

# SISTEMAS DE CULTIVO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO AFETANDO A ESTABILIDADE DE AGREGADOS<sup>(1)</sup>

I. F. SILVA<sup>(2)</sup> & J. MIELNICZUK<sup>(3)</sup>

## RESUMO

Em um Latossolo Roxo de Santo Ângelo (RS), e em um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS), ambos com textura argilosa, submetidos o primeiro à exploração com cultivo convencional de trigo (*Triticum aestivum* L.) e soja (*Glycine max* L.) e sob setária (*Setaria anceps* L.), e o segundo à exploração com capim-pangola (*Digitaria decumbens* L.), siratro (*Macroptilium atropurpureum* L.), plantio direto com aveia (*Avena bizantina* L.)/milho (*Zea mays* L.) e área sem vegetação, foi realizado o presente trabalho durante a safra de verão (1990/1991), com o objetivo de avaliar a estabilidade e a agregação do solo sob diferentes sistemas de cultivo. Constatou-se, nessa avaliação, que as gramíneas perenes por meio do seu sistema radicular tiveram grande efeito na agregação e estabilidade dos agregados do solo e que os teores de carbono orgânico, de ferro e alumínio-oxalato, argila e grau de dispersão tiveram também efeitos na agregação do solo, porém insuficientes para explicar as variações entre o diâmetro médio ponderado dos agregados sob os diferentes sistemas de cultivo.

**Termos de indexação:** agregação, sistema radicular, estabilidade de agregados, sistemas de cultivo.

## SUMMARY: AGGREGATE STABILITY AS AFFECTED BY CROPPING SYSTEMS AND SOIL CHARACTERISTICS

*This research was carried out in Rio Grande do Sul State, Southern Brazil, during the 1990/1991 summer harvest. The main objective was to evaluate the aggregation and aggregate stability of two clayey soils classified as Dusky Latosol (Haplorthox) and Dark-Red Podzolic (Paleodult). Two treatments were used in the Haplorthox: grass (Setaria anceps L.);*

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Faculdade de Agronomia/UFRGS em janeiro de 1993. Recebido para publicação em setembro de 1997 e aprovado em abril de 1998.

<sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Solos do CCA, Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Caixa Postal 12, CEP 58397-000 Areia (PB).

<sup>(3)</sup> Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS).

and crop rotation under conventional tillage (wheat (*Triticum aestivum*) soybean (*Glycine max* L.)). On the other hand, four treatments were used in the Paleodult: grass (*Digitaria decumbens* L.), leguminous (*Macroptilium atropurpureum* L.), crop rotation under no-tillage (oat (*Avena bizantina*) corn (*Zea mays*)) and bare soil. Soil aggregation and aggregate stability were greatly enhanced through the action of the grass roots. Soil aggregation was also related to the contents of organic carbon, oxalate-extractable iron and aluminum, clay and water-dispersed clay. However, these factors were not sufficient to explain differences observed in the weighed mean diameter of soil aggregates among the treatments.

*Index terms:* aggregation, roots system, aggregate stability, cropping systems.

## INTRODUÇÃO

Sob determinado manejo, as condições físicas do solo tenderão a um estado estável, o qual é dependente das condições edáficas e climáticas. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultarão, conseqüentemente, em diferentes condições de equilíbrio físico do solo que poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e à produtividade das culturas. Essas condições diferenciadas são resultantes dos efeitos diferentes que os sistemas de manejo exercem sobre a formação e estabilização dos agregados do solo, os quais são responsáveis pela dinâmica do sistema solo.

A movimentação do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas contribuem para promover modificações no tamanho dos agregados do solo, resultando em aumento da densidade, redução da porosidade total e aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes, uma vez que os poros grandes são altamente afetados pelo manejo do solo (Cintra, 1980; Silva, 1980).

As raízes das plantas estimulam a agregação estável do solo tanto pela promoção de uma alta população microbiana na rizosfera, como pelo suprimento de resíduos orgânicos (Oades, 1978); por serem fontes ativas de exsudatos orgânicos, os quais são os prováveis agentes efetivos na estabilização de agregados (Tisdall & Oades, 1979; Reid & Goss, 1981; Oades, 1984); por envolverem fisicamente os microagregados do solo, formando e estabilizando os macroagregados (Tisdall & Oades, 1979), e por promoverem a reorientação e aproximação dos microagregados pela sua expansão e dessecação localizados, produzindo, inclusive, aumento na estabilidade dos agregados (Oades, 1978).

A estabilidade dos agregados do solo tende a aumentar mais em solos sob gramíneas do que em solos sob leguminosas, conforme verificação de Harris et al. (1966), Clarke et al. (1967), Carpenedo & Mielniczuk (1990) e Paladini & Mielniczuk (1991). Esses pesquisadores verificaram que, em um mesmo solo, com igual teor de matéria orgânica, o tratamento sob gramínea apresentou maior estabilidade dos agregados.

Óxidos de alumínio e de ferro representam papel importante na estabilização da estrutura do solo e são dependentes do pH. Em pH baixo, afirma Goldberg (1989) que óxidos precipitam sobre as superfícies das argilas, cimentando as partículas floculadas. Os óxidos de ferro e manganês, conforme Harris et al. (1966), são agentes cimentantes de elevada importância na estabilização de agregados em solos latossólicos.

Diante do exposto, esta pesquisa objetivou avaliar a agregação e a estabilização do solo sob diferentes sistemas de cultivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na execução da pesquisa, foram amostrados, na safra de verão de 1990/91, os solos Podzólico Vermelho-Escuro distrófico (PED), (Paleodult), textura argilosa, relevo ondulado, substrato granito, sob vegetação perene com capim-pangola (*Digitaria decumbens*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), sob plantio direto com aveia (*Avena bizantina*)/milho (*Zea mays*) e sem vegetação (solo descoberto), e Latossolo Roxo distrófico (LRd), (Haplorthox), textura argilosa, relevo ondulado, substrato basalto, sob cultivo convencional com trigo (*Triticum aestivum*)/soja (*Glycine max*) e sob vegetação perene com setária (*Setaria anceps*). As amostragens no solo PED foram realizadas no experimento instalado, em 1983, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Eldorado do Sul (Medeiros et al., 1987), e, no solo LRd, foram realizadas no experimento instalado, em 1979, no Centro de Atividades Agrícolas da COTRISA, no município de Santo Ângelo (Dalla Rosa, 1981).

No campo, a amostragem consistiu na retirada de blocos indeformados de solo, na profundidade de 0-30 cm, conforme método descrito por Böhm (1979), através de placa de pregos com 30 cm de comprimento por 20 cm de largura. As placas foram retiradas na parede do perfil com uma espessura aproximada de 20 cm, em duas repetições.

No laboratório, as placas foram niveladas, e as amostras de solo para as determinações de tamanho e estabilidade de agregados e determinações físicas e químicas, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, consistiram na retirada de blocos indeformados de solo, recortados da placa de pregos utilizada para amostragem de raízes, ajustados à espessura de 20 cm e retiradas amostras de 5 cm de altura e 10 cm de profundidade.

Dos blocos indeformados de solo, parte de cada amostra foi levemente destorroada manualmente e passada em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha e, em seguida, colocada a secar à sombra, por 72 h, enquanto parte foi seca também à sombra, posteriormente destorroada e passada na peneira de 2 mm de diâmetro de malha.

A separação do tamanho de agregados em água, bem como sua estabilidade, foi determinada através do método descrito por Tisdall et al. (1978), modificado por Carpenedo & Mielniczuk (1990), em três repetições, e constituída pelas classes de diâmetro de > 2,00, 2,00-1,00, 1,00-0,25, 0,25-0,10, 0,10-0,05 e < 0,05 mm. Na distribuição do tamanho de agregados a seco, realizada para avaliar como estes se encontravam no solo, utilizaram-se as mesmas classes de diâmetro supra-referidas e, para separação, um conjunto de peneiras e um vibrador Produtest, operando durante um minuto por amostra. A massa do material retido em cada peneira, após pesagem, foi corrigida para massa seca em estufa a 105°C.

O diâmetro médio ponderado dos agregados, obtido por peneiragem via úmida (DMPAu), e o diâmetro médio ponderado dos agregados, obtido por peneiragem via seca (DMPAs), foram calculados a partir do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa da amostra, que é obtida através da divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa da amostra corrigida em termos de umidade. A estabilidade dos agregados foi determinada através da relação DMPAu/DMPAs.

As determinações físicas e químicas consistiram de: ferro e alumínio solúveis em oxalato de amônio a pH 3,0, conforme Tedesco et al. (1985); carbono orgânico, conforme Allison (1965), e granulometria e argila dispersa em água, conforme método descrito por Day (1965).

As amostras de raízes, em duplicata, foram obtidas em monolitos de solo, que foram extraídos com o auxílio da placa de pregos nas dimensões anteriormente discriminadas. Os monolitos, após a retirada das amostras para as determinações físicas e químicas, foram novamente nivelados e ajustados a uma espessura de 7 cm e submersos em tanque com água, por 24 horas, para facilitar a separação das raízes do solo. O solo das placas foi removido com a utilização de jatos fracos de água. Ao final da operação, as raízes de cada tratamento foram

separadas em camadas de 10 cm de profundidades em toda a largura da placa (20 cm). O comprimento das raízes por camada foi obtido pelo método descrito por Tennant (1975), e a massa seca, através de secagem em estufa a 50°C, até atingir massa constante. A densidade de raízes, em de raiz/cm<sup>3</sup> de solo, foi calculada com base no comprimento de raízes por camada e no volume da camada amostrada de solo (10,0 x 7,0 x 20,0 cm).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Estatístico - SAS - (Statistical Analysis System - 1987). Análises de regressão linear foram procedidas entre DMPAu e características das raízes e do solo, através da técnica "step-wise".

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1, são apresentados os dados referentes aos diferentes parâmetros analisados. Dos dados, os teores de carbono orgânico mostraram-se mais elevados para o solo LRd e para a camada superficial dos sistemas de cultivo analisados. Os valores de argila e de óxidos de ferro e de alumínio também foram mais elevados para o solo LRd, enquanto o grau de dispersão de argila é menor nesse solo. Com relação à densidade de raízes, os maiores valores ficaram para as gramíneas perenes (capim-pangola e capim-setária).

Os dados referentes ao diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por via seca (DMPAs) e por via úmida (DMPAu) e a relação entre estes (DMPAu/DMPAs), para os solos, tratamentos e profundidades analisadas, encontram-se no quadro 2. Apesar de as amostras serem provenientes de tipos de usos diferentes em cada solo e, conseqüentemente, com agregação natural distinta, os valores de DMPAs foram elevados, com pouca variação entre tratamentos, como também para as profundidades analisadas. As maiores variações ocorreram nos valores de DMPAu.

A pouca variação entre os valores de DMPAs entre solos, sistemas de cultivo e profundidades analisadas deve-se ao método empregado, que não distingue os agregados recentemente formados daqueles que, além de formados, já sofreram um processo de estabilização. Dessa forma, nos tratamentos submetidos à mecanização agrícola, a agregação pode ter ocorrido por ação de compressão das partículas do solo, sem, entretanto, ocorrerem os mecanismos que contribuem para a estabilização desses agregados do solo e, conseqüentemente, das unidades estruturais.

Durante as análises de distribuição dos agregados por peneiragem via seca e via úmida (Quadro 2), observou-se que as amostras de solo sob gramíneas perenes, além de apresentarem maior quantidade de agregados grandes, caracterizaram-se pela forma

**Quadro 1. Teores de carbono orgânico (CO), ferro-oxalato (Fe) e de alumínio-oxalato (Al), argila, grau de dispersão de argila (GD) e densidade de raízes (DR) para os solos, tratamentos e profundidades estudados**

| Profundidade                     | Determinações      |     |     |        |       |                     |
|----------------------------------|--------------------|-----|-----|--------|-------|---------------------|
|                                  | CO                 | Fe  | Al  | Argila | GD    | DR                  |
| cm                               | g kg <sup>-1</sup> |     |     |        |       | cm cm <sup>-3</sup> |
| <b>Podzólico Vermelho-Escuro</b> |                    |     |     |        |       |                     |
| Descoberto                       |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 13,3               | 1,3 | 0,3 | 244,5  | 399,5 | 0,73                |
| 10-20                            | 12,4               | 1,0 | 0,4 | 284,0  | 373,5 | 0,08                |
| 20-30                            | 11,4               | 1,0 | 0,8 | 355,5  | 241,5 | 0,02                |
| Aveia/milho                      |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 15,5               | 1,9 | 0,5 | 265,5  | 321,0 | 1,08                |
| 10-20                            | 11,6               | 1,5 | 0,4 | 299,5  | 329,5 | 0,38                |
| 20-30                            | 11,0               | 1,1 | 1,0 | 363,0  | 234,5 | 0,18                |
| Siratro                          |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 21,7               | 1,6 | 0,2 | 263,0  | 354,0 | 0,57                |
| 10-20                            | 12,3               | 1,5 | 0,5 | 291,5  | 355,5 | 0,25                |
| 20-30                            | 11,5               | 1,2 | 0,8 | 317,0  | 269,0 | 0,20                |
| Capim-pangola                    |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 16,8               | 2,0 | 0,2 | 236,5  | 293,5 | 6,00                |
| 10-20                            | 12,5               | 1,8 | 0,6 | 251,5  | 338,0 | 2,17                |
| 20-30                            | 11,6               | 1,2 | 1,0 | 310,5  | 306,0 | 2,01                |
| <b>Latossolo Roxo</b>            |                    |     |     |        |       |                     |
| Trigo/soja                       |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 23,8               | 3,0 | 2,4 | 705,5  | 231,0 | 1,56                |
| 10-20                            | 18,2               | 3,6 | 2,2 | 721,0  | 223,0 | 0,91                |
| 20-30                            | 15,6               | 3,6 | 2,6 | 724,5  | 159,5 | 0,39                |
| Capim-setária                    |                    |     |     |        |       |                     |
| 0-10                             | 23,8               | 3,4 | 1,6 | 735,5  | 228,5 | 5,22                |
| 10-20                            | 17,2               | 2,9 | 1,8 | 745,5  | 197,0 | 2,75                |
| 20-30                            | 16,8               | 3,0 | 1,8 | 743,5  | 190,0 | 2,42                |

arredondada, ao passo que, nas amostras de solo sob cultivo, os agregados eram arestados. Essa característica morfológica arestada dos agregados, associada à baixa estabilidade, indica que sua formação pode ter ocorrido por forças compressivas, porém sem ter havido, ainda, a sua estabilização.

Os agregados, quando submetidos à peneiragem por via úmida (Quadro 2), apresentaram grandes variações entre os tratamentos e profundidades analisados, sendo os menores valores encontrados nos tratamentos submetidos à mecanização agrícola, fato também constatado por Silva (1980), Dalla Rosa (1981), Carpenedo & Mielniczuk (1990) e Paladini & Mielniczuk (1991).

De acordo com Oades (1984), o cultivo intensivo, com pequenas adições de material orgânico, por favorecer maior taxa de oxidação, resulta na diminuição do teor de matéria orgânica do solo. Essas alterações provocam redução na estabilidade dos macroagregados e aumento na dispersão das argilas,

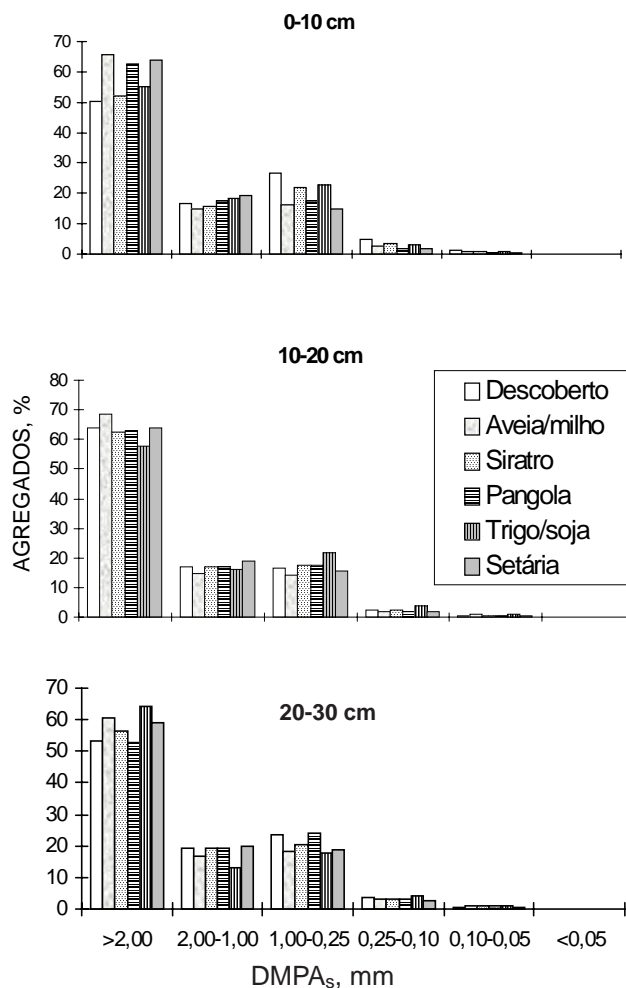
uma vez que, conforme Tisdall & Oades (1982), o acúmulo dos agregados nas classes inferiores a 1,00 mm de diâmetro, nos tratamentos sob cultivo, ocorre porque esses agregados são estáveis ao rápido umedecimento.

A relação DMPAu/DMPAs representa um índice de estabilidade das unidades estruturais em água, isto é, quanto maior o valor dessa relação, maior é a estabilidade dos agregados do solo em água. No quadro 2, observam-se os maiores valores dessa relação para os tratamentos envolvendo as gramíneas perenes, demonstrando serem estas as que melhor contribuíram para a estabilização dos agregados dos solos estudados. Do comportamento desse índice, infere-se a influência dos diferentes constituintes desses solos, como teores de carbono orgânico, ferro e alumínio-oxalato e argila (Quadro 1) na estabilidade dos agregados.

Na figura 1, estão representados os valores percentuais de agregados obtidos por peneiragem

**Quadro 2. Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados para os solos, tratamentos e profundidades estudados, obtida por via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/DMPAs)**

| Profundidade                     | DMPAs | DMPAu | DMPAu/DMPAs |
|----------------------------------|-------|-------|-------------|
| cm                               | mm    |       |             |
| <b>Podzólico Vermelho-Escuro</b> |       |       |             |
| Descoberto                       |       |       |             |
| 0-10                             | 3,324 | 0,784 | 0,236       |
| 10-20                            | 4,034 | 0,859 | 0,213       |
| 20-30                            | 3,512 | 1,138 | 0,324       |
| Aveia/milho                      |       |       |             |
| 0-10                             | 4,120 | 1,278 | 0,310       |
| 10-20                            | 4,269 | 1,173 | 0,275       |
| 20-30                            | 3,851 | 0,960 | 0,249       |
| Siratro                          |       |       |             |
| 0-10                             | 3,484 | 1,578 | 0,453       |
| 10-20                            | 3,962 | 1,012 | 0,255       |
| 20-30                            | 3,662 | 1,024 | 0,280       |
| Capim-pangola                    |       |       |             |
| 0-10                             | 3,966 | 2,823 | 0,712       |
| 10-20                            | 3,994 | 2,329 | 0,583       |
| 20-30                            | 3,478 | 1,482 | 0,426       |
| <b>Latossolo Roxo</b>            |       |       |             |
| Trigo/soja                       |       |       |             |
| 0-10                             | 3,666 | 1,602 | 0,437       |
| 10-20                            | 3,930 | 1,549 | 0,394       |
| 20-30                            | 3,926 | 2,099 | 0,535       |
| Capim-setária                    |       |       |             |
| 0-10                             | 4,304 | 2,968 | 0,690       |
| 10-20                            | 3,960 | 2,098 | 0,530       |
| 20-30                            | 3,742 | 2,086 | 0,557       |



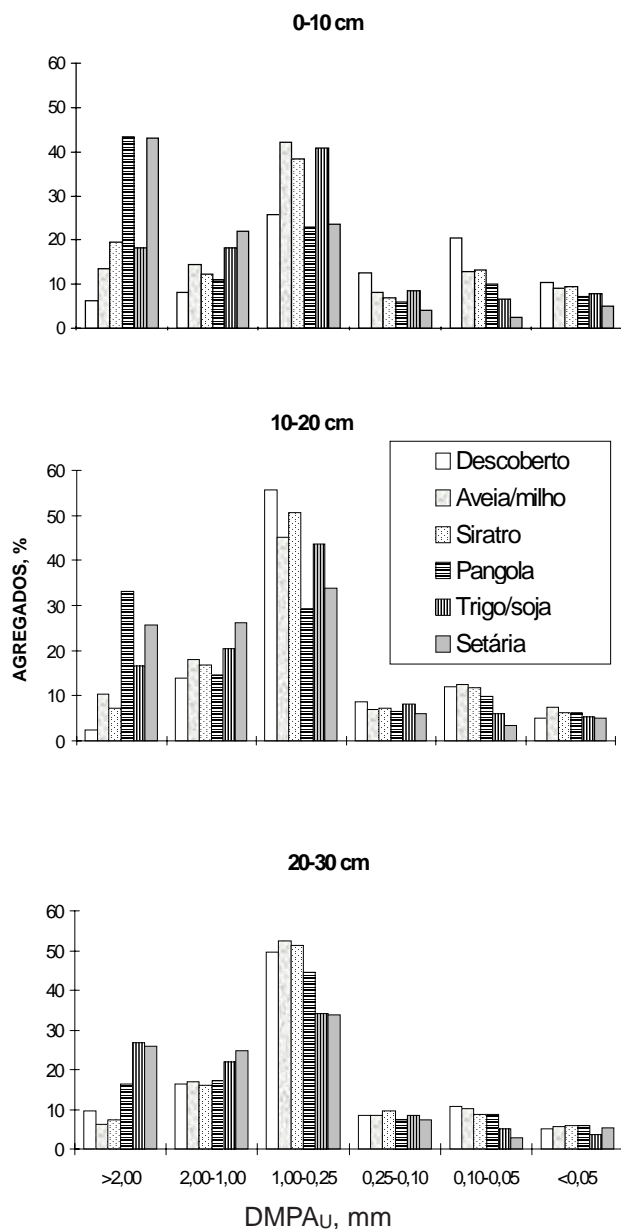
**Figura 1. Distribuição percentual de agregados, por classe de tamanho e profundidades analisadas, para os diferentes sistemas de cultivo, obtida por peneiragem via seca.**

via seca para os diferentes tratamentos e profundidades analisados. Nesta, observam-se maiores percentuais para os agregados maiores que 2,00 mm, enquanto os menores percentuais ficaram para as classes de agregados 0,10 a 0,05 mm e menores que 0,05 mm, seguindo o mesmo padrão de distribuição de classes nos diferentes tratamentos, profundidades e solos. Na figura 2, encontram-se os percentuais de agregados obtidos por peneiragem via úmida. Observa-se que os percentuais de agregados maiores que 2,00 mm de diâmetro, para todos os tratamentos, à exceção dos tratamentos com gramíneas perenes, sofreram grandes reduções, enquanto os percentuais dos agregados pequenos aumentaram, sobressaindo, em todos os tratamentos e solos, os agregados da classe 1,00 a 0,25 mm de diâmetro. Verifica-se, ainda, que a distribuição dos agregados por classe de tamanho não seguiu o padrão definido na peneiragem seca, mostrando que

os tratamentos capim-pangola e capim-setária foram os mais eficientes na estabilização dos agregados > 2,00 mm de diâmetro, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, apresentando, conseqüentemente, valores percentuais baixos nas demais classes de tamanho de agregados. Na classe de 2,00-1,00 mm de diâmetro, entretanto o capim-setária apresentou a maior percentagem de agregados, seguido das culturas trigo/soja. Nessa figura, observa-se, claramente, em todos os tratamentos, maior percentagem de agregados na classe de diâmetro entre 1,00 e 0,25 mm, principalmente nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm.

Comparando as duas figuras, verifica-se que os maiores aumentos em termos percentuais, para as três profundidades, ficaram para a classe de agregados com diâmetro compreendido entre 1,00 e 0,25 mm, demonstrando, dessa forma, que as modificações da classe de agregados de maior





**Figura 2. Distribuição percentual de agregados, por classe de tamanho e profundidade analisadas, para os diferentes sistemas de cultivo, obtida por peneiragem via úmida.**

diâmetro contribuem não para o surgimento de maiores percentuais nas classes de menor diâmetro, mas na classe intermediária, conforme observado por Tisdall & Oades (1982) e por Carpenedo & Mielniczuk (1990).

Equações de regressão linear evidenciaram coeficientes de determinação mais elevados para densidade de raízes, seguidos por ferro-oxalato, carbono orgânico, teor de argila, grau de dispersão das argilas e alumínio-oxalato (Quadro 3). Os valores

do coeficiente de determinação, para as relações entre o DMPAu e as combinações de algumas características do solo, aumentaram, à medida que, ao efeito do sistema radicular das plantas, foram adicionados os efeitos das outras características analisadas. Dessa forma, o valor de  $R^2$  passa de 0,578, quando se analisa apenas o efeito do sistema radicular, para 0,714, quando ao sistema radicular foram adicionados os efeitos de teor de ferro e alumínio-oxalato, teor de argila, grau de dispersão das argilas, e teor de carbono orgânico (Quadro 4).

**Quadro 3. Equações de regressão para a relação entre DMPAu (Y) e alguns parâmetros avaliados (X)**

| Parâmetros                                  | Equação               | $R^2$               |
|---|-----------------------|---------------------|
| Densidade de raízes ( $\text{cm cm}^{-3}$ ) | $Y = 1,202 + 0,268 X$ | 0,578**             |
| Ferro (%)                                   | $Y = 0,692 + 4,482X$  | 0,375**             |
| Carbono orgânico (%)                        | $Y = 0,357 + 0,809X$  | 0,308**             |
| Argila (%)                                  | $Y = 0,999 + 0,014X$  | 0,183**             |
| Grau de dispersão de argila (%)             | $Y = 2,597 + 0,035X$  | 0,144*              |
| Alumínio (%)                                | $Y = 1,322 + 2,606X$  | 0,019 <sup>ns</sup> |

**Quadro 4. Coeficientes de determinação para as relações entre DMPAu (Y) e combinações de alguns parâmetros avaliados (X), para maximização do  $R^2$**

| Parâmetros   | $R^2$   |
|--|---------|
| Densidade de raízes  | 0,578** |
| Densidade de raízes + ferro  | 0,698** |
| Densidade de raízes + ferro + argila                                     | 0,702** |
| Densidade de raízes + ferro + argila + G. dispersão                      | 0,709** |
| Densidade de raízes + ferro + argila + G. dispersão + alumínio           | 0,713** |
| Densidade de raízes + ferro + argila + G. dispersão + alumínio + carbono | 0,714** |

## CONCLUSÕES

1. Os sistemas de cultivo e as características do solo exerceram influências sobre a agregação do solo e sobre sua estabilidade.

2. As gramíneas perenes, através de seu sistema radicular, tiveram efeito positivo na agregação e na estabilidade dos agregados do solo.

3. Os teores de carbono orgânico, ferro e alumínio, argila e grau de dispersão das argilas tiveram seus efeitos na agregação do solo, porém insuficientes para explicar as variações no DMPAu sob os diferentes sistemas de cultivo.

### LITERATURA CITADA

- ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1372-1376.
- BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin, Springer, 1979. 188p.
- CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 14:99-105, 1990.
- CINTRA, F.L.D. Caracterização do impedimento mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 89p. (Tese de Mestrado)
- CLARKE, A.L.; GREENLAND, D.J. & QUIRK, J.P. Changes in some physical properties of a non-improved red-brown earth under pasture. Aust. J. Agri. Res., 5:59-68, 1967.
- DALLA ROSA, A. Práticas mecânicas e culturais na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo no solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo distrófico). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 138p. (Tese de Mestrado)
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; WHITE, J.L. & CLARK, F.E., eds. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1. p.545-567.
- GOLDBERG, S. Interaction of aluminum and iron oxides and clay minerals and their effect on soil physical properties. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 20:1181-1207, 1989.
- HARRIS, R.F.; CHESTERS, G. & ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. Adv. Agron., 18:107-169, 1966.
- MEDEIROS, J.C.; MIELNICZUK, J. & PEDÓ, F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. R. Bras. Ci. Solo, 11:199-204, 1987.
- OADES, J.M. Mucilages at the root surface. J. Soil Sci., 29:1-16, 1978.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant Soil, 76:319-337, 1984.
- PALADINI, F.L.S. & MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. R. Bras. Ci. Solo, 15:135-140, 1991.
- REID, J.B. & GOSS, M.J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. J. Soil Sci., 32:521-541, 1981.
- SILVA, I.F. Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 76p. (Tese de Mestrado)
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol., 63:995-1001, 1975.
- TISDALL, J.M.; COCKROFT, B. & UREN, N.C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials, microbial activity and physical disruption. Aust. J. Soil Res., 16:9-17, 1978.
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. Aust. J. Soil Res., 17:429-441, 1979.
- TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.