

# BRAGANTIA

*Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo*

Vol. 22

Campinas, outubro de 1963

N.º 50

## ESTADO DE AGREGAÇÃO DA TERRA-ROXA (SÉRIE CHAPADÃO) NUM ENSAIO DE ADUBAÇÃO DE MILHO (1)

JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO e F. GROHMANN, *engenheiros-agrônomo*s, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico.

### RESUMO

Com a finalidade de verificar a influência da adubação em cultura de milho sobre o estado de agregação da terra-roxa (série Chapadão), foram feitas as análises de amostras de solo de um ensaio de adubação conduzido pela Seção de Cereais, a partir de 1963. O ensaio compreendia diversos tratamentos com estérco, calcário e adubação mineral e fôra instalado em 27 parcelas homogêneas de um solo terra-roxa, da série Chapadão.

Os resultados mostraram uma redução considerável do diâmetro médio dos agregados do solo das parcelas cultivadas em relação ao solo não cultivado há anos, que, de 1,25 mm, passou a oscilar normalmente entre 0,50 e 0,79. Um dos fatores que mais contribuíram para essa quebra de tamanho de agregados foi o preparo intenso do solo.

Observou-se uma correlação entre o teor de carbono das amostras e os diâmetros médios dos agregados. A aplicação de estérco contribuiu para aumentar o tamanho dos agregados, quando não acompanhada de calcário e adubo mineral.

Nenhuma correlação foi observada entre o estado de agregação e a produção de milho. A terra-roxa apresenta condições excepcionais de estrutura que permitem até o preparo intenso do solo sem que haja repercussões desfavoráveis sobre o desenvolvimento dessa planta.

### 1 – INTRODUÇÃO

A estrutura dos solos é uma das características mais importantes para a produção agrícola. As relações da planta com o ar e com a água e, conseqüentemente, a absorção dos nutrientes, dependem do estado estrutural do solo.

A verificação do estado estrutural do solo é feita inicialmente no campo, através das observações morfológicas do perfil. Definem-se, então, a forma, o arranjo, o tamanho, o grau e a durabilidade dos agregados visíveis (4). Ainda no campo, é possível obter informações sobre o comportamento hídrico do solo, que depende também do estado estrutural.

(1) Recebido para publicação em 17 de setembro de 1963.

Vários autores tentaram transferir para o laboratório o estudo da estrutura dos solos (1, 2, 6, 7, 8). Esse estudo pode ser conduzido de várias maneiras: medindo o estado de agregação, isto é, a porcentagem de agregados maiores do que certo tamanho existentes na amostra de solo; o grau de agregação, que representa a porcentagem de partículas menores do que certo tamanho agregadas em unidades estáveis e maiores; a estabilidade dos agregados, geralmente por peneiragem na água, e, finalmente, a porosidade (1).

Dentre os fatores externos ao solo que podem modificar a estrutura, encontram-se o clima, as culturas, o uso de instrumentos agrícolas e os adubos (10).

Grohmann e Arruda (6) estudaram anteriormente o efeito do uso de instrumentos agrícolas sobre o estado de agregação da terra-roxa da Estação Experimental de Ribeirão Preto. Prosseguindo esses estudos experimentais sobre a estrutura dos solos, foram colhidas, em 1963, amostras de terra-roxa (série Chapadão) na Estação Experimental "Theodoreto de Camargo", de um ensaio de adubação de milho que a Seção de Cereais deste Instituto vem conduzindo desde 1953. A principal finalidade desse trabalho foi verificar a influência de diversos tratamentos do solo sobre o estado de agregação. Foram utilizadas, para comparação, amostras colhidas no mesmo tipo de solo, porém em local não cultivado há muito anos.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

A Seção de Cereais do Instituto Agrônomo instalou, em 1953, um ensaio de adubação de milho em solo terra-roxa, da série Chapadão (2). O ensaio compunha-se de 27 parcelas com os tratamentos:

Estêrco: dose 0, dose 1 (10 t/ha) e dose 2 (20 t/ha);

Calcário em 1953/54: dose 0, dose 1 (2 t/ha) e dose 2 (4 t/ha);

em 1955: dose 0, dose 1 (2 t/ha) e dose 2 (850 kg/ha).

NPK: dose 0, dose 1 (60-60-30) e dose 2 (120-120-60) sob as formas de sulfato de amônio, superfosfato e cloreto de potássio. 1/5 da dose de N foi aplicado no plantio e o restante em cobertura.

O estêrco e o calcário foram aplicados em cobertura e o adubo mineral lateralmente no sulco.

(2) A. Küpper e F. Grohmann. — Levantamento pedológico da Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" (informação verbal).

O solo foi trabalhado normal e igualmente em tôdas as parcelas, com as seguintes operações:

- 1 — gradação para deitar as canas;
- 2 — aração para incorporar os restos de cultura;
- 3 — aração antes do plantio;
- 4 — abertura dos sulcos para o plantio;
- 5 — tratos culturais com o cultivador "Planet"

As amostras para a determinação do estado de agregação do solo foram colhidas no dia 6 de fevereiro de 1963, com o solo úmido, nas parcelas:

PARCELAS	Doses		
	Estérco	Calcário	NPK
7. T-200 .....	2	0	0
11. T-020 .....	0	2	0
13. T-111 .....	1	1	1
15. T-222 .....	2	2	2
19. T-022 .....	0	2	2
22. T-000 .....	0	0	0

Para têrmo de comparação, foram colhidas ainda amostras de terra num bosque artificial (BA-1 e BA-2), próximo à Seção de Virologia, e em canteiros outrora utilizados para ensaios, abandonados há muito tempo (C1 e C2).

Foram colhidas duas amostras por parcela, até 30 cm de profundidade. As amostras foram deixadas a secar ao ar, no laboratório, e depois passadas na peneira de 7 mm de abertura de malha.

Tomou-se uma subamostra representativa de cêrca de 200 g, que foi peneirada durante 15 minutos, obedecendo ao método proposto por Grohmann e Arruda (6), num conjunto de peneiras de 4,0, 2,0, 1,0, 0,5 e 0,25 mm de abertura de malha adaptadas ao agitador mecânico "Ro-tap". Os agregados retidos em cada peneira foram pesados, sendo calculada a porcentagem de cada classe.

Procedeu-se à análise granulométrica de cada amostra, para testar a homogeneidade das parcelas, seguindo o método em uso na Seção de Agrogeologia (9). Foram também efetuadas as determinações de carbono total para a apreciação do teor de matéria orgânica.

O diâmetro médio dos agregados foi determinado pelo método gráfico preposto por Gardner (5) e empregado anteriormente por Grohmann e Arruda (6). Foram construídos histogramas da distribuição dos agregados, por classes de tamanho, e representado o diâmetro médio dos agregados em outro gráfico, em função do teor de carbono total.

QUADRO 1. — Resultados das análises granulométricas e carbono total das amostras dos ensaios e das parcelas comparativas, e da produção de milho acumulada durante nove anos, das amostras dos ensaios de adubação

Amostras	Análise granulométrica				Teor de carbono total	Produção acumulada de milho em grão, em 9 anos
	Areia grossa 2— 0,2 mm	Areia fina 0,2— 0,02 mm	Limo 0,02— 0,002 mm	Argila <0,002 mm		
BA1 — Bosque artificial .....	% 15,5	% 27,0	% 25,0	% 32,0	% 2,80	kg/ha —
BA2 — Bosque artificial .....	21,5	20,0	19,0	39,5	2,50	—
C1 — Antigos canteiros de ensaio .....	15,0	26,5	22,9	35,6	2,62	—
C2 — Antigos canteiros de ensaio .....	13,5	26,0	22,4	38,1	2,60	—
T-200 — Dose dupla de estêrco .....	15,0	20,0	20,0	45,0	2,44	34.750
T-020 — Dose dupla de calcário .....	13,0	20,6	19,4	47,0	2,06	18.940
T-111 — Doses simples de estêrco, calcário e NPK .....	15,0	23,0	13,3	48,7	2,11	37.860
T-222 — Doses duplas de estêrco, calcário e NPK ..	17,0	21,9	15,6	45,5	2,32	41.200
T-022 — Doses duplas de calcário e NPK .....	13,5	21,0	18,0	47,5	2,16	43.090
T-000 — Testemunha .....	16,0	17,5	20,7	45,8	1,98	22.580

## 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 figuram os resultados médios da análise granulométrica e da determinação de carbono de cada um dos tratamentos do ensaio. As amostras BA-1, BA-2, C-1 e C-2 tiveram seus resultados representados individualmente, devido a algumas variações dessas características.

Os resultados da análise granulométrica mostraram haver grande homogeneidade nas amostras das parcelas dos ensaios de adubação, salientando-se os limites estreitos de variação das frações argila e areia grossa.

Em função do teor de carbono total, é possível reunir as amostras em três grupos: *a*) tratamentos T-000, T-020, T-111 e T-022; *b*) tratamentos T-222 e T-200 e *c*) BA-2, C-2, C-1 e BA-1. Houve, assim, uma ação positiva da aplicação de estêrco sobre o teor de carbono total. As amostras do grupo *c*, em repouso há muito tempo, apresentaram os teores mais elevados.

Os resultados acumulados da produção deixam entrever que a aplicação de estêrco ou de adubo mineral seria o principal responsável pela elevação dos rendimentos (3).

No quadro 2 figuram os resultados da análise de agregados juntamente com os diâmetros médios, obtidos pelo método de Gardner (5). Na figura 1 estão representadas somente três curvas mais características da distribuição dos agregados.

As amostras dos tratamentos dos ensaios e parcelas comparativas podem ser grupadas em função do diâmetro médio dos agregados: *a*) T-222, C-1, T-111, T-000, T-022 e T-020; *b*) C-2, T-200, BA-2 e BA-1. O maior diâmetro médio foi registrado na amostra BA-1, e, o menor, na T-222.

Os resultados do quadro 2 indicam que a utilização do solo promoveu diminuição acentuada no diâmetro médio dos agregados. No solo deixado em repouso por tempo longo, haveria, assim, uma tendência para regenerar o tamanho dos agregados.

A influência do trabalho do solo sobre a estrutura da terra-roxa fôra assinalada por Grohmann e Arruda (6). Esses autores observaram que o maior diâmetro médio (0,95 mm) era obtido em tratamento com raspagem superficial das ervas daninhas a enxada, sem revolvimento do solo. Os outros tratamentos, mais radicais, fizeram oscilar o diâmetro médio entre 0,54 e 0,70 mm.

Observou-se grande semelhança entre as duas séries de resultados, principalmente quanto aos limites de variação do diâmetro médio dos agregados dos solos que sofreram trabalho intenso no preparo.

(3) Luiz Miranda — Seção de Cereais (informação verbal).

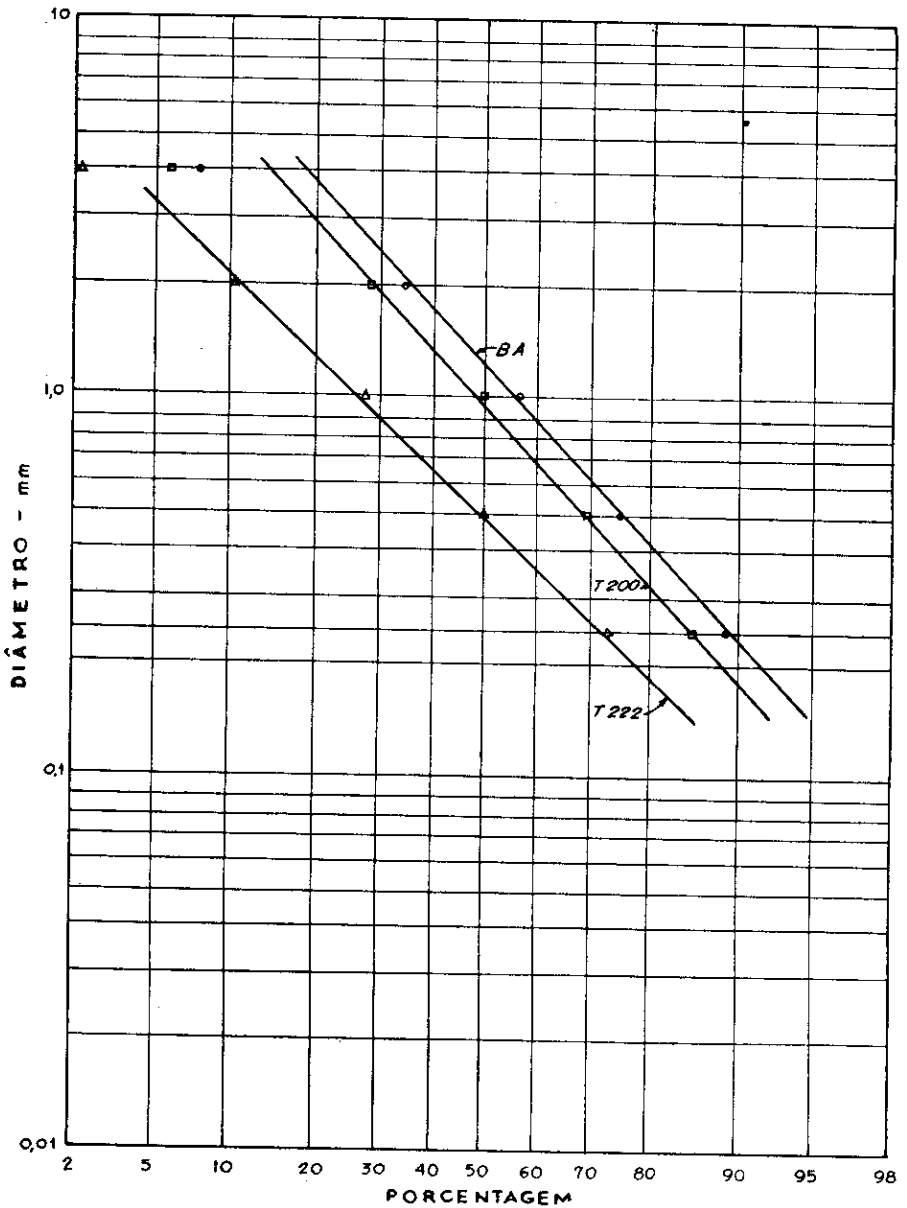


FIGURA 1. — Determinação do diâmetro médio geométrico dos agregados de duas amostras do ensaio de adubação do milho (T-200 e T-222) e de uma amostra da parcela comparativa (BA).

QUADRO 2. — Distribuição em classes de tamanho dos agregados de solo terra-roxa, série Capadão, de um ensaio de atubação de milho e de parcelas comparativas

Amostras	Abertura das malhas em milímetros						Diâmetro médio geométrico dos agregados mm
	7-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
	%	%	%	%	%	%	
BA1 — Bosque artificial .....	7,9	28,4	22,5	16,7	12,7	11,8	1,35
BA2 — Bosque artificial .....	7,7	24,0	23,1	18,8	14,4	12,0	1,15
C1 — Antigo canteiro de ensaio .....	5,1	11,3	17,4	21,1	22,1	23,0	0,60
C2 — Antigo canteiro de ensaio .....	14,9	16,2	16,6	17,6	17,1	17,6	0,95
T-200 — Dose dupla de estérco .....	6,9	21,2	21,7	18,8	15,4	16,0	0,98
T-020 — Dose dupla de calcário .....	5,4	17,2	20,4	19,2	17,7	20,1	0,79
T-111 — Doses simples de estérco, calcário e NPK .....	3,9	13,6	19,4	20,4	19,4	23,3	0,63
T-222 — Doses duplas de estérco, calcário e NPK .....	2,1	8,0	17,5	21,8	22,8	27,8	0,50
T-022 — Doses duplas de calcário e NPK .....	4,4	15,6	21,5	20,0	17,6	20,9	0,73
T-000 — Testemunha .....	5,6	14,9	19,2	19,4	18,3	22,6	0,70

A figura 2 representa a distribuição do tamanho médio dos agregados em função do teor de carbono do solo. É possível observar que o aumento da quantidade de matéria orgânica do solo tende a aumentar o diâmetro médio dos agregados. A influência da matéria orgânica na formação de agregados maiores já havia sido assinalada anteriormente por vários autores (1). Duas amostras parecem constituir uma exceção: a C-1 e a T-222, que revelam um teor mais elevado de carbono sem influência sobre o tamanho médio dos agregados.

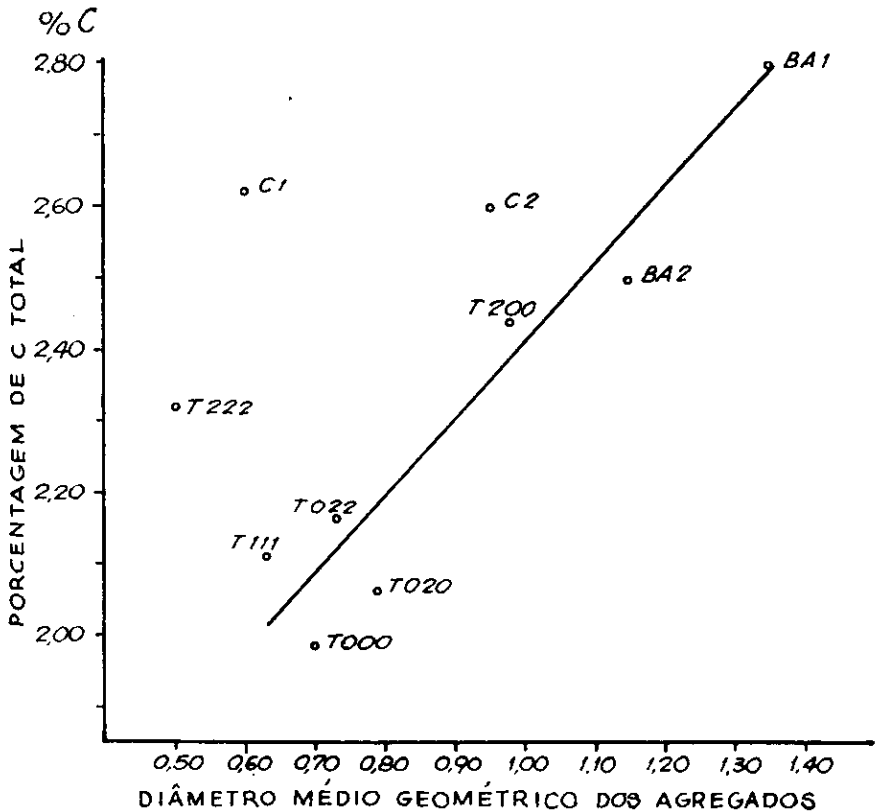


FIGURA 2. — Distribuição do tamanho médio dos agregados em função do teor de carbono total das amostras.

Percebe-se, na figura 2, a existência de dois grupos de amostras: o primeiro, onde os teores de carbono são superiores a 2,4% e os diâmetros médios maiores que 0,95 mm (amostras T-200, BA-1, BA-2 e C-2); o segundo, com teores de carbono menores que 2,2% e diâmetro médio de agregados menor que 0,80 mm.



O cultivo anual, com preparo intenso do solo, diminuiu o tamanho dos agregados. As aplicações de estêrco, sem adubação mineral ou calagem, concorreriam para regenerar o tamanho dos agregados. A aplicação do estêrco com calagem, no entanto, não teria o mesmo efeito (amostras T-111 e T-222), observando-se aí sòmente aumento do teor de carbono. É possível que a ação do estêrco tenha sido contrabalançada pela do calcário e do adubo mineral.

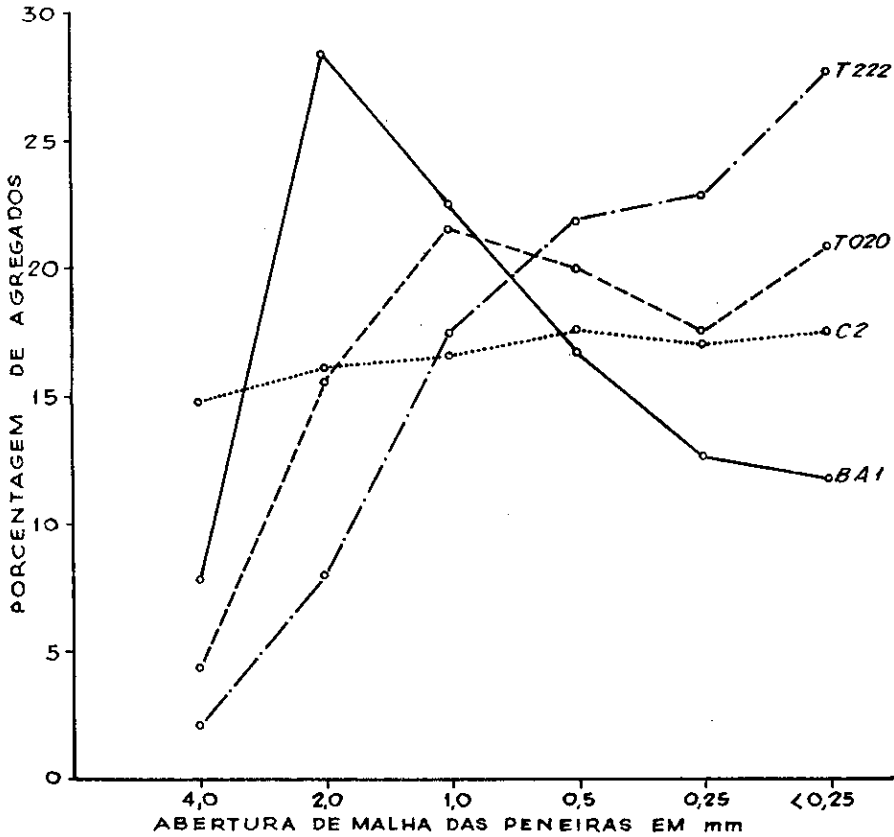


FIGURA 3. — Curvas cumulativas da distribuição de agregados por classes de tamanho de algumas amostras de terra-roxa, série chapadão.

A figura 3 apresenta as curvas cumulativas de distribuição dos agregados por classes de tamanho. Nela, estão representadas sòmente as amostras que definem as tendências gerais da distribuição. É possível observar o aumento da quantidade de agregados finos da amostra BA-1 para T-222, com passagem do diâmetro mais freqüente da classe 4,0 – 2,0 mm para

< 0,25 mm. Há uma região do gráfico que é comum a tôdas as amostras, correspondendo aproximadamente ao diâmetro 0,75 mm, com cerca de 20% de agregados. Sômente C-2 apresenta um comportamento particular e uma repartição equilibrada de agregados em tôdas as classes. Os resultados apresentados por Grohmann e Arruda (6) permitem a construção de gráfico semelhante, e, nêle, pode-se observar a tendência à repetição do fenômeno, no mesmo diâmetro, porém com porcentagem mais baixa, mais próxima de 15%.

É possível que, no solo em questão, o diâmetro 0,75 represente o limite superior de agregados mais resistentes, dos que apresentam maior estabilidade frente aos agentes destruidores da estrutura. Nesse caso, o aumento das frações menores do que êsse diâmetro seria devido principalmente ao quebramento dos agregados maiores, com distribuição das novas unidades pelas classes de tamanhos inferiores.

Na amostra C-2, dentro dêsse raciocínio, os agregados teriam aumentado de tamanho devido ao descanso, que concorreu para aumentar também o teor de carbono. E, assim, a regeneração do tamanho dos agregados teria sido feita principalmente à custa das classes de menor tamanho.

Finalmente, como é possível observar no quadro 1, não foi encontrada correlação entre a produção e o tamanho de agregados. As duas maiores produções correspondem a diâmetros médios, situados aproximadamente no meio da escala de variação. O tamanho ideal de agregados do solo para as culturas ainda é assunto mal esclarecido. Para a germinação, o solo deveria conter 30 a 40% de agregados com diâmetros próximos ao da semente (3), ao passo que, para manter as condições adequadas de arejamento e armazenamento de água para o bom desenvolvimento das raízes, o tamanho ideal estaria compreendido entre 1 e 5 mm (3 e 10).

Pode-se admitir que a proporção de agregados dentro dêsses limites, nas amostras estudadas, mantenha-se num nível satisfatório, independentemente do trabalho sofrido, não exercendo, assim, nenhuma influência sôbre o rendimento.

#### 4 – CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nesse trabalho indicam que o estado de agregação da terra-roxa, série Chapadão, é influenciado pelo uso do solo. O diâmetro médio dos agregados em solo não cultivado mostrou-se cerca de duas vêzes maior do que o dos cultivados.

O preparo do solo contribui para a diminuição do diâmetro médio dos agregados, tal como fôra observado anteriormente na terra-roxa de

Ribeirão Preto. Nas parcelas estudadas, o diâmetro médio de 1,25 mm, em terra descansada, passou a oscilar entre 0,50 e 0,79 mm.

Foi observada correlação entre o teor de carbono e os diâmetros médios dos agregados. A aplicação de estêrco contribuiu para o aumento do diâmetro médio. A adição de estêrco juntamente com calcário e adubo mineral não teve o mesmo efeito. É possível que a ação da matéria orgânica aplicada tenha sido contrabalançada pela do calcário e do adubo mineral.

Verificou-se que tôdas as amostras apresentavam, aproximadamente, a mesma quantidade de agregados de diâmetro 0,75 mm. Levanta-se a hipótese de que os agregados até êsse tamanho constituam uma classe mais estável. As ações externas, que modificam a distribuição por classe de tamanho, atuariam principalmente nos agregados maiores, quebrando-os, ou nos menores, reagregando-os.

Não foi observada nenhuma correlação entre a produtividade agrícola e o tamanho dos agregados. Na terra-roxa, série Chapadão, o preparo e o tratamento que o solo recebeu não afastaram a estrutura dos limites adequados ao bom desenvolvimento das plantas. Essa conclusão é confirmada por resultados de ensaios em terra-roxa de Ribeirão Preto (6), onde as três maiores produções foram obtidas em amostras cujo diâmetro médio de agregados oscilava entre 0,54 e 0,70 mm.

As excepcionais qualidades estruturais da terra-roxa legítima permitem um trabalho muito intenso, com amplo revolvimento, sem que haja uma degradação própria dita de estrutura.

## INFLUENCE OF MANURE, LIMING AND MINERAL FERTILIZERS ON THE STATE OF AGGREGATION OF TERRA-ROXA SOIL

### SUMMARY

The purpose of the present study was to investigate the influence on structural improvement of the "terra-roxa" soil by means of application of barnyard manure, lime and mineral fertilizers.

An experiment had been run by the Cereals Section from 1953, at the Central Experiment Station in Campinas, on 27 plots of corn, of terra-roxa soil of the "Chapadão" series.

Analyses of soil samples from these 27 plots were made and samples were taken from these cultivated corn plots as well as from plots non cultivated for several years; they were passed through a 7.0 mm sieve and the aggregates separated into the following classes as to their diameters: 7.0 to 4.0 mm, 4.0 to 2.0 mm, 2.0 to 1.0 mm, 1.0 to 0.5 mm, 0.5 to 0.25 mm and less than 0.25 mm.

Comparing the results regarding the aggregates of the cultivated plots and non cultivated as well, it was found that in the former a decrease of the mean diameter of the aggregates occurred, same ranging from 1.25 mm to 0.5 or 0.79 mm.

There is conclusive evidence of the decrease of their mean diameter, the main factor for this being the intensive tillage of the soil.

Further, a correlation between the carbon content and the mean diameter of the aggregates was noted. Application of barnyard manure had as a result the increase of their mean diameter.

No correlation was observed between the aggregation and the corn yield.

The "terra-roxa" highly structured supports intensive work of the soil with no unfavorable effect on the corn plant development.

#### LITERATURA CITADA

1. BAVER, L. D. Soil physics. 3.<sup>a</sup> ed. New York, John Wiley & Sons, 1956. 489 p.
2. COMBEAU, A. & MONNIER, G. Méthode d'étude de la stabilité structurale — applications aux sols tropicaux. Sols Africains VI, n. 1:[5]-51. 1961.
3. DEMOLON, A. Dynamique du sol. 5.<sup>a</sup> ed. Paris, Dunod, 1953. 520 p.
4. Estados Unidos, U. S. Dept. Agriculture. Soil Survey Staff. Soil Survey Manual. Washington, Agric. Research Adm., 1951. 503 p. (Handbook n.º 18)
5. GARDNER, W. R. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20:151-153. 1956.
6. GROHMANN, F. & ARRUDA, H. V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa legítima. *Bragantia* 20:[1203]-1209. 1961.
7. GROHMANN, F. & CONAGIN, A. Técnica para o estudo da estabilidade de agregados do solo. *Bragantia* 19:[329]-343. 1960.
8. HENIN, S. Étude physico-chimique de la stabilité structurale des terres. Paris, Centre National de la Recherche Agronomique. 1938. 56 p.
9. PAIVA, J. E. (neto), NASCIMENTO, A. C., KÜPPER, A. (e outros). Solos da Bacia Paraná-Uruguay. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguay, 1961. 168 p.
10. RUSSELL, J. Soil conditions and plant growth. 8.<sup>a</sup> ed. revista por Russell, E. W. London, Longmans, Green & Co., 1952. 635 p.