

INFLUÊNCIA DO MANEJO SOBRE A AGREGAÇÃO DO SOLO

Wesley Jorge Freire

Eng. Agrônomo

Prof. Dr. Octávio Freire

Orientador

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz» da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

1972

À MEUS PAIS

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Dr. Octávio Freire, orientador e particular amigo,
pela valiosa e irrestrita colaboração;

ao Dr. Edmar José Kiehl que, com muita disposição e
eficiência, substituiu com segurança a orientação do Dr. Octávio
Freire, quando de sua ausência em viagem de estudo pelos Estados
Unidos da América do Norte;

aos colegas e funcionários do Departamento de Solos
e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em
Piracicaba;

aos colegas e funcionários do Departamento de Engenharia
Rural da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botuca-
tu,

o autor consigna os seus agradecimentos.

Wesley Jorge Freire

C O N T E Ú D O

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. <u>Efeito da matéria orgânica sobre a agregação do solo</u>	8
2.2. <u>Efeito de íons adsorvidos sobre a agregação do solo</u>	13
2.2.1. Efeito do nitrogênio	13
2.2.2. Efeito do fósforo	14
2.2.3. Efeito do sódio e do potássio	15
2.2.4. Efeito do cálcio	15
2.2.5. Efeito de outros íons	17
2.3. <u>Efeito da vegetação sobre a agregação do solo</u> ...	18
2.4. <u>Efeito do preparo do solo sobre a agregação</u>	19
3. MATERIAL E MÉTODO	22
3.1. <u>Material</u>	22
3.1.1. Solo	22
3.1.2. Máquinas utilizadas	23
3.1.3. Peneirador mecânico	23
3.1.4. Adubos	25
3.2. <u>Método</u>	25
3.2.1. Delineamento experimental	25
3.2.2. Critério	25
3.2.3. Instalação do experimento	27
3.2.4. Aplicação dos tratamentos	27
3.2.5. Peneiramento em água	29
4. RESULTADOS	31
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41

	Página
6. CONCLUSÕES	45
7. RESUMO	47
8. SUMMARY	49
9. BIBLIOGRAFIA CITADA	51
APÊNDICE	60

1. INTRODUÇÃO

O estado de agregação do solo, definido por BAVER (1966) como sendo a porcentagem de agregados em um dado peso de solo, tem especial importância no estudo das propriedades físicas, podendo ser uma limitação para o desenvolvimento vegetal, mesmo nos solos que apresentem condições ideais de fertilidade.

Especialmente a agregação e, conseqüentemente, todas as demais propriedades físicas por ela modificadas, estão sujeitas a alterações devido a fenômenos naturais e ao sistema de manejo a que o solo estiver submetido.

A forma em que se dispõem as partículas, que naturalmente se encontram no solo dentro de um certo modelo estrutural, define a estrutura do solo. Tais partículas referem-se não somente aos elementos texturais (partículas primárias), mas também aos agregados e elementos estruturais (partículas secundárias).

A análise de agregados tem sido usada como uma medida da estruturação do solo e permite determinar a quantidade e distri

buição do tamanho dos agregados estáveis em água.

Um dos fatores a ser considerado no problema da estrutura do solo é a estabilidade dos agregados em água. A estabilidade estrutural em água é uma medida relativa, porém, se realizada em condições experimentais bem definidas e controladas, oferece dados com os quais é possível comparar as condições estruturais de diferentes tipos de solo, ou de um mesmo solo quando for sujeito a diferentes condições de uso. Agregados facilmente dispersáveis pela chuva ou desfeitos pela água de irrigação têm pouco valor prático. A presença de agregados estáveis em água é a condição fundamental para a estruturação do solo.

Diz-se que o solo apresenta boa estrutura quando os separados areia, limo e argila estiverem associados em agregados estáveis em água e estes elementos forem mantidos juntos formando unidades maiores. A agregação é fraca quando os fragmentos do solo, submersos em água, se desfizerem em seus componentes, ou quando não ocorrerem unidades estruturais maiores.

RUSSELL e FENG (1947) reconheceram a importância das condições de estruturação sob o ponto de vista da conservação do solo e da água e em relação ao crescimento das plantas. Neste particular, LAURITZEN (1948) afirmou que o solo estruturado proporciona o melhor crescimento das plantas através de melhor aeração; no entanto, as condições ideais de estrutura em relação ao desenvolvimento das plantas ainda não estão devidamente definidas.

A penetração das raízes, a aeração do solo, a infiltração e a conservação da umidade são afetadas diretamente pela estrutura, que influi também, embora indiretamente, na fertilidade do solo; pois, muitas reações químicas e bioquímicas se processam na camada superficial, geralmente mais rica de agregados.

KIEHL e KINJO (1971) salientaram que a penetração das raízes no solo varia com a estrutura, observando-se que para diferentes solos ocorrem diferentes penetrações. Uma vez que a estrutura condiciona melhor aeração do solo, garante igualmente um fluxo de oxigênio capaz de contrabalançar o excesso de gás carbônico no ar do solo, eliminado pelas raízes e microrganismos.

A formação dos agregados no solo, a partir de dispersões coloidais, implica em dois processos, conforme relatou PINTO (1966): floculação do material disperso e cimentação desses flóculos para conduzir à formação de agregados estáveis. Em vista disso, ao se estudar o assunto, atenção especial deve ser dada aos fatores responsáveis pela formação de agregados, bem como àqueles que proporcionam estabilidade aos agregados após a sua formação.

A predominância da macroporosidade no solo proporciona uma infiltração rápida da água, favorece bons cultivos e garante aeração adequada para o desenvolvimento das plantas. A existência continuada dos macroporos depende, no entanto, da estabilidade da estrutura.

Muitos fatores podem tomar parte na destruição dos agregados e de entre eles a água é o mais importante. KEMPER (1965), estudando o assunto, verificou que o movimento da água sobre a superfície do solo proporciona energia pela qual partículas individuais e grupos de partículas podem ser separados e carregados. As partículas sólidas na água em movimento propiciam uma ação abrasiva que aumenta o efeito destrutivo da água sobre os agregados. Ainda há a considerar que, durante o molhamento dos agregados, muitas das substâncias de ligação se enfraquecem e em alguns casos se dissolvem, reduzindo a resistência ou estabilidade dos mesmos.

A entrada da água entre as partículas do solo força-as a se separarem, rompendo algumas ou muitas das ligações que mantêm as partículas unidas, causando a destruição do agregado. No processo de molhamento, a expansão desigual do agregado, provocada pelo molhamento heterogêneo, frequentemente causa rachaduras logo atrás da frente de molhamento, enfraquecendo o agregado a ponto de poder ocorrer sua ruptura.

EMERSON e GRUNDY (1954), estudando outro aspecto do problema, observaram que o ar aprisionado dentro do agregado durante o molhamento, é comprimido à medida que a água caminha por efeito das forças capilares, acabando por ser expulso bruscamente quando a resistência da estrutura não mais suportar a pressão da bolha de ar comprimido.

Tendo em vista a importância deste assunto, que vem sendo estudado sob seus múltiplos aspectos, o presente experimento foi instalado em condições de campo com a finalidade de contribuir efetivamente para o conhecimento do efeito de práticas de manejo sobre a agregação da Terra-Roxa-Estruturada que constitui uma unidade de ocorrência muito frequente, não só no Município de Piracicaba, conforme RANZANI et al. (1966), como também em todo o Estado de São Paulo, de acordo com indicação da COMISSÃO DE SOLOS (1960).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bibliografia sobre a estruturação do solo, que muitas vezes é desconhecida e até mesmo contraditória, mostra que há uma série enorme de fatores afetando a agregação do solo. A variação dos fatores climáticos, o sistema de manejo e o teor de umidade do solo exercem, segundo ALDERFER (1950), uma influência pronunciada sobre a agregação.

BUCKMAN e BRADY (1968) enumeraram os fatores que concorrem para a agregação do solo como sendo: efeito do molhamento e secagem, o congelamento e descongelamento, a atividade física das raízes e dos vermes da terra, a influência da matéria orgânica em decomposição e do muco dos microrganismos, os efeitos transformadores dos cátions adsorvidos e o efeito da subsolagem.

A alternância de molhamento e secagem de misturas de argila e areia, provoca um aumento na agregação durante um certo tempo e, após ter alcançado um máximo, entra em declínio, conforme observações de McHENRY e RUSSELL (1943). Apesar de se aceitar, ge

ralmente, que a alternância de congelamento e descongelamento favorece a agregação do solo, HUBBELL e STATEN (1951), trabalhando com amostras de terra argilosa, verificaram que a agregação não foi afetada; todavia admitiram que o congelamento e descongelamento alternados acelerem a formação de agregados somente quando a estrutura inicial estiver em condições de degeneração.

As raízes, concluiu LOW (1955), são o fator de maior importância para a restauração física dos solos e qualquer limitação ao seu desenvolvimento redundaria em atraso no processo de agregação. GREENLAND (1971) observou que a natureza e distribuição das raízes é de suma importância, baseando-se no fato de que gramíneas com abundância de raízes finas exercem maior influência sobre as propriedades físicas do solo do que plantas com raízes grossas, mas em menor quantidade. Todavia, HUBBELL e STATEN (1951) foram taxativos ao afirmar que as raízes das plantas, na ausência de microrganismos, não são bem sucedidas na formação de agregados; a atividade microbiana é necessária à formação de agregados estáveis em água e só após tais agregados terem se formado é que as raízes podem desenvolver elementos estruturais maiores. Cada grupo de microrganismos dá formação a um tipo distinto de agregado, de maneira que a estrutura do solo é o reflexo da atividade conjunta de todos os microrganismos nele presentes. GILMOUR *et al.* (1948) reforçaram a hipótese de que a agregação, em todos os seus estágios, resulta da atividade de microrganismos. A atividade microbiana no solo, conforme SHCHERBAKOV (1970), aumenta diretamente com o grau de decomposição da turfa.

A eficiência das minhocas sobre a formação dos agregados do solo é muito conhecida. Pelas observações de GREENLAND (1971), sabe-se que são mais abundantes em terras de pastagens do que sob culturas. Outros pequenos animais como termitas, formigas, nematóides, etc., também se encontram no solo e desempenham um papel importante, alterando sua porosidade e desenvolvendo microagregados.

HAGIN (1952), estudando a influência da agregação do solo no desenvolvimento das plantas, concluiu que os agregados maiores lhes oferecem melhores condições de desenvolvimento. QUEIROZ NETO *et al.* (1966) mostraram que o tamanho dos agregados

tem influência no crescimento e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, demonstrando que os agregados, compreendidos entre as classes 4 a 2 e 2 a 1 mm num solo Podzólico Vermelho Amarelo-Orto, foram os que mais favoreceram o crescimento do milho, enquanto que no Latosol Roxo, foram os agregados menores do que 1 mm. Por outro lado, acontece o contrário quando se correlaciona tamanho de agregados com estabilidade em água, o que levou BUCKMAN e BRADY (1968) a afirmarem que quanto maior for o tamanho dos agregados existentes num determinado solo menor será a sua estabilidade. Isso concorda com a opinião de RAM e ZWERMAN (1960) que aceitaram serem os macroagregados mais sujeitos a variações estacionais do que os microagregados. SANDHU e BHUMBLA (1969) observaram que os agregados maiores do que 0,25 mm de diâmetro e particularmente aqueles de 0,25 a 0,75 mm, desempenham um papel mais ativo na modificação das características físicas e químicas do solo do que aqueles de diâmetro compreendido entre 0,10 a 0,25 mm, apresentando uma capacidade de troca catiônica mais elevada, além de mais altos teores de carbono orgânico, de nitrogênio total, e de cálcio e magnésio trocáveis. Os mesmos pesquisadores demonstraram ainda que a estabilidade em água dos agregados de 0,25 a 0,75 mm de diâmetro é maior do que aqueles de diâmetro compreendido entre 0,10 a 0,25 mm. Para HUBBELL e STATEN (1951) somente a fração do solo com tamanho superior a 2μ é efetiva na formação de agregados; a outra fração é às vezes incluída por mero acaso. BISAL e FERGUSON (1968) consideraram que a erodibilidade dos solos pelo vento está ligada ao tamanho e número de agregados da superfície do solo, afirmando que um solo está em condição altamente erodível quando mais de 60% da sua massa superficial se apresentar composta de agregados menores do que 0,84 mm de diâmetro, quantidade esta que representa a fração erodível. A quantidade e tamanho de agregados afeta também a velocidade de ascensão capilar e percolação da água, que é rápida em amostras com alta porcentagem de agregados, atingindo o máximo quando há 100% de unidades estruturais de 2 mm de diâmetro, conforme citaram HUBBELL e STATEN (1951).

McHENRY e RUSSELL (1943) verificaram que a agregação de misturas de argila e areia aumenta logaritmicamente com o aumento do teor de argila; um aumento na formação de pequenos agregados em função da elevação do teor de argila também foi verificado por

AZUMA et al. (1968), analisando 16 solos nos quais o mineral de argila predominante era a haloisita. No entanto, QUEIROZ NETO et al. (1966) afirmaram que o conteúdo de argila do solo tem menor importância, dentro de certos limites, do que sua composição mineralógica. O tipo de argila influencia a estabilidade dos agregados. BUCKMAN e BRADY (1968) relataram que os agregados nos quais predomina a caulinita são mais estáveis do que aqueles em que sobressai a montmorilonita, no que é contestado por AHMED et al. (1969), que afirmaram o contrário. Estes, trabalhando com dois tipos de solos nos quais, em um deles predominava a caulinita e em outro, a montmorilonita, verificaram que, após saturação, a porcentagem de agregados estáveis em água foi afetada pelo cátion saturante na seguinte ordem: $Ca = Mg > K \geq Na$. Segundo BRIONES e VERACION (1965), altos teores de argila, principalmente cauliniticas, são sempre acompanhados de altas concentrações de óxidos de ferro livre os quais, juntamente com a argila, são responsáveis pela cimentação dos agregados em solos não cultivados, conforme trabalho de YAO e YU (1967). Contudo, QUEIROZ NETO et al. (1966) admitiram que os óxidos de ferro livre não têm função cimentante muito acentuada, sendo mesmo possível que a presença de um excesso desses óxidos possa ter efeito depressivo sobre a formação de agregados grosseiros e sobre a estabilidade em água.

2.1. Efeito da matéria orgânica sobre a agregação do solo

A literatura apresenta resultados algumas vezes conflitantes com relação ao efeito da matéria orgânica na formação de agregados.

Tem sido demonstrado que o aumento da estabilidade dos agregados acompanha de perto o aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo, sendo frequente a ocorrência de uma correlação altamente positiva entre esses dois fatores.

HANES (1961) concluiu que o fator mais importante, para a estabilidade em água dos agregados de alguns solos do Estado de Michigan, é a matéria orgânica. De acordo com AUFHAMMER e KAMPF (1952), aplicações de doses crescentes de matéria orgânica melhoraram a agregação e a estabilidade em água dos agregados. A propor-

ção de agregados estáveis foi significativamente aumentada pela adição de matéria orgânica, conforme relataram KULLMANN e KLIMES-SZMIK (1961) em um trabalho em que comparam o efeito observado em parcelas adubadas e não adubadas. Já há algum tempo, BROWNING e MILAN (1942) verificaram a relação linear entre materiais orgânicos adicionados ao solo e o aumento da estabilidade dos agregados. BAVER (1968) verificou que a perda de matéria orgânica, em solos sob culturas intensivas, é acompanhada por uma degradação da estrutura e pela diminuição da agregação do solo. Os efeitos da adição da matéria orgânica, em solos argilosos e arenosos, foram estudados por HALSTEAD e SOWDEN (1968), aplicando-a na proporção de 11,1 toneladas de matéria seca por hectare por ano, juntamente com uma fertilização com N - P - K; os resultados mostraram que, além de maior disponibilidade de nitrogênio e de outros nutrientes, houve um aumento da estabilidade dos agregados do solo. No entanto, ao se examinar a literatura sobre o assunto, parece evidente que uma prévia incubação do material orgânico aplicado ao solo, seja necessária. OLIVEIRA et al. (1966) observaram que a redução da quantidade de matéria orgânica, representada pelos teores de carbono total, era a principal responsável pela diminuição da estabilidade em água dos agregados de um solo Podzólico Vermelho Amarelo-Orto.

Outros autores, como BROWNING e MILAN (1944), CHESTERS et al. (1957), WISNIEWSKI et al. (1958), verificaram que a qualidade do material orgânico adicionado ao solo, além da sua quantidade, se correlaciona positivamente com a estabilidade dos agregados em água. A este respeito, McCALLA (1945) desenvolveu um trabalho de pesquisa, concluindo que materiais orgânicos de diferentes qualidades exercem efeitos variados sobre a estrutura do solo; segundo o mesmo autor, a estabilidade em água dos agregados é mais afetada pela qualidade do que pela quantidade do material orgânico. McHENRY e RUSSELL (1943) afirmaram que a matéria orgânica não decomposta apresenta um efeito negativo sobre a estruturação do solo, reduzindo a agregação em virtude do seu alto grau de dispersão.

A eficiência da matéria orgânica em promover um aumento na agregação do solo não é devido à sua mera presença, mas ao fato de que ela sofre decomposição como resultado da atividade de microrganismos do solo. QUEIROZ NETO et al. (1966) aceitaram que a fração orgânica do solo, extremamente dinâmica e estreitamente -

relacionada à atividade biológica, exerce uma ação nítida sobre a estrutura; no entanto, preveniram a necessidade de se conhecer a composição do húmus, bem como a existência de microrganismos nos agregados, a fim de se poder definir com exatidão a participação de cada um nos fenômenos.

Segundo CHESTERS (1960), a decomposição rápida dos adubos orgânicos concorre para aumentar a agregação de um solo da classe textural barro limoso, o que não se dá quando a decomposição é mais lenta. Neste particular, MEREDITH (1965) afirmou que o rápido e continuado processo de decomposição dos resíduos orgânicos parece ser uma necessidade para a estabilização de agregados do solo. KLINTWORTH (1956), em condições de campo, verificou que a quantidade de agregados estáveis em água, durante as várias estações do ano, apresenta correlação com o conteúdo de carbono em solos cultivados com gramíneas perenes, o mesmo não se dando sob culturas anuais; isso vem confirmar a teoria de que a estruturação estável depende mais dos produtos de decomposição microbiana da matéria orgânica do que do conteúdo total deste constituinte no solo.

A matéria orgânica exerce uma ação cimentante e, segundo MAZURAK e RAMIG (1962), se correlaciona com a estabilidade em água dos agregados. MYERS (1937), após ter verificado que os colóides orgânicos saturados com cálcio ou com hidrogênio são mais eficientes como agentes cimentantes do que os inorgânicos correspondentes, atribuiu o efeito favorável da matéria orgânica, sobre a agregação, ao baixo grau de dispersão que este componente apresenta quando está desidratado, condição sem a qual, aparentemente, não há formação de agregados.

CHESTERS *et al.* (1957) verificaram que, isoladamente, a secreção microbiana é o fator mais importante que influi sobre a agregação do solo. O muco e outros produtos microbianos viscosos favorecem, segundo BUCKMAN e BRADY (1968), o desenvolvimento do grumo e exercem influência estabilizadora sobre os agregados do solo; todavia, HUBBELL e STATEN (1951) chamaram atenção para o fato de que subprodutos de microrganismos, na ausência de micróbios vivos, não produzem agregados, embora possam ajudar no seu processo de formação.

WANG e LIN (1969), estudando o efeito da relação C/N da matéria orgânica sobre a agregação dos solos, verificaram que a estabilidade em água dos agregados aumenta diretamente com a relação C/N do material aplicado, que no caso era representado pela palha de arroz e composto.

A matéria orgânica, segundo McHENRY e RUSSELL (1943), aparece representando dois papéis na agregação do solo: o de um corpo esquelético quando não ocorre decomposição, e o de um agente de ligação quando a decomposição produz material coloidal e limo. Como um corpo esquelético, a matéria orgânica deve ser envolvida por partículas hidratadas de argila a fim de formar agregados, de maneira que quanto mais argila estiver presente em qualquer nível de matéria orgânica, tanto mais agregados serão formados; por outro lado, à medida que a porcentagem de matéria orgânica aumenta, para qualquer nível de argila, a agregação tende a decrescer.

Segundo GREENLAND (1971), os polissacarídeos presentes na matéria orgânica do solo são os responsáveis pelo aumento da estabilidade dos agregados em função do aumento no conteúdo de matéria orgânica; tais polissacarídeos, de alto peso molecular, produzidos por bactérias, estão fortemente adsorvidos aos compostos orgânicos que se acumulam em solos de pastagem. SANDHU e BHUMBLA (1969) aceitaram, mesmo, que os polissacarídeos são mais importantes na formação de macroagregados do que a própria matéria orgânica. AZUMA et al. (1968) observaram que o conteúdo de polissacarídeos, poliuronídeos e ácido fúlvico, geralmente apontados como agentes favoráveis à formação de macroagregados, é proporcional ao conteúdo total de matéria orgânica no solo.

Thorne (BAVER, 1966) encontrou que a matéria orgânica age favoravelmente sobre a agregação do solo, essencialmente através da influência que os elementos químicos nela contidos exercem sobre o desenvolvimento das plantas.

Nem todos os autores concordam que a matéria orgânica seja sempre um agente favorável à agregação dos solos; muitos pesquisadores têm demonstrado o contrário, afirmando que a matéria orgânica tem pouco ou nenhum efeito sobre a agregação. BERTRANSON e

RHOADES (1938), já há muito tempo, verificaram que a matéria orgânica aplicada sob a forma de esterco, durante um período de 15 anos, não apresentou efeito positivo sobre o estado de agregação e sobre a porosidade de um solo da classe textural barro argilo-limoso. HUBBELL e STATEN (1951) concordaram em parte com os resultados dos autores anteriormente citados, ao concluírem que a matéria orgânica, na forma de esterco de curral, não aumentou a formação de agregados; no entanto, admitiram a possibilidade de o esterco aplicado vir a beneficiar o cultivo do solo, pelo acréscimo temporário na porosidade. AZUMA et al. (1968), semelhantemente, não encontraram correlação entre a matéria orgânica e a formação de agregados no solo, apesar de a mesma ter se mostrado eficiente no desenvolvimento dos macroagregados; concluíram, ainda, que os solos com alta capacidade de troca catiônica, devido à fração argila, apresentam mais alto grau de agregação do que aqueles com alta capacidade de troca devido ao húmus. MUSGRAVE e NORTON (1937) concluíram que adições anuais de 8 a 16% de esterco provoca apenas um pequeno aumento na granulação e na fertilidade de solos pertencentes à classe textural barro limoso.

FREIRE (1967), ZAITSEV (1963) e Thorne (BAVER, 1966) afirmaram que a influência da matéria orgânica sobre a estruturação é indireta, uma vez que o seu efeito se faz sentir no desenvolvimento vegetal e este é que teria ação direta e efetiva sobre a agregação.

FREIRE (1967), em experimentos levados a efeito em casa-de-vegetação, verificou que a matéria orgânica não apresentou efeito algum sobre o grau de estruturação de solos da Série "Luiz de Queiroz". Concluiu ainda que, para solos pertencentes aos Grandes Grupos Latosol Vermelho Escuro, Hidromórfico Húmico Gleizado e Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras, a matéria orgânica apresenta seu efeito em associação com outros fatores tais como: adubação, calagem e tipo de vegetação.

QUEIROZ NETO et al. (1966) reconheceram que a estabilidade em água, das várias classes de tamanho dos agregados de um Latossol Roxo, não está relacionada com os teores de carbono total, pois permanece mais ou menos invariável enquanto estes diminuem.

As características dos agregados de um solo Podzólico Vermelho Amarelo-Orto foram estudadas por OLIVEIRA et al. (1966); os autores concluíram que altos teores de carbono total quando associados a teores elevados de cálcio trocável, tendem a diminuir a estabilidade dos agregados em água. HEINONEN (1955), por sua vez, encontrou correlação significativa entre matéria orgânica e agregação do solo. Entretanto, quando os teores de matéria orgânica eram superiores a 6%, em solos leves e com porcentagem de argila variando de 10 a 30%, a matéria orgânica teve pouco ou nenhum efeito sobre a agregação.

2.2. Efeito de íons adsorvidos sobre a agregação do solo

A agregação do solo tem sido intimamente relacionada com a natureza de íons trocáveis, de maneira que o estudo da influência de tais íons sobre a agregação passa a ser assunto de relevante interesse.

2.2.1. Efeito do nitrogênio

ALDERFER e MERKLE (1941) e ELSON (1944) verificaram que aplicações pesadas de nitrogênio diminuem a estabilidade em água dos macroagregados, tendo MEREDITH (1965) afirmado que, de uma maneira geral, os adubos nitrogenados tendem a diminuir a agregação do solo.

CECCONI et al. (1963), estudando a estabilidade em água dos agregados de 1 a 2 mm, de seis solos de diferentes classes texturais, concluíram que a estabilidade em água de tais agregados não é afetada pelos sais de amônio, apesar de SOKOLOVSKY (1933) ter admitido a possibilidade do amônio, formado durante a decomposição da matéria orgânica, vir a dispersar os colóides e deteriorar a agregação do solo.

Segundo MAZURAK e RAMIG (1962), as modificações estruturais ocorridas no solo, num experimento que incluía um segundo ciclo de dez anos de rotação de culturas, não foram afetadas pelas adubações nitrogenadas.

CAVAZZA et al. (1968), estudando a influência da rotação de cultura, adubações e incorporação de palha sobre a estruturação do solo, concluíram que os tratamentos com adubos nitrogenados e potássicos melhoram aquela característica. GIFFORD e STRICKLING (1958) observaram que a aplicação de amônia anidra no solo, cultivado com milho, aumenta a agregação estável no primeiro ano, falhando nos seguintes.

2.2.2. Efeito do fósforo

O fósforo tem um efeito pronunciado sobre as propriedades físicas do solo. De início, pensou-se que tal efeito pudesse ser atribuído ao estímulo da atividade dos microrganismos do solo pela aplicação do fósforo; mas, posteriormente, ficou estabelecido que ocorre uma interação físico-química entre o cristal de argila e o fósforo, que determina alterações nas propriedades físico-químicas do colóide. Através de ensaios de laboratório, LUTZ et al. (1962) comprovaram que o efeito significativo, causado pelas aplicações pesadas de adubos fosfatados, sobre a agregação dos solos podzólicos vermelhos de textura argilosa, são fenômenos mais físicoquímicos do que biológicos.

Em experimentos conduzidos por CECCONI et al. (1963), verificou-se que a estabilidade em água dos agregados de 1 a 2 mm é melhorada pela presença de fosfatos. A adição de superfosfato ao solo produz um aumento significativo na estabilidade em água dos agregados de 0,1 a 1,0 mm, conforme observou ELSON (1961).

MEREDITH (1965) afirmou que, de maneira geral, os adubos fosfatados tendem a aumentar a agregação dos solos, no que é confirmado por NIESCHLAG (1953) que, após ter aplicado 100 kg de P_2O_5 por hectare, observou um aumento na porcentagem de macroagregados desde 30 até 90%, em um dos solos estudados.

Gericke (JURGENS-GSCHWIND, 1960) verificou que a porcentagem de agregados em um solo aumenta, desde 45 até 66%, à medida que a quantidade de P_2O_5 cresce de 0 a 200 kg/ha.

PINTO (1966) concluiu que a aplicação de fósforo pro-

duz um aumento significativo na agregação de partículas menores do que 40μ , sendo que a formação de agregados estáveis em água é notavelmente estimulada, quando os tratamentos incluem doses superiores a 200 kg de P_2O_5 por hectare.

RADAELLI e BOSETTO (1969), estudando os efeitos de fosfatos de sódio e de amônio sobre a estabilidade da estrutura do solo, observaram que os fosfatos de amônio, ao contrário dos de sódio, melhoram aquela característica.

2.2.3. Efeito do sódio e do potássio

O efeito do sódio e do potássio sobre a agregação do solo tem sido estudado por vários pesquisadores, como BOEKEL (1959) que observou efeitos desfavoráveis do sódio e do potássio, bem como do lítio, sobre a agregação de solos argilosos, no que foi confirmado por AHMED et al. (1969). Estes autores concluíram que, após terem pesquisado os efeitos de cátions adsorvidos sobre as propriedades físicas de diferentes solos tropicais, os íons potássio apresentaram os mesmos efeitos prejudiciais dos íons sódio sobre a estruturação dos solos.

Segundo REEVE et al. (1954), a porcentagem de potássio trocável tem influência sobre as propriedades físicas do solo, enquanto que a porcentagem de sódio trocável altera significativamente as condições físicas dos solos estudados.

CECCONI et al. (1963) verificaram que a estabilidade em água dos agregados de 1 a 2 mm sofre certa diminuição pelos sais neutros de sódio, não sendo afetada pelos sais de potássio.

Por outro lado, MEREDITH (1965) chegou a concluir que os adubos potássicos tendem a aumentar a agregação do solo.

2.2.4. Efeito do cálcio

Trabalhos mais antigos relatam um aumento na estabilidade dos agregados do solo de acordo com o aumento na concentração

do íon cálcio. Todavia, alguns pesquisadores têm procurado suavizar esta afirmação, assinalando que quaisquer efeitos benéficos na agregação proveniente do aumento da concentração do íon cálcio, são devido, indiretamente, à crescente disponibilidade desse elemento. Assim é que BAVER (1966), estudando o efeito das calagens sobre a estruturação do solo, afirmou que os resultados dos experimentos não têm confirmado um efeito direto do cálcio sobre a agregação, reconhecendo, entretanto, que a adição de calcário poderia promover maior desenvolvimento da vegetação com resultados favoráveis para a granulação do solo.

Pesquisas desenvolvidas por KHAN (1957), sobre a formação de agregados estáveis em solos chernozêmicos, vieram demonstrar que o conteúdo de cálcio trocável é sempre mais alto nos agregados estáveis do que nos demais.

FILLIPPOVIVH (1956) concluiu que o cálcio apresenta um efeito favorável sobre a estruturação do solo porque pode converter os sais solúveis de ferro em colóides hidratados insolúveis, garantindo dessa maneira a estabilidade da estrutura; BUCKMAN e BRADY (1968) observaram, ainda, que a adsorção de cálcio estimula a granulação mediante o fenômeno da floculação.

Segundo HUBBELL e STATEN (1951), o efeito positivo da calagem sobre a agregação do solo se manifesta um ano após a sua aplicação, tendo GHANI (1955) verificado que a aplicação de CaSO_4 tem sempre melhor efeito na agregação de solos lateríticos do que as aplicações de CaCO_3 e MgO .

Estudando o efeito das calagens sobre as propriedades físicas do solo, MÉRIAUX (1961) observou que, apesar do CaO aumentar a proporção de agregados estáveis em água, a aplicação de CaCO_3 moído é sempre mais eficiente. Solos arenosos pré-tratados com calcário apresentam resistência muito maior do que os que receberam apenas fertilizantes, conforme observou MAEDA (1955).

A diminuição na quantidade de sesquióxidos livres e na estabilidade dos agregados foi verificada por LEVIN (1958) após aplicação de calcário acompanhado de matéria orgânica; todavia, a estabilidade dos agregados tende a aumentar à medida que se formam

humatos de cálcio. Neste particular, SWABY (1950) desenvolveu pesquisas ao final das quais concluiu que os microrganismos reduzem a estabilidade dos agregados cimentados por filmes de humatos de cálcio.

QUEIROZ NETO e GROHMANN (1963) mostraram que a adição de calcário e adubo mineral não concorre para o aumento da agregação de uma terra-roxa sob cultura de milho.

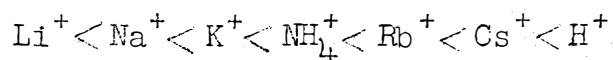
2.2.5. Efeito de outros íons

BOEKEL (1959) concluiu que o ferro e o alumínio têm um efeito favorável sobre a agregação do solo, ao passo que outros íons como o magnésio, o cálcio, o estrôncio e o hidrogênio têm menor efeito.

Conclusão semelhante foi obtida por SILLAMPAA (1960) que, após ter estudado o efeito de tratamentos com soluções salinas sobre a estabilidade dos agregados em água, chegou à conclusão de que o efeito estabilizante mais acentuado, é determinado pelo cloreto de alumínio, cloreto de ferro e ácido clorídrico.

Conforme esclareceu FILLIPPOVICH (1956), a adsorção de Fe_2O_3 coloidal e húmus em torno das partículas é essencial para uma estruturação estável do solo; mas, o fato de solos ricos em CaCO_3 serem bem estruturados deve-se também ao de serem ricos em ferro.

MAZURAK (1953) verificou que os agregados formados com lítio, sódio, amônio e potássio, não são estáveis; enquanto que rubídio e céσιο produzem agregados maiores do que os formados com cálcio. O diâmetro médio geométrico dos agregados formados com esses cátions, observa a seguinte ordem:



RAM e ZWERMAN (1960) afirmaram, de uma maneira geral, que a adubação das principais culturas é também um fator que governa o retorno do material orgânico do solo, sendo que a adubação pe

sada tende a diminuir a estabilidade em água dos macroagregados e aumentar a proporção de microagregados estáveis.

Além disso, conforme salientou McCALLA (1945), a influência dos elementos fertilizantes e do calcário seria indireta, condicionando a qualidade da matéria orgânica formada. Contudo, os solos de parcelas fertilizadas podem apresentar mais matéria orgânica, sem que isso se traduza por um aumento dos agregados em relação à testemunha, segundo observações de ELSON (1940).

2.3. Efeito da vegetação sobre a agregação do solo

OLIVEIRA et al. (1966) mencionaram que um solo Podzólico Vermelho Amarelo-Orto apresenta pequena variação no estado de agregação conforme a intensidade de cultivo, ao contrário da estabilidade em água dos agregados, que chega a sofrer redução de 50%, quando comparada com a de um solo nas condições naturais.

Autores como BERTRANSON e RHOADES (1938) afirmaram que os solos cultivados representam apenas 73% do estado de agregação apresentado por solos não cultivados e apenas 12,8% dos agregados maiores do que 0,5 mm.

No entanto, pesquisas desenvolvidas por RAM (1957) vem demonstrar que as culturas de cobertura aumentam a estabilidade em água dos agregados, tendo LOW (1955) verificado que a frequência de agregados estáveis em água é maior em amostras depois das culturas terem completado seu ciclo, ou depois de períodos de vigoroso desenvolvimento vegetal.

RUSSEL (1938) encontrou que solos cultivados permanentemente com capim, em geral apresentam estrutura granular mais pronunciada e mais estável do que quando cultivado sucessivamente com culturas anuais. De acordo com as observações de GROHMANN (1960), os cultivos continuados tendem a destruir a estrutura dos solos.

WILSON (1957) afirmou que as gramíneas e as leguminosas são mais eficientes do que as demais plantas para aumentar a agregação de solos. BARBER (1959), todavia, concluiu que a porcen

tagem de agregados estáveis em água depende da espécie vegetal.

RAGIMOV (1960), pesquisando as modificações que ocorrem na estrutura de um solo, concluiu que as gramíneas perenes aumentam a agregação estável enquanto que o algodoeiro, cultivado repetidamente, causa a deterioração da estrutura.

LUNGU (1961) ressaltou que a quantidade de agregados estáveis de um solo sob cultivo de trevo aumenta 113% quando comparado com o solo sob culturas anuais, e apenas 16 a 17% quando, ao solo, é aplicado esterco.

Comparando o grau de agregação de vários solos, SELLIVANOV (1960) encontrou que a vegetação herbácea condiciona a agregação mais estável do que a observada em solos cultivados com tubérculos e cereais.

A estabilidade dos agregados de solos argilosos utilizados com pastagens foi estudada por VIKLERT (1962) que verificou um aumento nessa característica, proporcional ao tempo durante o qual o solo permanece sob tal vegetação. WILLIAMS (1963) observou também um aumento crescente na estabilidade dos agregados de um solo cultivado com gramíneas durante um, dois e três anos de cultura.

2.4. Efeito do preparo do solo sobre a agregação

O preparo é uma prática agronômica que visa alterar algumas das características físicas do solo, conferindo-lhe condições que favoreçam o desenvolvimento das plantas.

RUSSEL (1938) reconheceu que a estrutura natural do solo pode ser alterada, dentro de amplos limites, pelo preparo do solo.

GROHMANN e ARRUDA (1961), estudando a influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa-legítima, instalaram um ensaio que foi repetido durante 12 anos. A análise de agregados mostrou que, nos tratamentos com duas arações, os agregados

apresentaram um diâmetro médio geométrico⁽⁺⁾ de 0,51 mm; nos tratamentos com uma aração apenas, esse diâmetro foi de 0,70 mm; o preparo com enxada foi o que manteve o maior d.m.g. (0,95 mm), pois - este foi o tratamento que menos revolveu a superfície do solo. Tais resultados levaram os autores a concluir que o intenso trabalho mecânico do solo diminui o d.m.g. dos agregados, recomendando ainda que, sob o ponto de vista da estrutura, os tratamentos que trabalham o solo mais intensamente são os menos indicados.

A compactação dos solos tem sido pesquisada por vários autores que a consideram um fator limitante ao desenvolvimento das plantas, uma vez que afeta de maneira negativa, a aeração do solo, a infiltração de água, a penetração de raízes, etc. HUBBELL e STATEN (1951) observaram que a compactação reduz a agregação de um solo aproximadamente à metade, em amostras com predominância de partículas grosseiras, além de diminuir a macroporosidade pela redução no tamanho das partículas.

ZRAZHEVSKIY e NAZARENKO (1969) acharam que uma das principais razões pelas quais um solo, cujo grau de compactação está abaixo do desejável, oferece más condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, está na redução da intimidade de contato entre as raízes das plantas e o solo, resultando - no desenvolvimento de um sistema desordenado de raízes grandes, em detrimento da parte aérea da planta.

Como recurso contra a compactação, passou-se a empregar a sub-solagem que, segundo BUCKMAN e BRADY (1968), a curto prazo apresenta um efeito favorável, afofando o solo e incorporando - ou misturando a matéria orgânica. A longo prazo, o efeito é, no entanto, pernicioso, pois destrói os agregados estáveis do solo, especialmente quando as operações incluem equipamento pesado.

KURYNDINA e PRIDORGIN (1969), estudando o efeito do uso de máquinas agrícolas na compactação dos solos em pomares de macieira, verificaram que o grau de compactação causado pela gradeação varia com a textura do solo, de maneira que um solo barro

(+) diâmetro médio geométrico: d.m.g.

arenoso torna-se compacto mais vagarosamente que um solo barro argiloso. Os autores concluíram ainda que o grau de compactação, desenvolvido pelo uso de grades de disco nas camadas do solo subjacentes àquela alcançada pela gradeação, é semelhante àquela causado pelos arados comuns.

ZRAZHEVSKIY e NAZARENKO (1969) concluíram que o preparo do solo com arado de aiveca, quando o grau de compactação do solo é baixo, conduz a uma extrema fragmentação da camada arada, acarretando conseqüentemente um mau crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como uma redução na produção das culturas.

SHCHERBAKOV (1970), estudando o efeito de cultivos sobre as propriedades físicas do solo e sobre a formação de pastagens, verificou que maiores produções e pastos de melhores qualidades são obtidos quando o preparo do solo compreende a passagem de enxada rotativa, seguida de aração e gradeação.

As características estruturais dos solos tropicais, - sob o ponto de vista do preparo do solo, têm sido pouco estudadas; isso porque os autores, de uma maneira geral, não se têm preocupado muito com o seu efeito sobre o solo, e sim com o seu efeito sobre o rendimento das colheitas.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Solo

As amostras, tomadas como material para estudo, são provenientes da camada arável de um solo pertencente à classe textural barro argiloso e designado por RANZANI et al. (1966) como Série Luiz de Queiroz. Este solo foi classificado pela COMISSÃO DE SOLOS (1960) como sendo do Grande Grupo Terra-Roxa-Estruturada, localizando-se nos campos experimentais da Fazenda Areão, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Estes solos ocorrem em meia encosta e no topo de elevações extensas no sentido noroeste, caracterizadas pela presença de espigões horizontais, uniformes, extensos, e por topografia suavemente ondulada. Em geral, são intensamente cultivados com cana-de-açúcar ou lavouras anuais diversas.

Estes perfis apresentam, no horizonte superficial, as

seguintes características morfológicas:

Ap 0-35 cm; pardo avermelhado (2,5 YR 4/4; 3/4 úmido); barro - argiloso; granular, média a grossa, moderada a forte; duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, abundantes; cascalhos (1 cm) angulosos, raro; pH 6,0; limite ondulado, claro.

As características químicas do horizonte Ap, avaliadas através da análise de amostras colhidas antes da instalação e ao final do experimento, estão apresentadas no QUADRO 1. O QUADRO 2 contém as características físicas desse mesmo horizonte.

3.1.2. Máquinas utilizadas

As parcelas, às quais correspondia o tratamento Preparo do Solo em Alto Nível, foram aradas e gradeadas em uma só operação com enxada rotativa, cuja profundidade de trabalho alcança 15 cm.

Posteriormente, com o auxílio de arado de aiveca de tração animal, foram construídos canais de divergência ao longo de cada parcela, destinados à captação e à condução da água das chuvas para fora da área do experimento.

3.1.3. Peneirador mecânico

Para o peneiramento das amostras em água, utilizou-se um peneirador mecânico semelhante ao descrito por YODER (1936), cujo funcionamento e detalhes foi relatado por FREIRE (1967). Todavia, foi necessária uma adaptação no que diz respeito ao tamanho das peneiras, uma vez que não se dispunha daquelas indicadas pelo autor. Empregaram-se dois jogos de tamises com abertura de malha de 2,000; 0,841; 0,420; 0,250 e 0,105 mm, correspondentes aos números 10, 20, 40, 60 e 140 da A.S.T.M. (American Society for Testing Materials), respectivamente.

QUADRO 1 - Características químicas do horizonte Ap da Série Luiz de Queiroz, em duas épocas: antes do início do experimento (A) e ao final do experimento (B).

Época	pH		g/100g terra		e.mg/100g de terra					
	água (1:1)	KCl (1:1)	Mat. org.	Fe ₂ O ₃ livre	K	Ca	Mg	H Troc.	CTC	PO ₄
A	6,35	5,30	2,37	10,06	0,42	7,56	0,79	2,98	11,84	0,13
B	5,70	5,00	2,58	12,63	0,52	7,71	0,83	3,92	12,98	0,24

QUADRO 2 - Características físicas do horizonte Ap da Série Luiz de Queiroz

Composição textural %			Água retida %		Massa específica g/cm ³	
areia	limo	argila	1/2 atm.	15 atm.	real	aparente
34,0	27,5	38,5	20,2	14,0	2,8	1,7

3.1.4. Adubos

A adubação das parcelas constou da aplicação de sulfato de amônio (21% de N), superfosfato triplo (45% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O) na seguinte proporção:

N	15 kg/ha
P_2O_5	70 kg/ha
K_2O	70 kg/ha

3.2. Método

3.2.1. Delineamento experimental

O experimento, conduzido em condições de campo, foi um fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$, tendo por objetivo comparar a eficiência de vários tratamentos, que representam aproximações experimentais de práticas de manejo, sobre a agregação do solo.

Os tratamentos experimentados foram os seguintes:

- a - Matéria Orgânica (Com e Sem)
- b - Adubação (Com e Sem)
- c - Vegetação (Com e Sem)
- d - Preparo do Solo (Alto e Baixo Nível).

O QUADRO 3 contém o esquema e a identificação dos tratamentos, sendo que estes estão representados por números, enquanto que as repetições, por letras.

O experimento teve suas parcelas dispostas inteiramente ao acaso, contando, cada tratamento, com quatro repetições.

3.2.2. Critério

O critério utilizado para a comparação do efeito dos tratamentos foi o índice de agregação determinado pelo peneiramento em água e calculado de acordo com YOUKER e McGUINNESS (1957).

QUADRO 3 - Esquema do experimento fatorial 2 x 2 x 2 x 2

Matéria orgânica	FATORES			Tratamentos			
	Adubação	Vegetação	Preparo do solo	Repetições			
				A	B	C	D
Com	Com	Com	Baixo nível	1	1	1	1
			Alto nível	2	2	2	2
		Sem	Baixo nível	3	3	3	3
			Alto nível	4	4	4	4
	Sem	Com	Baixo nível	5	5	5	5
			Alto nível	6	6	6	6
		Sem	Baixo nível	7	7	7	7
			Alto nível	8	8	8	8
Sem	Com	Com	Baixo nível	9	9	9	9
			Alto nível	10	10	10	10
		Sem	Baixo nível	11	11	11	11
			Alto nível	12	12	12	12
	Sem	Com	Baixo nível	13	13	13	13
			Alto nível	14	14	14	14
		Sem	Baixo nível	15	15	15	15
			Alto nível	16	16	16	16

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente segundo os esquemas usuais, conforme indicações de PIMENTEL GOMES - (1966), sendo as diferenças entre médias de tratamentos comparadas pelo método de Duncan.

3.2.3. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido no campo, em gleba homogênea, cujo solo é um representante da Série Luiz de Queiroz.

As parcelas, num total de 64, mediam 5 metros de largura por 10 metros de comprimento, tendo sido dispostas em nível e recebido, por sorteio, um dos tratamentos descritos no QUADRO 3. A identificação das parcelas se fez com o auxílio de uma tabuleta na qual constava um número, de 1 a 16, correspondente aos tratamentos, e uma letra, A, B, C ou D, correspondente às repetições.

O local do experimento foi limpo a enxada. Após esta queamento e sorteio, procedeu-se à aração e à gradeação das parcelas que iriam receber tais tratamentos; tendo-se, posteriormente, construído os canais de divergência.

Todos os tratamentos foram mantidos ao limpo, durante o transcorrer do experimento, por meio de capinas periódicas.

3.2.4. Aplicação dos tratamentos

a - Matéria Orgânica

A Matéria Orgânica foi aplicada na forma de esterco - de curral e na proporção de 40 toneladas por hectare, seis semanas antes da sementeira.

Sua distribuição se fez manualmente, em cobertura, sendo incorporada ao solo por meio da aração e gradeação, nas parcelas que deviam receber tal tratamento.

b - Adubação

Os adubos foram misturados e aplicados em sulcos abertos lateralmente em relação às sementes e 5 a 10 centímetros abaixo delas, com exceção do fósforo, cuja dose foi fracionada.

Assim é que 70% do adubo fosfatado foi administrado - em cobertura, por ocasião da aração e gradeação, destinando-se a atender às necessidades do solo em fósforo, uma vez que o seu teor, conforme se observa no QUADRO 1, era médio, próximo ao limite do teor considerado baixo. Com isso pretendeu-se elevar o teor de fósforo na forma disponível às plantas, o que foi confirmado pelo aumento no teor de fósforo trocável que passou a ser de 0,53 e.mg/100g, 40 dias após a sua aplicação.

A dose restante de fósforo foi distribuída nos sulcos, juntamente com os demais adubos, sendo incorporada à medida que era oferecida ao solo.

c - Vegetação

A planta escolhida para representar o tratamento "Vegetação" foi a crotalária júncea (Crotalaria juncea, L.), semeada manualmente, obedecendo a um espaçamento de 2 cm nas linhas e 50 cm entre as linhas, conforme indicações de NEME (1966).

A razão da escolha desta espécie vegetal foi devido - ao fato de que as leguminosas têm sempre se mostrado eficientes para o melhoramento das condições físicas do solo e também porque a cultura da crotalária júncea é muito difundida como adubo verde, - além de ser particularmente rústica.

d - Preparo do Solo

O Preparo do Solo foi considerado, no presente trabalho, em dois níveis: Alto e Baixo; o Preparo do Solo em Alto Nível compreendeu limpeza do terreno a enxada, aração-gradeação e capinas periódicas para evitar o aparecimento de plantas daninhas que pudessem interferir no efeito do tratamento "Vegetação" sobre a agregação do solo. A aração e gradeação foram feitas de uma só vez, empregando-se a enxada rotativa.

O Preparo do Solo em Baixo Nível compreendeu somente limpeza do terreno à enxada e posteriores capinas periódicas, também à enxada.

3.2.5. Peneiramento em água

Para a análise dos agregados utilizou-se o método do peneiramento em água, conforme as indicações de YODER (1936).

As amostras de terra foram coletadas quando se apresentavam em estado úmido, procurando-se não perturbar o estado natural de agregação. Segundo KEMPER e KOCH (1965), quando cuidados especiais são tomados na amostragem, pode-se obter resultados muito próximos uns dos outros na análise dos agregados de amostras cujos teores de umidade variam entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente.

A marcha analítica da análise dos agregados, descrita por FREIRE (1967), prevê um pré-tratamento das amostras que consiste em serem postas para secar ao ar, até que seja atingido um estado aproximadamente de equilíbrio com a umidade do ambiente. Posteriormente, as amostras devem ser umedecidas com o auxílio de um atomizador e depois por capilaridade, durante uma noite, antes de serem tamisadas em água.

ARENA (1941) afirmou que os resultados das análises dos agregados dependem das condições em que são realizadas e do teor de umidade do solo. O umedecimento das amostras de solo pode afetar profundamente a estabilidade dos agregados, sendo o assunto estudado por RUSSEL e TAMHANE (1940); estes autores concluíram que quanto mais rápido for o umedecimento das amostras por ocasião do peneiramento, tanto menor será a estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, maior será a sua desintegração.

Os resultados obtidos foram expressos na forma de um índice de agregação de acordo com a proposição de YOUKER e McGUINNESS (1957), os quais sugerem uma equação somatória, ao invés da aproximação gráfica de VAN BAVEL (1949), para o cálculo do

diâmetro médio ponderado⁽⁺⁾ .

Esta equação somatória geralmente superestima o d.m.p. quando são usadas apenas cinco frações de tamanho regularmente dispostas. Apesar dessa pequena divergência de resultados, pode ser considerada como boa a correlação entre o d.m.p. encontrado através de gráficos e aqueles calculados pelo processo das somatórias, usando cinco frações de tamanho. Além disso, o processo proposto por YOUNKER e MCGUINNESS (1957) é de mais simples execução.

(+) diâmetro médio ponderado: d.m.p.

4. RESULTADOS

O efeito da aplicação dos tratamentos, sobre o estado de agregação do solo, foi avaliado através da análise estatística dos dados fornecidos pelo experimento, cujos resultados são apresentados a seguir.

A análise da variância, apresentada no QUADRO 4, mostra significância para os efeitos principais de Adubação, Vegetação e Preparo do Solo, bem como para as interações de primeira ordem Matéria Orgânica - Vegetação, Matéria Orgânica - Preparo do Solo, Adubação - Vegetação, Adubação - Preparo do Solo e Vegetação - Preparo do Solo, todas elas significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Na avaliação dos resultados não foram consideradas as interações de segunda e terceira ordem, uma vez que a sua interpretação tem pouco ou nenhum valor prático.

As médias dos índices de agregação relativos à aplicação dos tratamentos Matéria Orgânica (M), Adubação (A), Vegetação

QUADRO 4 - Análise da variância dos dados referentes aos índices de agregação.

Causa de Variação	G.L.	\hat{Y}	S.Q.	Q.M.	F
Matéria orgânica (M)	1	-0,194	0,00059	0,00059	0,072
Adubação (A)	1	4,646	0,33727	0,33727	41,282**
Vegetação (V)	1	15,914	3,95712	3,95712	484,348**
Preparo do Solo (P)	1	-6,908	0,74563	0,74563	91,264**
Interação MxA	1	0,938	0,01375	0,01375	1,683
Interação MxV	1	3,490	0,19031	0,19031	23,294**
Interação MxP	1	2,908	0,13213	0,13213	16,173**
Interação AxV	1	-10,046	1,57691	1,57691	193,012**
Interação AxP	1	-5,308	0,44023	0,44023	53,884**
Interação VxP	1	4,640	0,33640	0,33640	41,175**
Interação MxAxV	1	0,958	0,01434	0,01434	1,755
Interação MxAxP	1	-1,760	0,04840	0,04840	5,924*
Interação MxVxP	1	-0,896	0,01254	0,01254	1,535
Interação AxVxP	1	2,472	0,09548	0,09548	11,687**
Interação MxAxVxP	1	1,780	0,04951	0,04951	6,060*
(Tratamentos)	(15)		(7,95061)		
Blocos	3		0,089	0,0297	0,364
Resíduo	45		3,678	0,0817	
Total	63		11,718		

C.V. = 34,96 %

(V) e Preparo do Solo (P), encontram-se no QUADRO 5.

A decomposição do número de graus de liberdade da interação Matéria Orgânica - Vegetação está apresentado no QUADRO 6, onde se observa significância para o efeito de Vegetação, tanto na ausência quanto na presença de Matéria Orgânica, quanto ao índice de agregação.

O QUADRO 7 apresenta a análise da variância dos índices relativos à decomposição do número de graus de liberdade da interação Matéria Orgânica - Preparo do Solo, observando-se um efeito significativo apenas para Preparo do Solo na ausência de Matéria Orgânica. Análise semelhante, aplicada à interação Adubação - Vegetação, mostrou significância para Adubação na ausência de Vegetação e Vegetação na ausência de Adubação, conforme se observa no QUADRO 8.

Os efeitos significativos de Adubação a um Baixo Nível de Preparo do Solo e de Preparo do Solo na presença de Adubação, foram constatados por meio da análise da variância dos índices referentes à decomposição do número de graus de liberdade da interação Adubação - Preparo do Solo, cujos resultados constam no QUADRO 9. Do mesmo modo, o QUADRO 10 apresenta os efeitos significativos de Vegetação, em ambos os níveis de Preparo do Solo, e de Preparo do Solo apenas na ausência de Vegetação, de acordo com os resultados apresentados pela decomposição do número de graus de liberdade da interação Vegetação - Preparo do Solo.

O teste de Duncan foi aplicado às médias dos tratamentos, observando-se, no QUADRO 11, todos os contrastes entre duas médias de tratamentos, que foram significativos ao nível de 5 ou 1% de probabilidade.

QUADRO 5 - Médias dos índices de agregação (I.A.) relativos à aplicação dos tratamentos Matéria orgânica, Adubação, Vegetação e Preparo do solo.

Tratamentos	I.A.	Tratamentos	I.A.
Matéria orgânica (M)		Vegetação (V)	
com M	1,230	com V	1,482
sem M	1,236	sem V	0,984
M c/ A	1,317	V c/ M	1,533
M s/ A	1,143	V s/ M	1,430
M c/ V	1,533	V c/ A	1,397
M s/ V	0,927	V s/ A	1,566
M c/ P ₁ ⁽⁺⁾	1,167	V c/ P ₁	1,446
M c/ P ₀ ⁽⁺⁺⁾	1,292	V c/ P ₀	1,517
Adubação (A)		Preparo do solo (P)	
com A	1,305	com P ₁	1,125
sem A	1,160	com P ₀	1,341
A c/ M	1,317	P ₁ c/ M	1,167
A s/ M	1,294	P ₁ s/ M	1,083
A c/ V	1,397	P ₁ c/ A	1,115
A s/ V	1,214	P ₁ s/ A	1,135
A c/ P ₁ ...	1,115	P ₁ c/ V	1,446
A c/ P ₀ ...	1,496	P ₁ s/ V	0,804

Testemunha: I.A. = 0,986

(+)P₁ : Preparo do Solo em Alto Nível
 (++)P₀ : Preparo do Solo em Baixo Nível

QUADRO 6 - Decomposição do número de graus de liberdade da interação MxV.

Matéria Orgânica na ausência ou na presença de Vegetação					
Interação		Matéria orgânica		Total	
		Mo (1)	M ₁ (2)		
Vegetação	V ₀ (3)	16,668	14,826	31,494	
	V ₁ (4)	22,880	24,528	47,408	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
M na ausência de V		1	0,106	0,106	1,29
M na presença de V		1	0,085	0,085	1,04
Resíduo		45	3,678	0,082	

Vegetação na ausência ou na presença de Matéria Orgânica					
Interação		Vegetação		Total	
		V ₀	V ₁		
Matéria orgânica	Mo	16,668	22,880	39,548	
	M ₁	14,826	24,528	39,354	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
V na ausência de M		1	1,206	1,206	14,71**
V na presença de M		1	2,942	2,942	35,88**
Resíduo		45	3,678	0,082	

(1) Mo : sem Matéria Orgânica

(3) V₀ : sem Vegetação(2) M₁ : com Matéria Orgânica(4) V₁ : com Vegetação

QUADRO 7 - Decomposição do número de graus de liberdade da interação MxP.

Matéria Orgânica na ausência ou na presença de Preparo do Solo					
Interação		Matéria orgânica			Total
		Mo	M ₁		
Preparo do solo	Po	22,228	20,677		42,905
	P ₁	17,320	18,677		35,997
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
M na ausência de P		1	0,075	0,075	0,91
M na presença de P		1	0,058	0,058	0,71
Resíduo		45	3,678	0,082	

Preparo do Solo na ausência ou na presença de Matéria Orgânica					
Interação		Preparo do solo			Total
		Po	P ₁		
Matéria orgânica	Mo	22,228	17,320		39,548
	M ₁	20,677	18,677		39,354
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
P na ausência de M		1	0,753	0,753	9,18**
P na presença de M		1	0,125	0,125	1,52
Resíduo		45	3,678	0,082	

QUADRO 8 - Decomposição do número de graus de liberdade da interação AxV.

Adubação na ausência ou na presença de Vegetação					
Interação		Adubação		Total	
		A ₀ (1)	A ₁ (2)		
Vegetação	V ₀	12,074	19,420	31,494	
	V ₁	25,054	22,354	47,408	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
A na ausência de V		1	1,686	1,686	20,56**
A na presença de V		1	0,228	0,228	2,78
Resíduo		45	3,678	0,082	

Vegetação na ausência ou na presença de Adubação					
Interação		Vegetação		Total	
		V ₀	V ₁		
Adubação	A ₀	12,074	25,054	37,128	
	A ₁	19,420	22,354	41,774	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
V na ausência de A		1	5,265	5,265	64,21**
V na presença de A		1	0,269	0,269	3,28
Resíduo		45	3,678	0,082	

(1) A₀ : sem Adubação

(2) A₁ : com Adubação

QUADRO 9 - Decomposição do número de graus de liberdade da interação AxP.

Adubação na ausência ou na presença de Preparo do Solo					
Interação		Adubação		Total	
		A ₀	A ₁		
Preparo do solo	P ₀	18,964	23,941	42,905	
	P ₁	18,164	17,833	35,997	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
A na ausência de P		1	0,774	0,774	9,44**
A na presença de P		1	0,004	0,004	0,05
Resíduo		45	3,678	0,082	

Preparo do Solo na ausência ou na presença de Adubação					
Interação		Preparo do solo		Total	
		P ₀	P ₁		
Adubação	A ₀	18,964	18,164	37,128	
	A ₁	23,941	17,833	41,774	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
P na ausência de A		1	0,020	0,020	0,24
P na presença de A		1	1,166	1,166	14,22**
Resíduo		45	3,678	0,082	

QUADRO 10 - Decomposição do número de graus de liberdade da interação VxP.

Vegetação na ausência ou na presença de Preparo do Solo					
Interação		Vegetação		Total	
		V ₀	V ₁		
Preparo do solo	P ₀	18,634	24,271	42,905	
	P ₁	12,860	23,137	35,997	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
V na ausência de P		1	0,993	0,993	12,11**
V na presença de P		1	3,301	3,301	40,25**
Resíduo		45	3,678	0,082	

Preparo do Solo na ausência ou na presença de Vegetação					
Interação		Preparo do solo		Total	
		P ₀	P ₁		
Vegetação	V ₀	18,634	12,860	31,494	
	V ₁	24,271	23,137	47,408	
Análise da variância		G.L.	S.Q.	Q.M.	F
P na ausência de V		1	1,042	1,042	12,71**
P na presença de V		1	0,040	0,040	0,49
Resíduo		45	3,678	0,082	

QUADRO 11 - Diferenças significativas (teste de Duncan) entre duas médias de tratamentos.

Médias	Diferença	Significância
\hat{m}_A e \hat{m}_M	1,578 - 0,642	0,936*
\hat{m}_A e \hat{m}_P	1,578 - 0,638	0,940*
\hat{m}_A e \hat{m}_{MP}	1,578 - 0,753	0,825*
\hat{m}_V e \hat{m}_M	1,566 - 0,642	0,924*
\hat{m}_V e \hat{m}_P	1,566 - 0,638	0,928*
\hat{m}_V e \hat{m}_{MP}	1,566 - 0,753	0,813*
\hat{m}_{MV} e \hat{m}_M	1,548 - 0,642	0,906*
\hat{m}_{MV} e \hat{m}_P	1,548 - 0,638	0,910*
\hat{m}_{MV} e \hat{m}_{MP}	1,548 - 0,753	0,795*
\hat{m}_{VP} e \hat{m}_M	1,522 - 0,642	0,880*
\hat{m}_{VP} e \hat{m}_P	1,522 - 0,638	0,884*
\hat{m}_{VP} e \hat{m}_{MP}	1,522 - 0,753	0,769*
\hat{m}_{MA} e \hat{m}_M	1,454 - 0,642	0,812*
\hat{m}_{MA} e \hat{m}_P	1,454 - 0,638	0,816*
\hat{m}_{AV} e \hat{m}_M	1,428 - 0,642	0,786*
\hat{m}_{AV} e \hat{m}_P	1,428 - 0,638	0,790*
\hat{m}_{MAV} e \hat{m}_M	1,526 - 0,642	0,884*
\hat{m}_{MAV} e \hat{m}_P	1,526 - 0,638	0,888*
\hat{m}_{MAV} e \hat{m}_{MP}	1,526 - 0,753	0,773*
\hat{m}_{MVP} e \hat{m}_M	1,628 - 0,642	0,986**
\hat{m}_{MVP} e \hat{m}_P	1,628 - 0,638	0,990**
\hat{m}_{MVP} e \hat{m}_{MP}	1,628 - 0,753	0,875*
\hat{m}_{MVP} e \hat{m}_{MAP}	1,628 - 0,858	0,770*
\hat{m}_{MAVP} e \hat{m}_M	1,430 - 0,642	0,788*
\hat{m}_{MAVP} e \hat{m}_P	1,430 - 0,638	0,792*

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo individual dos fatores responsáveis pela agregação do solo, em condições naturais de campo, é extremamente dificultado pela presença de variáveis incontroláveis, levando mesmo McHENRY e RUSSELL (1943) a afirmarem ser impossível a realização de um tal estudo.

Os resultados de um experimento, instalado para avaliar o efeito de práticas de manejo sobre a agregação de um solo da Série Luiz de Queiroz, são aqui discutidos.

Nas condições em que foi conduzido o experimento não foi verificado o efeito da Matéria Orgânica sobre o estado de agregação do solo. Isto vem confirmar as afirmações de BERTRANSON e RHOADES (1938), HUBBELL e STATEN (1951), FREIRE (1967) e AZUMA et al. (1968), concordando ainda com as suposições de HEINONEN (1955). Todavia, tal resultado discorda das conclusões de BROWNING e MILAN (1942), AUFHAMMER e KÄMPF (1952), HANES (1961), KULMANN e KLIMES-SZMIK (1961), OLIVEIRA et al. (1966), BAVER (1966) e HALSTEAD e SOWDEN (1968), para os quais a matéria orgânica é um importantíssi

mo fator de agregação e estabilização da estrutura dos solos.

Constatou-se o efeito altamente significativo da Adubação como agente favorável à formação de agregados, concordando - em parte com as conclusões de NIESCHLAG (1953), GIFFORD e STRICKLING (1958), ELSON (1961), LUTZ et al. (1962), CECCONI et al. (1963), MEREDITH (1965), PINTO (1966), CAVAZZA et al. (1968), RADAELLI e BOSETTO (1969), além de concordar com as observações de Gericke (JURGENS-GSCHWIND, 1960), os quais verificaram a eficiência que os íons nitrogênio, fósforo e potássio, fornecidos através dos adubos, exercem sobre o grau de agregação do solo. Por outro lado, ALDERFER e MERKLE (1941), ELSON (1944), BOEKEL (1959) e AHMED et al. (1969), estudando o efeito do nitrogênio e do potássio, concluíram que são desfavoráveis à estabilização e agregação dos solos, discordando, nesse particular, dos autores anteriormente citados. Levando-se em conta que a dose de nitrogênio aplicada tenha sido insuficiente para desenvolver qualquer efeito sobre a estruturação e sabendo-se que a quantidade de potássio elevou, ainda mais, o nível desse elemento, cujo teor podia ser considerado - como sendo alto e cujo efeito sobre a estruturação normalmente é tido como negativo, parece justo admitir que o efeito positivo da Adubação seja devido, no caso, à presença do fósforo, cuja eficiência como agente agregante é amplamente conhecida.

A Vegetação, que era representada por uma leguminosa, revelou-se o mais importante fator de estruturação do solo, apresentando os mais altos índices de agregação e confirmando as observações de RAM (1957), WILSON (1957), BARBER (1959), LUNGU (1961), WILLIAMS (1963) e FREIRE (1967), assim como as de LOW (1955). A importância da natureza e distribuição das raízes foi estudada por GREENLAND (1971), que ressaltou também o fato de as raízes de gramináceas e leguminosas terem se mostrado mais eficientes do que as raízes das demais plantas para aumentar a agregação dos solos.

A agregação foi profundamente modificada pelo tratamento Preparo do Solo em Alto Nível, cuja aplicação diminuiu significativamente o índice de agregação. Este resultado vem confirmar as recomendações de GROHMANN e ARRUDA (1961), de que, sob o ponto de vista da estrutura, os tratamentos menos indicados são os que movimentam o solo mais intensamente. O emprego da enxada rotativa

que, conforme SHCHERBAKOV (1970), condiciona maiores produções e pastos de melhores qualidades, revelou-se significativamente prejudicial, quanto à agregação do solo.

A interação Matéria Orgânica - Vegetação, significativa ao nível de 1% de probabilidade, aumentou o índice de agregação do solo unicamente devido ao efeito da Vegetação. A Matéria Orgânica permaneceu inerte, uma vez que seu efeito sobre a agregação do solo não chegou a ser significativo, em presença ou ausência de Vegetação. Este resultado confirma plenamente as conclusões de ZAITZEV (1963), Thorne (BAVER, 1966), bem como as de FREIRE (1967), de que a matéria orgânica atua sobre a estruturação do solo de maneira indireta, uma vez que o seu efeito se faz sentir no desenvolvimento vegetal e este é que teria ação direta e efetiva sobre a agregação.

Estudando-se a interação Matéria Orgânica - Preparo do Solo, observa-se que o efeito da Matéria Orgânica não alcançou significância, mostrando mais uma vez que a sua presença não condiciona qualquer modificação significativa na agregação do solo estudado. O Preparo do Solo, ao contrário, teve um efeito negativo em ausência de Matéria Orgânica; em presença dela, o Preparo do Solo diminuiu o índice de agregação não tendo alcançado, todavia, significância estatística.

É interessante ressaltar que na interação Adubação - Vegetação, altamente significativa, o efeito da Adubação substituiu o da Vegetação, uma vez que, ambas promoveram um aumento do índice de agregação. O efeito positivo da Adubação, significativo apenas em ausência de Vegetação, parece demonstrar que o fósforo não utilizado pelas plantas, fornecido ao solo em duas vezes, foi o responsável pelo aumento do índice de agregação mediante alterações nas propriedades fisicoquímicas dos colóides do solo. Este fato concorda com as observações de NIESCHLAG (1953), LUTZ et al. (1962), MEREDITH (1965), PINTO (1966), bem como com as de Gericke (JURGENS-GSCHWIND, 1960). O teor de fósforo no solo, que antes da instalação do experimento era 0,13 e.mg/100g, passou a ser, quarenta dias após a aplicação da primeira dose, 0,53 e.mg/100g, baixando para 0,24 e.mg/100g ao final do experimento. Isso sugere que a maior parte do fósforo aplicado foi adsorvido ao solo por meio de rea -

ções com os minerais de argila. Por outro lado, o efeito positivo da Vegetação, significativo apenas em ausência de Adubação, vem demonstrar que, de uma certa maneira, a adubação empregada prejudicou o desenvolvimento das plantas, provavelmente em virtude do teor elevado de potássio ter impedido a manifestação do efeito favorável da interação Adubação - Vegetação sobre o grau de estruturação do solo.

A interação Adubação - Preparo do Solo apresentou um efeito negativo sobre a estruturação. Os resultados mostraram que o Preparo do Solo em Alto Nível contribuiu decisivamente para a diminuição do índice de agregação das parcelas adubadas que apresentavam, inicialmente, um alto nível de agregação. Por outro lado, observou-se um efeito positivo da Adubação nas parcelas onde o Preparo do Solo era baixo, demonstrando, dessa maneira, a importância daquele tratamento como um dos fatores que concorrem para a agregação do solo.

A Vegetação, em qualquer nível de Preparo do Solo, se constituiu num importante fator de estruturação, como se deduz dos resultados indicados pela interação correspondente. O maior efeito significativo alcançado pela Vegetação, associada a um Alto Nível de Preparo do Solo, sugere que esta prática de manejo tenha propiciado condições físicas favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular do vegetal. O efeito positivo da Vegetação sobre a agregação suplantou o efeito desfavorável do Preparo do Solo naquele nível, uma vez que, em ausência de Vegetação, o índice de agregação foi significativamente diminuído.

A aplicação do teste de Duncan, às médias dos tratamentos, indicou que, de todos os contrastes entre duas médias, somente foram significativos aqueles que diferiam da Matéria Orgânica e do Preparo do Solo, ou também da interação desses dois fatores.

Os efeitos independentes da Adubação e da Vegetação, bem como os efeitos das interações de primeira ordem Matéria Orgânica - Vegetação, Vegetação - Preparo do Solo, Adubação - Vegetação e também da interação Matéria Orgânica - Adubação, concorreram favoravelmente para o aumento do grau de agregação do solo, diferindo significativamente daqueles tratamentos anteriormente citados.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos, analisados e interpretados estatisticamente, permitiram, para o horizonte superficial do solo estudado, as seguintes conclusões:

- a. não se observou efeito da Matéria Orgânica sobre a agregação do solo;
- b. a agregação foi positivamente afetada pela Adubação e pela Vegetação;
- c. o Preparo do Solo em Alto Nível foi o fator que, independentemente, mais contribuiu para diminuir a agregação;
- d. a agregação do solo foi consistentemente aumentada pelos tratamentos que incluíam Vegetação, em associação com os outros fatores;
- e. os tratamentos que incluíam Preparo do Solo em Alto Nível associado aos outros fatores, provocaram uma diminuição da agregação, exceto aquele em associação -

com Vegetação;

- f. os tratamentos que incluíam Adubação, em Associação - com os outros fatores, se mostraram eficientes para aumentar a agregação, exceto aquele que combinava os - efeitos da Adubação com o do Preparo do Solo em Alto Nível;
- g. o estado de agregação do solo foi modificado, positivamente, por todos os tratamentos que, pelo teste de - Duncan, diferiam da Matéria Orgânica e do Preparo do Solo, ou também da interação desses dois fatores.

7. RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de se pesquisar os efeitos que algumas práticas de manejo exercem sobre a estruturação de um solo da Série Luiz de Queiroz, medida através do índice de agregação.

Foi conduzido, em condições de campo, um experimento com quatro repetições, observando-se o delineamento $2 \times 2 \times 2 \times 2$, cujos fatores experimentados foram: Matéria Orgânica (Com e Sem), Adubação (Com e Sem), Vegetação (Com e Sem) e Preparo do Solo (Alto e Baixo Nível).

As amostras, colhidas do horizonte superficial daquele solo, foram analisadas em laboratório, comparando-se o efeito dos diversos tratamentos por meio do índice de agregação, obtido pelo método do peneiramento em água e expresso de acordo com a proposição de YOUKER e McGUINNESS (1957).

A análise estatística dos dados obtidos permitiu que se tirassem algumas conclusões importantes para o manejo do solo -

estudado.

Não se observou efeito da Matéria Orgânica sobre a agregação do solo. A adubação e a Vegetação contribuíram marcadamente para o aumento da agregação, o mesmo não se dando com o Preparo do Solo em Alto Nível.

Todos os tratamentos que incluíam Vegetação e Adubação aumentaram consistentemente o índice de agregação do solo, exceto aquele que combinava os efeitos da Adubação com o do Preparo do Solo em Alto Nível. Os tratamentos que incluíam Preparo do Solo em Alto Nível, provocaram uma diminuição do índice de agregação, salvo quando a esse Preparo do Solo se associava a Vegetação.

8. SUMMARY

The objectives of this study were to determine the effects of some management practices on the structure of the upper soil horizon of the Luiz de Queiroz Series from Fazenda Areão in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil.

A factorial experiment 2^4 with four replications was carried out in order to study the effect of the following factors: Organic Matter (With and Without), Fertilization (With and Without), Vegetation (With and Without) and Soil Tillage (High Level and Low Level).

The aggregation index (YOUKER and MCGUINNESS, 1957) of the various treatments were statistically analysed and the results obtained lead to the following conclusions:

- a. Organic Matter did not have any effect on soil aggregation;
- b. Fertilization and Vegetation increased soil aggregation individually;

- c. Tillage at a High Level affected negatively soil aggregation;
- d. All treatments which included Fertilization and Vegetation increased soil aggregation, except the one combining Fertilization and Soil Tillage at a High Level;
- e. All treatments including Soil Tillage at a High Level decreased soil aggregation, except when combined with Vegetation.

9. BIBLIOGRAFIA CITADA

- AHMED, S.; SWINDALE, L.D. e EL-SWAIFY, S.A. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red earths and tropical black earths: I. Plastic limit, percentage stable aggregates, and hydraulic conductivity. *J. Soil Sci.* 20: 255-268. 1969
- ALDERFER, R.F. Influence of seasonal and cultural condition in aggregation of Hagerstown silt loam. *Soil Sci.* 69(3): 193-213. 1950
- _____ e MERKLE, F.G. The measurement of structural stability and permeability and the influence of soil treatments upon these properties. *Soil Sci.* 51: 201-212. 1941
- ARENA, A. El analisis de los agregados del suelo. *Agronomia*, 30(3): 233-260. 1941
- AUFHAMMER, G. e KÄMPF, R. Influencing soil aggregation by organic manuring. *Z. Acker-u. PflBau.* 95: 219-232. 1952

- AZUMA, J.; TAKAHASHI, T. e SAEKI, H. Chemical studies on the stability of soil aggregates: I. The role of clay and organic matter in aggregate formation. *Soil Sci. Pl. Nutr.* 15(47). 1968
- BARBER, S.A. The influence of alfalfa, bromegrass and corn on soil aggregation and crop yield. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23: 258-259. 1959
- BAVER, L.D. *Soil Physics*. 3rd Ed. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1966. 489 p.
- _____. The effect of organic matter on soil structure. In *Pontificia Academia Scientiarum: organic matter and soil fertility*. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1968
- BERTRANSON, B.R. e RHOADES, H.F. The effects of cropping and manure applications on some physical properties of a heavy soil in eastern Nebraska. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 3 : 32-36. 1938
- BISAL, F. e FERGUSON, W.S. Monthly and yearly changes in aggregate size of surface soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 48(3): 159. 1968
- BOEKEL, P. The effect of adsorbed and soluble cations on the soil structure of clay soils. *Soils and Fertilizers*, XXII (3). 1959
- BRIONES, A.A. e VERACION, J.B. Aggregate stability of some red soils of Laguna. *Philipp. Agricst.* 49: 153-167. 1965
- BROWNING, G.M. e MILAN, F.M. Rate of application of organic matter in relation to soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 6: 96-97. 1942
- _____ e _____. Effect of different types of organic materials and lime on soil aggregation. *Soil Sci.* 52: 91-106. 1944
- BUCKMAN, H.O. e BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. 2ª Edição. Rio de Janeiro/São Paulo, Livraria Freitas Bastos S.A. 1968. 594 p.

- CAVAZZA, L.; LINSALATA, D. e D'ONGHIA, G. et al. The influence of crop rotation, fertilizers and incorporation of straw on soil structure. Trans. (9th) Int. Congr. Soil Sci. 3: 367-376. 1968
- CECCONI, S.; SALAZAR, A. e MARTELLI, M. Soil structure and chemical fertilizers: I. Effect of various cations and anions on the structural stability of soil. Soils and Fertilizers, XXVI (3). 1963
- CHESTERS, G. Soil aggregation and organic matter decomposition. Soils and Fertilizers, XXIII (3). 1960
- _____ ; ATTOE, O.J. e ALLEN, O.N. Soil aggregation in relation to various soil constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 272-277. 1957
- COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (Boletim nº 12).
- ELSON, J. A comparison of the effects of certain cropping and fertilizer and manure practices on soil aggregation of Dunmore silt loam. Soil Sci. 50(5): 339-355. 1940
- _____. A four year study of the effects of crop, lime, manure and fertilizers on macro-aggregates of Dunmore silt loam. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 8: 87. 1944
- _____. A comparison of the effect of fertilizer and manure, organic matter and carbon-nitrogen ratio on water-stable soil aggregates. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 6: 86-90. 1961
- EMERSON, W.W. e GRUNDY, G.M.F. The effect of rate of wetting on water uptake and cohesion of soil crumbs. J. Agr. Sci. 44: 249-253. 1954
- FILLIPPOVICH, Z.S. Absorption of colloids by soils and the formation of structure. Soils and Fertilizers, XIX (4). 1956
- FREIRE, O. Agregação de solos: efeito da matéria orgânica, calagem, adubação e vegetação. "Tese" (E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P.). Piracicaba, 1967. 103p. (mimeo.)

- GHANI, M.O.; HASAN, K.A. e KHAN, M.F.A. Effect of liming on aggregation, non capillary pore space, and permeability of a lateritic soil. *Soil Sci.* 80(6): 469-478. 1955
- GIFFORD, R.O. e STRICKLING, E. The effect of anhydrous ammonia on water stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22: 209-212. 1958
- GILMOUR, C.M. et al. The influence of bacteria on the formation of soil micro-aggregates. *Soc. Am. Bacteriologists. Proceedings of meetings.* 48 gen. meeting. 48: 52-53. 1948
- GREENLAND, D.J. Changes in the nitrogen status and physical condition of soils under pastures, with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. *Soils and Fertilizers*, XXXIV (3). 1971
- GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. *Bragantia*, 19(13): 201-213. 1960
- _____ e ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da terra-roxa-legítima. *Bragantia*, 20(49): 1203-1209. 1961
- HAGIN, J. Influence of soil aggregation on plant growth. *Soil Sci.* 24(6): 471-478. 1952
- HALSTEAD, R.L. e SOWDEN, F.J. Effect of long-term additions of organic matter on crop yields and soil properties. *Canadian Journal of Soil Science*, 48(3): 341-348. 1968
- HANES, G.L. Factors influencing the structure of some Pleistocene terrace soils in Michigan. *Soils and Fertilizers*, XXIV (4). 1961
- HEINONEN, R. Soil aggregation in relation to texture and organic matter. *Agrogeol. Julk.* 64: 17. 1955
- HUBBELL, D.S. e STATEN, G. Studies on soil structure. *New Mexico Agric. Expt. Sta. Tech. Bull.* 363. 1951
- JURGENS-GSCHWIND, S. von. Die Wirkung der Phosphatdüngung auf die Boden-Struktur. *Phosphorsäure* (Berlin), 20: 224-240. 1960

- KEMPER, W.D. Aggregate stability. In Agronomy: methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965, 2: 511-519.
- _____ e KOCH, E.J. Aggregate stability of soils from the western portions of the United States and Canada. U.S.D.A. Tech. Bull. (In process). 1965
- KHAN, D.V. The influence of humus substances compositions of minerals and exchangeable cations on the formation of water stable aggregates in chernozem soils. Soils and Fertilizers, XX (5). 1957
- KIEHL, E.J. e KINJO, T. Caracterização e interpretação das propriedades do solo: estrutura do solo. Apostila (ESALQ-USP) - Piracicaba, 1971, 58-70.
- KLINTWORTH, H. Organic matter and soil structure. Soils and Fertilizers, XIX (3). 1956
- KULLMANN, A. e KLIMES-SZMIK, A. Investigations on the dynamics of the water stability of soil aggregates. Soils and Fertilizers, XXIV (4). 1961
- KURYNDINA, T.I. e PRIDOROGIN, V.K. Effect of machine cultivation on soil compaction in orchards. Soviet Soil Sci. 6: 707-710. 1969
- LAURITZEN, C.W. Apparent specific volume and shrinkage characteristics of soils materials. Soil Sci. 65(2): 155-179. 1948
- LEVIN, F.I. Water stability of the structure of sod-podzolic soils with application of lime and organic fertilizers. Soils and Fertilizers, XXI (2). 1958
- LOW, A.J. Improvements in the structural state of soils under leys. Soil Sci. 80(6): 2. 1955
- LUNGU, I. Contribution to the problem of improving the water stability and structure of soils. Inst. Agric. Res. Bucharest, 1961, 499-503.
- LUTZ, J.F.; GARCIA, R.L. e HILTON, H.H. The effect of phosphate fertilizers on some physical properties of soil. Soils and Fertilizers, XXV (3). 1962

- MAEDA, N. The influence of lime and manure on the stability of the soil. *Soil Plant Food*, I: 13-14. 1955
- MAZURAK, A.P. Aggregation of colloidal clay from Hesperia sandy loam as affected by univalent and calcium ions. *Soil Sci.* 23(3): 181-191. 1953
- _____ e RAMIG, R.E. Aggregation and air-water permeabilities in a chernozem soil cropped to perennial grasses and follow-grain. *Soil Sci.* 94: 151-157. 1962
- McCALLA, T.M. Influence of microorganisms and some organic substances on soil structure. *Soil Sci.* 59: 287-297. 1945
- McHENRY, J.R. e RUSSELL, M.B. Elementary mechanics of aggregation of puddled materials. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 8: 71-78. 1943
- MEREDITH, H.L. The significance of the rate and quantity of organic matter decomposition on the aggregation of soil. *Diss. Abstr.* 26: 582-583. 1965
- MÉRIAUX, S. The effect of liming on the components of structure and the state of saturation of the soil. *Soils and Fertilizers*, XXIV (5). 1961
- MUSGRAVE, G.W. e NORTON, R.A. Soil and water conservation investigations. *U.S.D.A. Tech. Bull.* 558. 1937
- MYERS, H.E. Physico-chemical reactions between organic and inorganic soil colloids related to aggregate formation. *Soil Sci.* 44: 331-359. 1937
- NEME, N.A. Leguminosas para adubos verdes e forragens. 4ª ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1966 28 p. (Boletim nº 109).
- NIESCHLAG, F. Der Einfluss der Düngung auf die Bodenstruktur. Phosphorsäure (Berlin), 13: 177-189. 1953
- OLIVEIRA, J.B.; GROHMANN, F. e QUEIROZ NETO, J.P. Características dos agregados de solo Podzólico Vermelho Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia*, 25(40): 445-455. 1966
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 3ª ed. São Paulo, Gráfica Benetti Ltda, 1966. 404 p.

- PINTO, R.M. Efectos del fosforo sobre algunas propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos de la serie Maracay. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, IV (1): 5-25. 1966
- QUEIROZ NETO, J.P. e GROHMANN, F. Estado de agregação da terra roxa (Série Chapadão) num ensaio de adubação de milho. Bragantia, 22(50): 635-646. 1963
- _____ e OLIVEIRA, J.B. Características analíticas dos agregados dos solos terra-roxa (Latosol Roxo) e massapé (Podzólico Vermelho Amarelo-Orto). Bragantia, 25(41): 457-476. 1966
- RADAELLI, L. e BOSETTO, M. Reactions between soil and condensed phosphates: III. Effects of polyphosphates of Na and NH_4 on the structural stability of soil. Agrochimica, 14: 40-46. 1969
- RAGIMOV, K.S. Dynamics of soil structure in crop rotation (grass-cotton). Soils and Fertilizers, XXIII (3). 1960
- RAM, D.N. Analytical evaluation of the role of cover crops in soil conservation. "Thesis" (Cornel University). 1957
- _____ e ZWERMAN, P.J. Influence of management systems and cover crops on soil physical conditions. Agr. Journal, 52(8): 473-477. 1960
- RANZANI, G.; FREIRE, O. e KINJO, T. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos, E.S.A.L.Q.-U.S.P. - Piracicaba, 1966. 85 p.
- REEVE, R.C.; BOWER, C.A.; BROOKS, R.H. e GSCHWEND, F.B. A comparison of the effect of exchangeable sodium and potassium upon the physical condition of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18(2): 130-132. 1954
- RUSSEL, E.W. Soil Structure. Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Commun. 37. 1938
- _____ e TAMHANE, R.V. The determination of the size distribution of soils clods and crumbs. J. Agric. Sci. 30: 210-234. 1940
- RUSSELL, M.B. e FENG, C.L. Characterization of the stability of soil aggregates. Soil Sci. 63(4): 299-304. 1947

- SANDHU, B.S. e BHUMBLA, D.R. Characteristics of water-stable aggregates of an Ambala soil. J. Res. Punjab Agric. Univ. 6: 614-619. 1969
- SELIVANOV, A.P. Water stability of structure of different soil groups and its dependence on agricultural practices. Soviet Soil Sci. 3: 65-73. 1960
- SHCHERBAKOV, M.F. Effect of cultivation on the physical properties of soil and grass yields after accelerated regrassing of a dry meadow. Soviet Soil Sci. 2(5): 589-595. 1970
- SILLAMPAA, M. The influence of the initial soil moisture content on degree of water-stable aggregation as determined by wet sieving. Soils and Fertilizers. XXIII (2). 1960
- SOKOLOVSKY, A.N. The problem of soil structure. Trans. (1st) Com. Int. Soc. Soil Sci., Soviet Section (Moscow), 1: 34-110. 1933
- ABY, R.J. The influence of humus on soil aggregation. J. Soil Sci. 1: 182-194. 1950
- VAN BAVEL, C.H.M. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 14: 2-23. 1949
- VIKLERT, P. Grassland and soil structure. Soils and Fertilizers, XXV (6). 1962
- YAO, H.L. e YU, T.F. Formation of soil aggregates in cultivated red earth. Trans. (8th) Int. Congr. Soil Sci. 2: 211-217. 1967
- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis in soils and a study of the physical nature of erosion losses. J. Am. Soc. Agron. 28: 337-351. 1936
- YOUKER, R.E. e MCGUINNESS, J.L. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregate analysis of soils. Soil Sci. 83(4): 291-294. 1957
- WANG, S.T. e LIN, T.H. Effect of C:N ratio of organic matter on aggregation of soils. J. Taiwan agric. Res. 18(3): 39-46. 1969

- WILLIAMS, R.J.B. The effect of cropping systems on stability. Soils and Fertilizers, XXVI (5). 1963
- WILSON, H.A. Effect of vegetation upon aggregation in strip mine spoils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 637-640. 1957
- WISNIEWSKI, A.J.; SALOMON, M. e SMITH, J.B. Restoration of soil structure with red top and other sod crops. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22: 320-322. 1958
- ZAITSSEV, B.D. Role humus exchangeable calcium and the clay fraction in forming the structure of humic-eluvial horizons of forest soils. Soils and Fertilizers, XXV (5). 1963
- ZRAZHEVSKIY, A.I. e NAZARENKO, G.V. The effect of the physical state of the plow layer of the soil on the growth of crop plants. Soviet Soil Sci. 6: 691-701. 1969

APÊNDICE

QUADRO I - Índices de agregação do solo da Série Luiz de Queiroz

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
(1)	1,039	0,925	1,267	0,711	0,986
M	0,519	0,550	0,854	0,643	0,642
A	1,467	1,269	1,552	2,023	1,578
V	1,634	1,454	1,542	1,635	1,566
P	0,504	0,752	0,497	0,800	0,638
MA	1,718	1,968	1,003	1,126	1,454
MV	1,777	1,335	1,670	1,409	1,548
MP	0,764	0,522	0,483	1,244	0,753
AV	1,446	1,585	1,445	1,234	1,428
AP	1,095	0,754	0,865	1,148	0,966
VP	1,369	1,455	1,867	1,396	1,522
MAV	1,315	1,136	1,685	1,969	1,526
MAP	0,617	0,883	1,145	0,787	0,858
MVP	2,192	1,636	1,131	1,552	1,628
AVP	1,082	1,427	1,368	0,941	1,205
MAVP	1,119	1,161	1,613	1,828	1,430

QUADRO II - Dados de precipitação pluviométrica em Piracicaba
(Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ-USP).
Ano agrícola 1970/71.

Mês	Altura (mm)	Duração (horas)	Intensidade média (mm/h)	Intensidade mínima (mm/h)	Intensidade máxima (mm/h)
agosto 1970	98,7	38,00	2,59	2,01	4,70
setembro "	90,6	20,55	4,41	1,10	8,92
outubro "	83,7	22,10	3,79	1,37	21,67
novembro "	83,9	25,20	3,33	0,75	23,75
dezembro "	138,8	27,35	5,07	2,00	34,67
janeiro 1971	180,6	29,50	6,12	0,58	22,00
fevereiro "	91,3	13,00	7,02	0,75	22,60
março "	173,5	25,35	6,84	1,71	27,33
abril "	28,3	3,50	8,09	2,91	35,75
maio "	91,4	16,20	5,64	0,80	10,93