	0,8	—	87,4	12,6	0,247	0,378	0,157
c. 120-130	7,0	11,1	21,1	21,1	17,5	20,0	3,7	2,8	1,2	1,0	—	86,4	14,6	0,240	0,375	0,152
d. 200-210	7,1	10,0	19,8	19,8	17,0	20,6	4,0	2,8	1,4	1,1	—	83,8	16,2	0,226	0,365	0,140
e. 300-310	8,1	10,0	19,0	19,0	16,4	21,1	4,1	3,0	1,4	1,1	—	84,2	15,8	0,226	0,370	0,140
PERFIL T-3649																
a. 0-10	7,8	9,8	22,9	21,3	21,3	21,2	3,9	2,7	1,2	0,7	—	91,5	8,5	0,253	0,375	0,168
b. 60-70	6,6	8,6	19,9	21,1	22,4	4,5	3,0	1,5	1,0	1,0	—	88,6	11,4	0,255	0,355	0,156
c. 100-110	6,5	8,6	19,9	19,9	22,1	4,3	3,4	1,7	1,1	1,1	—	87,5	12,5	0,228	0,350	0,152
d. 170-180	7,1	8,2	19,0	19,5	21,9	4,7	3,1	2,0	1,3	1,3	—	86,8	13,2	0,224	0,348	0,148
e. 230-240	6,4	8,5	19,4	19,8	22,2	4,5	3,5	1,8	1,1	1,1	—	87,0	13,0	0,226	0,348	0,150
PERFIL T-2574																
a. 0-10	7,1	7,2	16,6	27,0	24,6	24,6	3,9	2,7	—	—	2,1(2)	91,2	8,8	0,232	0,335	0,164
b. 40-50	7,3	7,4	16,8	26,2	23,1	4,2	2,5	2,6	—	—	—	89,1	10,9	0,230	0,340	0,158
c. 70-80	7,6	7,8	16,3	23,7	22,1	3,9	3,0	3,0	—	—	—	87,4	12,6	0,227	0,340	0,152
d. 150-160	7,1	6,9	16,1	23,5	23,6	4,3	3,0	2,9	—	—	—	87,4	12,6	0,221	0,330	0,152

(Continua)

QUADRO 1. — (Continuação)

Camadas e profundidades — cm	Abertura de malhas em milímetros										Totais		Medidas estatísticas				
	0,840	0,590	0,420	0,297	0,210	0,147	0,105	0,074	0,053	0,037	0,020	Fração areia	Argila + limo, inferior a 0,037 mm	Mediana M	Terceiro quartel Q ₃	Primeiro quartel Q ₁	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	
PERFIL T-2654																	
a. 0-10	12,1	17,1	10,2	22,3	20,6	3,9	2,4	2,5 ⁽¹⁾	90,9	9,1	0,252	0,394	0,167				
b. 70-80	10,1	16,8	19,0	19,8	19,8	4,3	5,5	3,6	86,2	13,8	0,231	0,380	0,146				
c. 160-160	10,1	16,2	19,7	21,1	17,9	4,3	3,5	3,4	86,4	13,6	0,226	0,365	0,148				
d. 260-260	10,6	15,3	19,6	20,8	18,6	4,3	3,2	3,5	86,7	13,3	0,228	0,375	0,150				
e. 400-410	13,1	15,0	18,3	18,6	18,6	4,1	2,8	3,8	85,6	14,4	0,237	0,397	0,146				
PERFIL T-2591																	
a. 0-10	2,0	7,8	21,6	21,7	18,8	2,8	2,3	—	83,2	16,8	0,235	0,350	0,151				
b. 70-80	2,6	4,6	7,7	19,4	20,1	2,9	2,3	—	80,0	20,0	0,227	0,347	0,108				
c. 120-130	2,3	4,1	7,1	18,8	19,6	3,0	2,4	—	78,8	21,2	0,217	0,340	0,86				
PERFIL T-2606																	
a. 0-10	4,8	6,5	11,7	24,8	28,7	5,6	4,1	3,6 ⁽²⁾	89,8	10,2	0,205	0,290	0,150				
b. 30-40	4,5	6,3	12,6	23,8	26,7	6,1	3,6	4,2	87,8	12,2	0,200	0,289	0,137				
c. 60-70	5,3	7,2	12,6	21,7	24,4	5,3	4,4	4,8	85,7	14,3	0,199	0,297	0,115				
d. 100-110	5,4	6,6	12,1	21,5	24,9	5,8	3,9	5,2	86,4	13,6	0,197	0,293	0,113				
e. 140-160	4,8	5,0	11,3	20,9	26,7	5,6	5,0	6,0	86,3	13,7	0,191	0,283	0,107				
f. 210-220	4,6	5,8	11,4	22,0	26,3	5,9	4,5	5,0	85,5	14,5	0,193	0,280	0,111				

(1) Valor incluindo a fração anterior.

(2) Valor incluindo as duas frações anteriores.

minuir o valor da frequência nos perfis T-2574, T-2606, T-2654 e a aumentar nos T-2649 e T-2659. Nas frações grosseiras as maiores variações, em números relativos, são registradas nos diâmetros 0,210 mm e 0,297 mm. Na parte fina, as variações na frequência do diâmetro 0,105 mm dos perfis T-2574, T-2591 e T-2606 são pequenas, tornando-se mais nítidas abaixo de 0,074 mm. Nos outros perfis, o aumento nas porcentagens já começa a ser mais sensível a 0,105 mm.

O maior aumento em profundidade das frações finas, menores que 0,147 mm, ocorreu nos perfis T-2556, T-2606, T-2649, T-2654 e T-2659. Todos êles, com exceção do T-2606, apresentam maiores porcentagens de frações grosseiras ($> 0,147$ mm). O perfil T-2606, entretanto, apresentou a maior quantidade de areia fina ($< 0,147$ mm.).

Os polígonos de frequência (figuras 1 e 2) tornam evidentes os aspectos já discutidos: inversões do diâmetro mais freqüente com o aumento da profundidade (figuras 1-A e 2-B), a maior estabilidade relativa do diâmetro 0,147 mm e os aumentos e diminuição das frações mais finas e mais grosseiras que 0,147 mm.

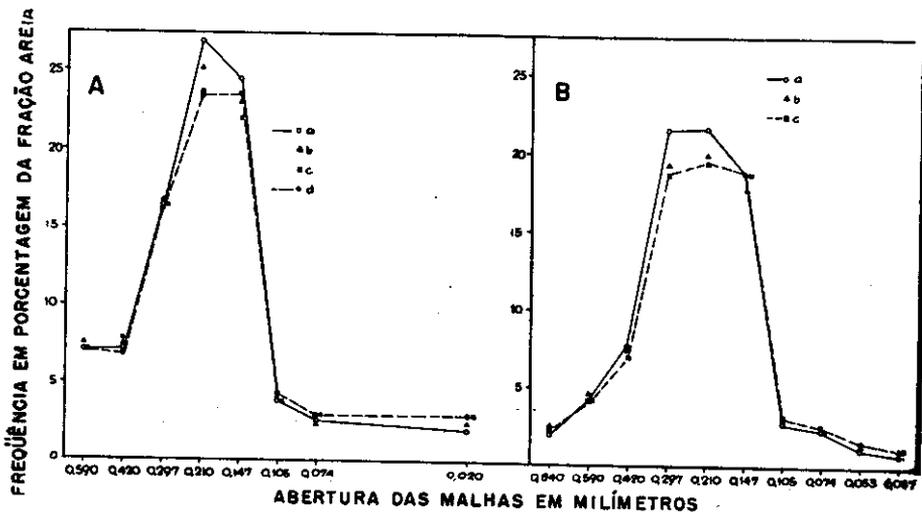
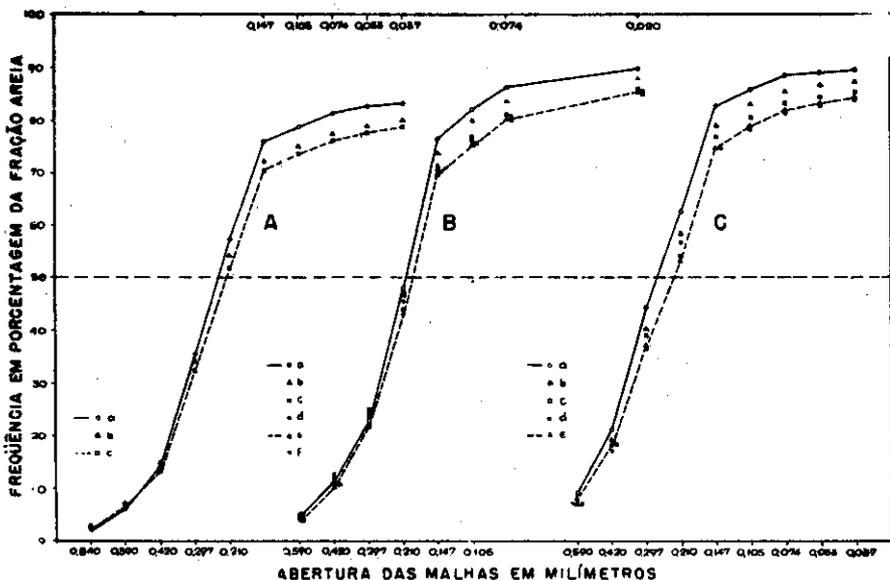
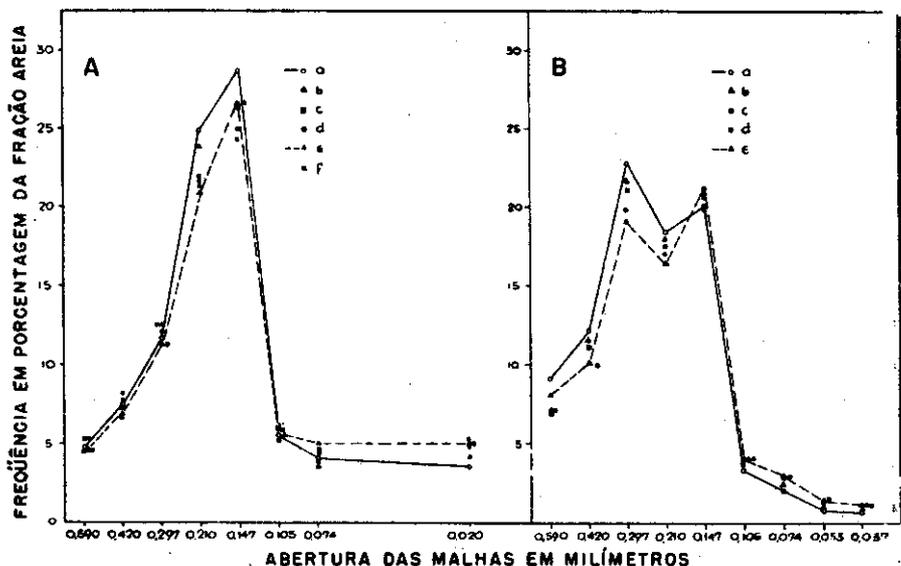


FIGURA 1. — Polígonos de frequência da fração areia nas diversas camadas dos perfis: A — T 2574 e B — T 2591. As profundidades das camadas estão indicadas no quadro 1.

Os perfis T-2556 e T-2649 apresentam polígonos de frequência muito semelhantes ao de T-2659 (figura 2-B); não foram, por isso, representados.

A representação gráfica em curvas cumulativas (figura 3) permite apreciar a variação global até determinado diâmetro, por representar o saldo existente em relação à curva padrão. Há um aumento nítido das



frações limo + argila em profundidade. A partir das camadas vistas anteriormente, as curvas praticamente se recobrem.

As camadas superficiais são mais grosseiras e o afastamento entre as curvas cresce das frações grosseiras às finas, até o diâmetro 0,147 mm. A partir daí, tornam-se quase paralelas, havendo uma tendência à aproximação, mais nítida em algumas delas (figura 3-B e 3-C). Isso quer dizer que até o diâmetro 0,147 mm há uma diminuição das freqüências com a profundidade e, a partir desse diâmetro, os aumentos contrabalançam parte das perdas.

A diminuição do valor do diâmetro do terceiro quartel (Q_3) com a profundidade (quadro 1) é, em números absolutos, menor do que o da mediana (M), com exceção da amostra T-2654, onde é ligeiramente superior. A diminuição do diâmetro do primeiro quartel (Q_1), com a profundidade, é menor do que a da mediana nas amostras T-2556, T-2649, T-2654, T-2659; é aproximadamente igual em T-2574 e consideravelmente maior em T-2591 e T-2606. Ainda, a variação, em números absolutos, do diâmetro do primeiro quartel, nos primeiros quatro perfis referidos, é menor do que a do terceiro quartel.

A variação desses valores, no perfil, mostra, mais uma vez, que a diminuição da fração areia não se reparte igualmente em todas as classes de tamanho. De outra forma, os afastamentos em Q_1 seriam sempre maiores que os anteriores.

4 — CONCLUSÕES

Nos perfis de solo da Serra de Santana registrou-se aumento, com a profundidade, das porcentagens de **argila + limo**, e diminuição, correspondente, das porcentagens de areia.

A diminuição, das porcentagens da fração areia com a profundidade, não se reparte igualmente por todos os diâmetros. Há um decréscimo nas freqüências dos diâmetros maiores do que 0,147 mm, superior ao acréscimo da argila + limo. As freqüências dos diâmetros abaixo de 0,147 mm registram, por outro lado, um aumento com a profundidade. Portanto, a diminuição da porcentagem de areia, com aumento da profundidade, é igual à diferença entre a diminuição das frações grosseiras ($> 0,147$ mm) e o aumento das finas ($< 0,147$ mm). Pode-se supor serem as frações grosseiras as mais estáveis, pois, as maiores variações ocorrem com as frações finas.

As variações registradas com a profundidade nas porcentagens de **argila + limo** estão relacionadas com as assinaladas acima para a areia. As maiores variações das porcentagens das diversas classes de tamanho da areia ocorrem entre a camada superficial e a camada de acumulação das partículas coloidais e do limo, a partir da qual se encontra uma tendência à estabilização de todas as freqüências.

Esse fenômeno é geral e independe da posição topográfica das amostras. Todavia, o aumento com a profundidade das porcentagens das frações finas é, geralmente, maior nos perfis onde também é maior a quantidade de frações grosseiras, justamente nos perfis de baixada.

As causas dessas variações, tão intimamente relacionadas, devem ser as mesmas. A heterometria do material facilita a penetração e a circulação da água no perfil. O aumento das partículas coloidais e do limo, com a profundidade, seria uma conseqüência dessa circulação da água e esse fenômeno atingiria, também, as frações finas da areia, que seriam arrastadas mecânicamente em profundidade. A possibilidade de movimentação da areia fina seria tanto maior, quanto maior a quantidade de areia grossa no perfil, isto é, onde a heterogeneidade do material fôsse maior.

SAND PARTICLE DISTRIBUTION IN SOIL PROFILES OF THE "SERRA SANTANA"

SUMMARY

Seven profiles, representing different locations, were used for this study on particle size distribution.

In every profile studied, the weight of sand decreased with depth, whereas that of clay and silt increased. The variation in the amount of sand at different depths, however, was not equal for all size fractions. Coarse sand (> 0.147 mm) decreased with depth, but fine sand (< 0.147 mm) increased as far as the accumulation horizon of clay and silt. The total decrease in the amount of sand with depth is thus equivalent to the difference resulting from the reduction in weight of coarse sand (> 0.147 mm) plus the increase in fine sand (< 0.147 mm).

The increase of fine particles such as clay, silt and fine sand with depths is attributed to mechanical migration with the gravity water.

V

LITERATURA CITADA

1. AUBERT, G. Curso de pedologia tropical. Paris, O. R. S. T. O. M., 1957. (Datilografado).
2. CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ, J. P. (Neto). Os sedimentos da Serra de Santana. Trabalho apresentado ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Brasília, 1960. (A publicar).
3. DUCHAUFOR, Ph. Pédologie: applications forestières et agricoles. Nancy, Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 1956. 310 p.
4. KRUMBEIN, W. C. & PETTIJOHN, F. J. Manual of sedimentary petrography. New York, Appleton-Century-Crofts, Inc., 1938. 549 p.
5. McCLUNG, A. C., MARTINS DE FREITAS, L. M. (e outros). Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. *Bragantia* 17:(29):43. 1598.
6. MEDINA, H. PENNA. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. Trabalho apresentado ao VI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Salvador, Bahia, 1957. (Mimeografado).

7. PLAISANCE, G. & CAILLEUX, A. Dictionnaire des sols. Paris, Maison Rustique, 1958. 604 p.
8. QUEIROZ, J. P. (NETO). Notas preliminares sôbre a geologia e estrutura da Serra de Santana, Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol. 9(2):(13)-23. 1960.
9. _____ . Técnica para o estudo granulométrico da fração areia dos solos. (A publicar).
10. RANZANI, G. Levantamento da carta de solos da seção técnica "Química Agrícola", da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 1956. 36 p.