

ANÁLISE DE AGREGADOS DE SOLOS (*)

F. GROHMANN

Engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico

RESUMO

Neste trabalho apresentamos o método de análise de agregados estáveis de solos, pela peneiragem lenta, em água. Em tal método seleciona-se da massa do solo uma subamostra de 25 gramas, que é empregada na determinação dos agregados do solo. Obtém-se, desse modo, uma distribuição de agregados estáveis em água, em várias classes de tamanhos.

Como prétratamento usou-se o umedecimento lento da amostra, por meio de um atomizador, e repouso de 24 horas antes de se proceder à análise. Este prétratamento aumentou a estabilidade dos agregados. Os resultados da agregação são apresentados como porcentagem dos agregados maiores que uma classe de tamanho tomada como base.

A representação da agregação a partir do diâmetro médio compensado é um ótimo índice da agregação do solo. Vários métodos podem ser usados para representar a agregação de um solo, a partir dos resultados obtidos pela peneiragem em água. Dentre estes, os mais recomendáveis são aqueles que se utilizam de um simples número para sua representação.

Dois tipos de solos com usos variáveis foram estudados: massapê e terra-roxa-legítima.

1 — INTRODUÇÃO

A areia, o limo e a argila são partículas unitárias ou elementares do solo. O arranjo dessas partículas unitárias determina a estrutura do solo. Agregados são elementos estruturais do solo formados pela agregação daquelas partículas unitárias. Conseqüentemente, a estrutura de um solo vai depender da intensidade com que essas partículas se acham agregadas.

A estrutura age direta ou indiretamente sobre o solo. Diretamente, afetando a penetração das raízes, a aeração do solo, a penetração e conservação da umidade; indiretamente, afetando a fertili-

(*) Trabalho apresentado ao VII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Piracicaba, São Paulo, de 20 a 30 de julho de 1959.

Recebido para publicação em 31 de julho de 1959.

dade do solo, pois muitas reações químicas e bioquímicas tem lugar na área superficial apresentada pelos agregados.

A tendência para desintegrar, que apresenta uma massa irregular de solo, formando agregados menores, pela ação da umidade, é uma das mais significantes propriedades dinâmicas do solo, de que lançamos mão para o estudo da agregação.

O método de análise de agregados tem por objetivo determinar a quantidade e distribuição do tamanho dos agregados que são estáveis em água. Caracteriza êste método de análise a agitação lenta, dentro d'água, de uma amostra de solo, por um tempo arbitrário. As frações da amostra original que permanecem em uma ou várias classes de tamanhos são usadas para descrever a condição estrutural da amostra inicial do solo.

A técnica inicial da peneiragem em água, de Tiulim, foi modificada por Yoder (15), que introduziu um dispositivo mecânico para agitar a amostra de solo dentro d'água. A peneiragem é feita em uma série de peneiras com aberturas variáveis. Por meio de um dispositivo especial o conjunto, tendo na peneira superior a amostra a ser analisada, é agitado dentro d'água, por um tempo determinado.

Os resultados da pesagem dos agregados, classificados por tamanho, são apresentados em porcentagem da amostra inicial. Êste método é usado para separação de agregados com até 0,1 mm de diâmetro (5). Os agregados menores que 0,1 mm de diâmetro são obtidos por processos de sedimentação ou elutriação.

Com essa técnica obtivemos a distribuição dos agregados do solo em diferentes classes de tamanho, e a partir dêstes dados podemos avaliar o estado de agregação do solo.

2 — MATERIAL E MÉTODO

A análise dos agregados estáveis em água, apresentada neste trabalho, refere-se aos tipos de solo massapê e roxa-legítima. O solo massapê é derivado de rochas como o gnaiss, granito, micaxistos etc. A roxa-legítima provém das rochas diabásicas (3). A camada de 0-30 centímetros de profundidade foi objeto de nosso estudo, cuja caracterização granulométrica é apresentada no quadro 1.

Utilizando a técnica de Yoder (15), em nosso trabalho empregamos peneiras com as características seguintes:

<i>U.SBS n.º da peneira</i>	<i>Designação Tyler em "mesh"</i>	<i>Designação ASTM micros</i>	<i>Abertura da malha em milímetros</i>
10	9	2 000	2,0
18	16	1 000	1,0
35	32	500	0,5
60	60	250	0,25
70	65	210	0,21
140	150	105	0,105

O limite inferior de tamanho de malha, por nós usado, é 0,21 mm de diâmetro, em virtude de, na classificação granulométrica de Atterberg, ser êsse tamanho o limite para a fração areia grossa (8).

QUADRO 1. — Análise granulométrica de dois tipos de solo, sob diferentes condições de uso

Tipo e uso do solo	Areia grossa	Areia fina	Limo	Argila
	%	%	%	%
Massapê de pasto	8,3	50,0	18,3	23,5
Massapê cultivado anualmente	9,5	43,0	22,0	25,5
Roxa-legítima de mata	2,5	23,5	34,0	40,0
Roxa-legítima cultivada anualmente	4,7	23,3	24,0	48,0

A série de peneiras é adaptada a um dispositivo mecânico que apresenta um movimento de oscilação vertical de 5 centímetros de amplitude. O número de oscilações do aparelho é de 26 por minuto, ficando a amostra durante 15 minutos em agitação.

O conjunto de peneiras, tendo a amostra inicial de solo na peneira superior, é agitado dentro de um recipiente com água destilada, a qual é renovada depois de cada análise. A figura 1 dá uma idéia do conjunto, mostrando as diversas partes do aparelho (1).

As peneiras são dispostas no aparelho de modo a ficarem em escala decrescente de abertura de malha. Cheio o recipiente com água destilada colocamos nêle a série de peneiras, de tal modo que uma pequena lâmina de água apareça acima das malhas da peneira superior, quando as peneiras estiverem na posição superior do ciclo de oscilação. Funcionando o aparelho por tempo estabelecido obtém-se em cada peneira uma quantidade de agregados. Abre-se o sifão do recipiente e esgota-se a água. As peneiras são retiradas e os agregados, depois de secos, são pesados, referindo-se os resultados em porcentagem do pêsso da amostra original. Obtém-se, dêste modo, uma distribuição de agregado, estáveis em água, de acôrdo com classes de tamanhos. A figura 2 mostra várias classes de tamanhos de agregados.

2. 1 — AMOSTRAGEM

De maneira geral, é a camada superficial do solo (0,30 cm) a que mais se presta para o estudo de agregados, em vista de ser nessa camada que deverão ser pesquisadas quaisquer modificações nas propriedades físicas do solo, produzidas pelo uso do mesmo. Quando empregamos rotação de culturas, adubação mineral ou orgânica, incorporação de adubos verdes, cultivos mecânicos especiais etc., é a camada superficial do solo que vai mostrar a influência de tais práticas agronômicas. Esse tipo de análise poderá ser feito em todo perfil, especialmente no estudo do adensamento de certos horizontes que ocorrem em nossos solos.

Retirada a amostra de solo é ela deixada secar ao ar. Alguns autores (3, 6) preferem fazer uma peneiragem no próprio campo, com o solo, ainda com certo teor de umidade, empregando peneira com abertura de malha variável, e depois as amostras são deixadas secar ao ar. Outros pesquisadores (1), no entanto, secam ao ar a amostra, tal qual ela vem do campo, para depois ser peneirada em malha de diâmetro variável, com o fim de selecionar a amostra a ser analisada.

Em nossos trabalhos procuramos uniformizar o mais possível a retirada da amostra, a qual deve sofrer o mínimo de deformação e

(1) Aparelho idealizado e confeccionado pelo Eng.º Agr.º Cyro Côrte Brilho, do Instituto Agronômico.

ANÁLISE DE AGREGADOS

PENEIRAGEM EM ÁGUA

ESC.-1:4

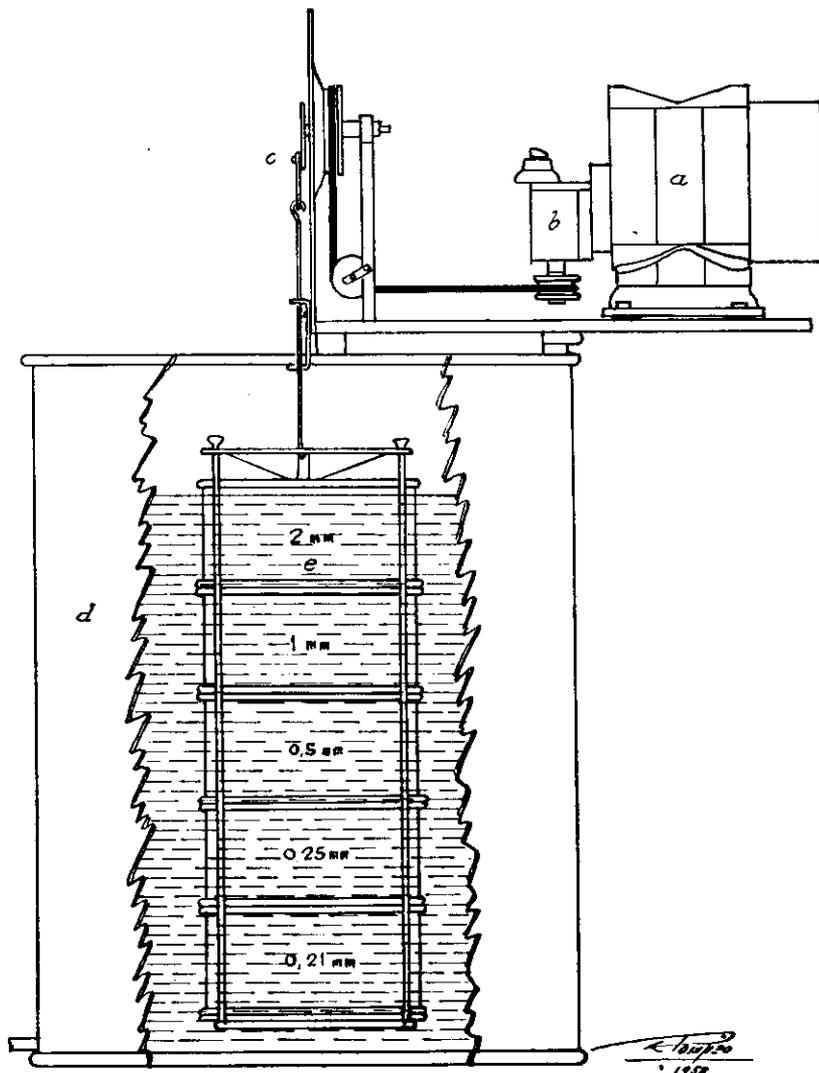


FIGURA 1. — Esquema do aparelho para análise de agregados do solo pelo método da peneiragem dentro da água: a — motor; b — redutor de velocidade; c — excêntrico; d — recipiente de água; e — conjunto de peneiras.

deixar-se secar ao ar, lentamente. Para a análise de egragados usamos a fração do solo que passou em malha de 7 mm e ficou retida na peneira de 4 mm. A seleção de uma subamostra de solo, para a análise de agregados, apresenta a vantagem da redução da variabilidade dos resultados de agregação (10), o que não se consegue quando usamos a amostra integral.

E ainda mais, os fatores pessoais que poderão afetar a preparação da amostra são grandemente eliminados pela seleção de uma subamostra de tamanho uniforme, da massa total do solo. Dessa subamostra tomamos 25 g para a análise de agregados, quantidade essa que apresentou maior uniformidade de resultados em determinações preliminares.

2. 2 — PRÉTRATAMENTO DA AMOSTRA

É a fase mais importante, como também a mais controvertida, na análise de agregados do solo. Inicialmente, no método original estabelecida por Tiulim, a amostra de solo era umedecida lentamente por capilaridade, durante 30 minutos. Em seguida era transferida para o conjunto de peneiras, para a agitação em água.

Yoder (15) sugere que a análise dos agregados deve ser feita com amostras secas ao ar. Bryant e outros (2) preferem saturar a amostra por um determinado tempo, antes de se proceder à análise de agregados. Hubbell (7), em estudos sobre a estrutura do solo, trabalhou sempre com amostras secas ao ar. Alderfer (1) usa a imersão da amostra durante 12 horas. Laws (9) também preconiza a imersão da amostra antes da análise de agregados.

Evans (3) preconiza o umedecimento da amostra do solo até mais ou menos a umidade equivalente, variando a duração desse umedecimento. Para amostras superficiais, menor duração, e para amostras mais profundas o umedecimento vai até 24 horas.

Russel e Tamhane (13), estudando o assunto, mostram que o umedecimento da amostra de solo afeta profundamente a estabilidade dos agregados. Quanto mais rápido for o umedecimento, menor será a sua estabilidade, portanto maior será a sua desintegração. Masurak (11) prefere o umedecimento da amostra no vácuo.

Considerando as várias maneiras de se umedecer a amostra, a imersão se caracteriza por produzir uma maior separação dos agregados do que quando ela é umedecida por capilaridade. O umedecimento lento da amostra por meio de um atomizador (13) é o que

produz a menor desintegração dos agregados, sendo, todavia, o umedecimento no vácuo aquêle que, praticamente, não os altera.

Como empregamos camada superficial do solo, 0-30 cm, que apresenta alguns centímetros de espessura mais secos que o resto da camada, preferimos como prétratamento da amostra o umedecimento lento por meio de um atomizador, sendo a análise feita após o decurso de 24 horas. Com êsse prétratamento procuramos manter na amostra um teor de umidade próximo àquele que pode ser encontrado no solo quando êle estiver úmido.

2. 3 — MARCHA ANALÍTICA

A marcha analítica adotada para a determinação da distribuição dos agregados estáveis em água, foi a apresentada a seguir.

a) Coleta, no campo, de uma quantidade suficiente de solo, com estrutura natural, com um mínimo de deformação.

b) O material foi sêco ao ar, no laboratório. Da massa total do solo tomamos uma subamostra, constituída pelo material que passou em peneira de 7 mm e ficou retido na de 4 mm (essa operação deve ser feita suavemente).

c) Da subamostra tomamos 25 gramas, que foram umedecidas por meio de atomizador. Deixou-se em repouso durante 24 horas.

d) Transferiu-se a amostra para a peneira superior do aparelho de peneiragem em água e agitou-se durante 15 minutos.

e) Depois da agitação os agregados de cada peneira foram transferidos para copos, por meio de jato de água.

f) Secou-se o material em estufa e determinou-se o pêso de agregados em cada classe de tamanho, exprimindo-o como porcentagem da amostra inicial. Obteve-se, dêsse modo, a distribuição dos agregados estáveis em água de acôrdo com as várias classes de tamanhos.

4 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 2 apresentamos os resultados da distribuição dos agregados estáveis em água, obtidos pela peneiragem dentro d'água, segundo a marcha descrita. Como vemos, a distribuição das diferentes classes de tamanhos de agregados é variável dentro do mesmo solo, evidenciando dêste modo o uso sofrido pelo mesmo.

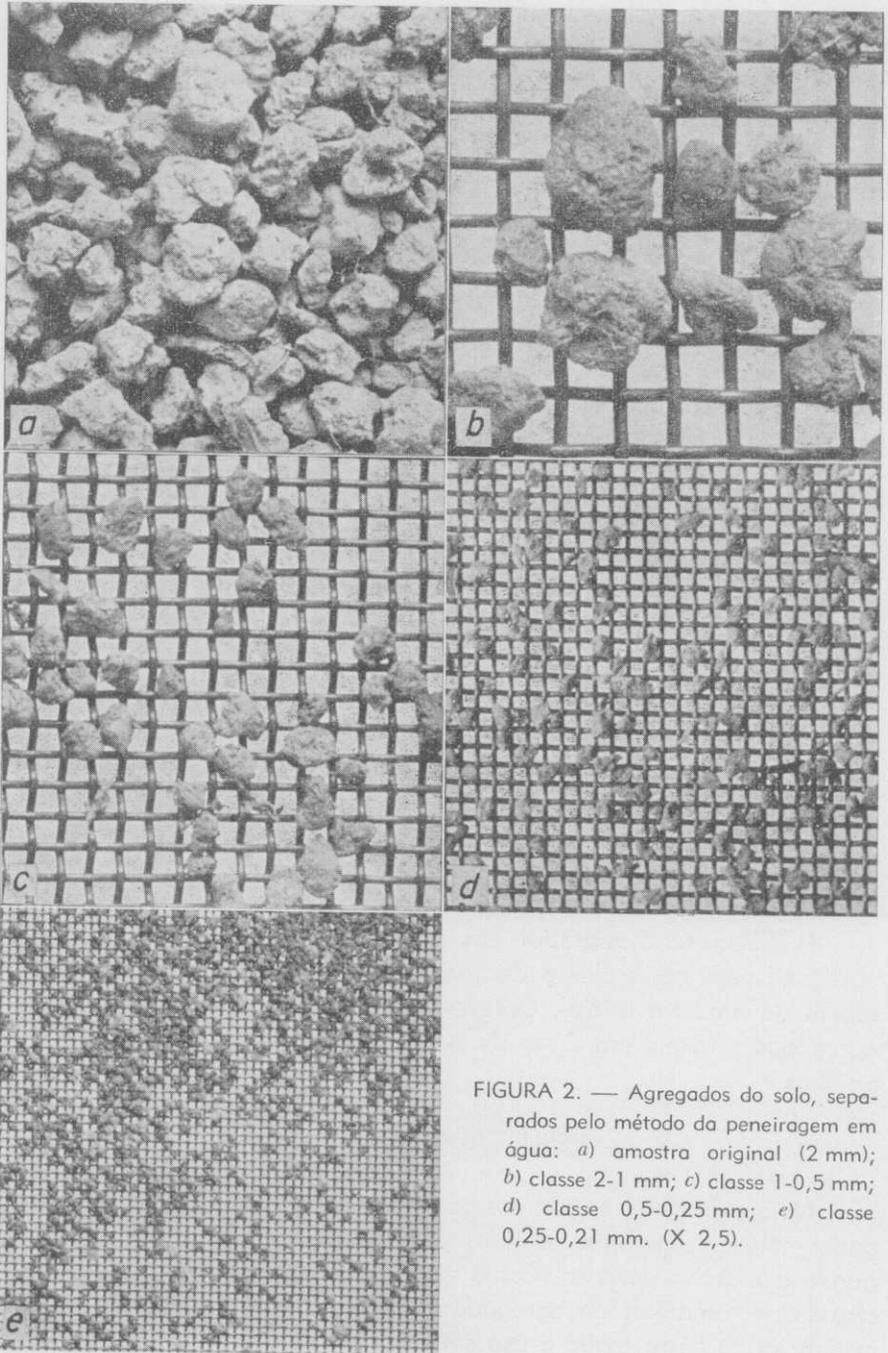


FIGURA 2. — Agregados do solo, separados pelo método da peneiragem em água: *a*) amostra original (2 mm); *b*) classe 2-1 mm; *c*) classe 1-0,5 mm; *d*) classe 0,5-0,25 mm; *e*) classe 0,25-0,1 mm. (X 2,5).

QUADRO 2. — Distribuição dos agregados estáveis em água, obtida pelo método da peneiragem dentro da água, em dois tipos de solos, sob diferentes condições de uso

Classes dos agregados em mm	SOLO MASSAPÊ		SOLO ROXA-LEGÍTIMA	
	pasto	cultivado anualmente	mata	cultivado anualmente
	%	%	%	%
> 2	94,8	70,8	85,8	67,2
2-1	1,2	6,5	0,4	13,5
1-0,5	1,0	3,2	0,2	6,2
0,5-0,25	0,6	4,1	0,2	4,6
0,25-0,21	0,3	0,9	0,1	0,9
< 0,21	2,1	14,5	13,7	7,6

Com os resultados apresentados desejamos, inicialmente, mostrar a distribuição dos agregados nos tipos de solos estudados, sem todavia nos preocuparmos com o uso sofrido pelo mesmo. Este assunto está sendo objeto de pesquisas, cujos resultados serão apresentados oportunamente.

No quadro 3 verificamos a influência do prétratamento da amostra, quando umedecida com atomizador e deixada em repouso durante 24 horas, para em seguida se proceder à análise de agregados. Nota-se a grande estabilidade das amostras umedecidas, comparadas com as que não sofreram prétratamento.

Pelo exame dos dados do quadro 4, relacionados com o solo tipo roxa-legítima, verifica-se o grande aumento da estabilidade dos agregados quando sofreu o prétratamento. Isto mostra que todo trabalho mecânico no solo deve ser executado quando ele apresentar um teor adequado de umidade, pois do contrário estaríamos concorrendo para diminuir a sua agregação, pulverizando-o cada vez mais.

Obtida a distribuição dos agregados pelo método da peneiragem em água, precisamos escolher a maneira de expressar a agregação do solo, a partir dos dados obtidos. Os métodos pelos quais a agregação do solo pode ser expressa são os seguintes (14):

- a) média do diâmetro-pêso (mean weight diameter);
- b) porcentagem dos agregados > 2 mm;

QUADRO 3. — Influência do prétratamento da amostra na distribuição dos agregados do solo tipo Massapê, em pastagem e cultivado anualmente

Uso do solo	Tratamento da amostra	Distribuição dos agregados em classes de tamanho dado em mm					
		> 2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,21	< 0,21
Pastagem	sêca ao ar	% 80,8	% 7,2	% 3,9	% 3,6	% 0,6	% 3,9
	umedecida com atomizador	94,8	1,2	1,0	0,6	0,3	2,1
Cultivado anualmente	sêca ao ar	36,0	11,1	6,6	9,8	2,7	33,8
	umedecida com atomizador	70,8	6,5	3,2	4,1	0,9	14,5

- c) porcentagem dos agregados > 1 mm;
- d) porcentagem dos agregados $> 0,25$ mm;
- e) média geométrica (geometric mean);
- f) distribuição normal logarítmica (logarithmic-normal distribution) (4).

No quadro 5 apresentamos a agregação do solo como porcentagem dos agregados maiores do que determinado tamanho, tomado como base. Verifica-se que os solos massapê de pasto e roxa-legítima de mata apresentam agregação elevada em agregados > 2 mm, enquanto que a roxa-legítima cultivada apresenta a menor agregação. Considerando-se os agregados $> 0,25$ verifica-se que a roxa-legítima cultivada apresenta elevada agregação, o que vem demonstrar o grau de pulverização que sofreu esse solo.

No quadro 6 apresentamos os resultados de agregação pela média aritmética do diâmetro dos agregados. Verifica-se que a terra-roxa-

QUADRO 4. — Influência do prétratamento da amostra na distribuição dos agregados do solo terra-roxa-legítima, de mata e cultivado anualmente

Uso do solo	Tratamento da amostra	Distribuição dos agregados em classes de tamanho dado em mm					
		> 2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-< 0,21	< 0,21
Mata	sêca ao ar	%	%	%	%	%	%
	umedecida com atomizador	84,2	1,1	0,5	0,4	0,1	13,7
Cultivado anualmente	sêca ao ar	48,2	13,2	13,0	13,1	2,0	10,5
	umedecida com atomizador	67,2	13,5	6,2	4,6	0,9	7,6

-legítima cultivada apresenta o menor diâmetro médio, mostrando, uma vez mais, a intensidade de trabalho mecânico sofrido por êsse solo.

Os métodos **a**, **e** e **f**, como medida da agregação do solo, que serão futuramente apresentados, utilizam tôdas as classes de tamanhos para expressar a agregação do solo. Nestes métodos um simples número é obtido, o qual vai caracterizar a distribuição das várias classes de tamanho dos agregados.

5 — CONCLUSÕES

- a) Na análise de agregados o emprêgo de uma subamostra de solo reduz a variabilidade dos resultados de agregação.
- b) A menor desintegração dos agregados é obtida quando o

QUADRO 5. — Porcentagem de agregação do solo, tomando-se como base limites variáveis de tamanho de agregados, em mm

Uso e tipo de solo	Agregados em mm de diâmetro			
	> 2	> 1	> 0,5	> 0,25
	%	%	%	%
Massapê em pasto	94,8	96,0	97,0	97,6
Massapê cultivado	70,8	77,4	80,6	84,7
Roxa-legítima em mata	85,8	86,2	86,4	86,6
Roxa-legítima cultivada	67,2	80,7	86,9	91,6

umedecimento da amostra é feito lentamente, por meio de um atomizador.

c) Os solos massapê de pasto e roxa-legítima de mata apresentam agregação elevada em agregados > 2 mm.

d) O solo roxa-legítima cultivado anualmente apresenta agregação elevada em agregados > 0,25 mm.

e) Os solos massapê de pasto e roxa-legítima cultivados anualmente apresentam a maior e menor média aritmética do diâmetro de agregados, respectivamente.

QUADRO 6. — Representação da agregação do solo, tomando-se por base a média aritmética do diâmetro dos agregados

Tipo de solo e uso	Média aritmética do diâmetro
Massapê em pasto	5,24
Massapê cultivado anualmente	4,05
Solo roxa-legítima em mata	4,74
Solo roxa-legítima cultivado anualmente	3,97

SOIL AGGREGATE ANALYSIS

SUMMARY

The wet-sieving method as a measure of the size distribution of water-stable aggregates, is presented. Two types of soils are studied. Twenty five grs of a sub-sample of the total mass of soil was taken. The aggregate analysis reported in this paper were made on soil samples that were dry-sieved to pass through a 7 mm sieve and be retained on a 4 mm sieve. The pretreatment of the sample showed an increase in water-stable aggregates. The samples were moistened by a fine spray with an atomizer.

The results of aggregation are presented by the selection of one single size class for comparative studies.

Procedures which utilize all size fractions to express aggregation are the best method to express the results.

The fraction greater than 2.000 mm of the soil studied in this paper showed a very high aggregation when in grassland or woodland, and low aggregation when the soil was intensively plowed.

LITERATURA CITADA

1. ALDERFER, R. B. & MERKLE, F. G. The measurement of structural stability and permeability and the influence of soil treatment upon these properties. *Soil Sci.* 51:201-212. 1941.
2. BRYANT, J. C., BENDIXEN, T. W. & SLATER, C. S. Measurement of the water-stability of soils. *Soil Sci.* 65:341-345. 1948.
3. EVANS, D. D. Effect of prewetting and incubation of soil on aggregate analyses. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18:10-12. 1954.
4. GARDNER, W. R. Representation of soil aggregate-size. Distribution by a logarithmic-normal distribution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20:151-153. 1956.
5. GESSNER, H. L'analyse mécanique. Tamisage-sédimentation-lévigation. Paris, Dunod. 1936. p. 171.
6. HAISE, R. H., JENSEN, L. R. & ALESSI, J. The effect of synthetic soil conditioners of soil structure and production of sugar beets. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:17-19. 1955.
7. HUBBELL, D. S. & STATEN, G. Studies on soil structure. New Mexico, Agr. Exp. Sta. 1951. 53p. (Technical Bul. 363)
8. KILMER, V. J. & ALEXANDER, L. T. Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 68:15-24. 1949.
9. LAWS, W. D. & EVANS, D. D. The effect of long-time cultivation on some physical properties of two rendzine soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:15-19. 1949.
10. MARTIN, W. P., TAYLOR, G. S., ENGIBOUS, J. C. & BURNETT, E. Soil and crop responses from field application of soil conditioners. *Soil. Sci.* 73:455-471. 1952.
11. MAZURAK, A. P. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. *Soil Sci.* 69:135-148. 1950.
12. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. [e outros]. Observações gerais sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
13. RUSSEL, E. W. & TAMHANE, R. V. The determination of the size distribution of soils clods and crumbs. *J. Agric. Sci.* 30:[210]-234. 1940.
14. SCHALLER, F. W. & STOCKINGER, K. R. A. A comparison of five methods of expressing aggregation data. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17:310-313. 1953.
15. YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *J. Amer. Soc. Agron.* 28:337-351. 1936.