

Foto: Júlio Cesar Salton



## Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste

Júlio Cesar Salton<sup>1</sup>  
William Marra Silva<sup>2</sup>  
Michely Tomazi<sup>3</sup>  
Luís Carlos Hernani<sup>4</sup>

### Introdução

O entendimento dos mecanismos que governam a funcionalidade do solo e seu relevante papel para a biosfera, atmosfera e hidrosfera, passa pelo adequado conhecimento dos processos que governam o arranjo das suas partículas em agregados, ou seja, da estrutura desse recurso natural.

Para a avaliação da qualidade física do solo são utilizados vários tipos de análises; um dos métodos mais empregados é a determinação da agregação do solo. Este procedimento analítico, de modo geral, é mais simples que outras determinações, tanto na coleta de amostras como nos procedimentos laboratoriais. No entanto, muitas variações e diferenças metodológicas são encontradas nas publicações, o que em muitos casos dificulta comparações de resultados.

A fim de uniformizar os protocolos de trabalho e permitir melhor aproveitamento dos resultados analíticos, a seguir estão descritos os procedimentos utilizados, há vários anos, no Laboratório de Análise de Solo da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS.

### Avaliação da estrutura do solo e a forma de amostragem

A contínua interação entre os componentes minerais e orgânicos determina a organização e o arranjo das partículas e define, num dado momento, a estrutura do solo, a qual pode sintetizar sua qualidade física. Esta matriz se relaciona com as frações líquidas e gasosas do solo, interferindo de forma decisiva na atividade biológica do mesmo. Solos com boa estrutura devem apresentar adequados valores de porosidade, aeração, armazenamento e dinâmica da água e crescimento das raízes das plantas, entre outros aspectos (BAVER et al., 1973; FERREIRA, 2010).

Na avaliação da estrutura do solo deve-se levar em conta que este atributo pode ser extremamente variável no tempo, em função, principalmente, das práticas de manejo utilizadas. Assim, a adoção de preparo do solo com gradagens pode aumentar a porosidade total do solo num primeiro momento, e algum tempo após dar origem a zonas compactadas. O uso desses implementos (grades de discos) contribui para a

<sup>(1)</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 449, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: julio.salton@embrapa.br

<sup>(2)</sup> Eng. Quím., M.Sc. Analista da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: william.marra@embrapa.br

<sup>(3)</sup> Enga. Agrôn., Dra., Pesquisadora da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. E-mail: michely.tomazi@embrapa.br

<sup>(4)</sup> Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Solos, Jardim Botânico, 22460-000 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: luis.hernani@embrapa.br

homogeneização do solo na camada revolvida, diminuindo desta forma a necessidade de grande número de repetições por amostra. Por outro lado, com o crescente uso de formas de manejo do solo com reduzida mobilização, como o Sistema Plantio Direto (SPD), verifica-se aumento considerável na variabilidade espacial da estrutura do solo e dos demais atributos do mesmo. Normalmente, a qualidade física do solo é avaliada por meio da determinação da porosidade (macro e microporosidade) e da densidade global, utilizando como método padrão a obtenção de amostras indeformadas, mediante o emprego de anéis volumétricos (geralmente com 100 cm<sup>3</sup>). Neste caso, em condições de elevada variabilidade da estrutura do solo, como a encontrada em solos sob SPD e Integração Lavoura-Pecuária, a necessidade de um número elevado de repetições pode, muitas vezes, inviabilizar a coleta destas amostras indeformadas. Assim, a avaliação da qualidade física do solo, por meio de medidas de densidade e porosidade, pode ser um método que potencialmente incorrerá em erros amostrais. Como alternativa para amenizar este problema sugere-se a amostragem por meio da coleta de blocos (monólitos) que representem maiores volumes de solo (10 cm x 10 cm x 10 cm), o que possibilita diminuir tais erros, pois estaria contemplando, no volume amostrado, as estruturas alteradas devido ao manejo empregado. A partir desses monólitos podem ser determinado: o “grau de agregação do solo” e a “estabilidade dos agregados”.

A quantificação da agregação do solo pode ser utilizada com vantagens em relação a outras variáveis, como densidade, porosidade, resistência à penetração mecânica, p. ex., para expressar a qualidade da estrutura física do solo. Entre as possíveis vantagens podem ser apontadas a representatividade da amostra em relação às amostras indeformadas obtidas por meio de anéis, implicando em menor número de subamostras e procedimento mais simplificado de coleta. A simplicidade da amostragem e processamento da amostra é também um fator importante para a escolha de determinado método.

## Agregação do solo e estabilidade dos agregados

Na literatura especializada verifica-se a utilização de diferentes metodologias de medidas da estrutura do solo; muitas vezes utilizam-se denominações semelhantes, gerando interpretações confusas e comprometendo as conclusões.

É fundamental que seja definido claramente o que se deseja medir e porque está sendo adotada tal

metodologia; dessa forma, o conceito e os fundamentos devem estar presentes na escolha de determinado método. De modo geral, há confusão na definição do que medir: a estabilidade de agregados ou o grau de agregação do solo? No primeiro caso, a informação desejada é relacionada à capacidade de que agregados, de determinado tamanho, sejam capazes de resistir à energia que lhes é aplicada, permanecendo intactos ao final da prova. Esta avaliação informa a intensidade de coesão e adesão das partículas que constituem o agregado. No segundo caso, a informação desejada se relaciona a um determinado volume de solo, buscando-se conhecer qual é a sua composição relativa quanto ao tamanho de seus componentes, ou seja, qual a ocorrência de agregados de diferentes classes de tamanho.

O método padrão (YOODER, 1936) e outro com algumas alterações (GROHMANN, 1960) excluem da amostra agregados grandes (> 4 mm) e pequenos (< 2 mm), os quais podem ser fundamentais na estruturação do solo e no desempenho de suas funções. Nesse caso, a determinação resulta em informações sobre a qualidade de determinado agregado (classe de tamanho entre 2 mm e 4 mm) e não sobre a qualidade estrutural do solo como um todo.

## Metodologia utilizada na Embrapa Agropecuária Oeste

A Embrapa Agropecuária Oeste vem utilizando, desde 2006, como metodologia para avaliar a estrutura do solo, a agregação do solo. Para tanto se utiliza das variáveis: diâmetro médio ponderado determinado à seco (DMP<sub>s</sub>), diâmetro médio ponderado determinado em água (DMP<sub>u</sub>) e o Índice de Estabilidade (IEA).

### Coleta de amostras no campo

Pequenas trincheiras são abertas no campo, com o uso de pá reta ou espátulas, para possibilitar a retirada de monólitos de aproximadamente 10 cm x 10 cm x 10 cm (Figura 1). Geralmente tem sido utilizada a camada de 0 a 10 cm, mas, em casos específicos, camadas mais delgadas e em maiores profundidades também podem ser utilizadas. Para estudos de sistemas de manejo do solo, a camada 0 a 10 cm tem sido adequada, conciliando a praticidade do campo/laboratório à qualidade da informação desejada. Os monólitos são acondicionados em potes plásticos (tipo pote de sorvete), o que possibilita o armazenamento e transporte sem maiores danos à amostra.



**Figura 1.** Procedimento utilizado para coleta de monólitos para determinação da agregação do solo.

### Procedimentos para preparo das amostras

As amostras de solo, após serem coletadas no campo, são mantidas à sombra até a terra atingir o ponto de friabilidade (caso seja necessário podem ser umedecidas com borrifador), sendo cuidadosamente destorroadas manualmente, sempre observando-se os pontos de fraqueza do monólito e dos agregados maiores que 9,52 mm; dessa forma, o volume total da amostra é fracionado para transpassar a peneira de 9,52 mm de abertura de malha. Exclui-se da amostra as extremidades do monólito (faces lisas), fragmentos de plantas, outros resíduos não componentes do solo, pedras e cascalhos retidos na peneira de 9,52 mm (Figura 2). As amostras são secas ao ar e todo o volume é armazenado em recipiente plástico, o qual é mantido fechado até o próximo procedimento. Para a determinação da estabilidade dos agregados do solo utiliza-

se como base o método descrito por Kemper e Chepil (1965), com alterações propostas por Carpenedo e Mielniczuk (1990) e por Silva e Mielniczuk (1997a), consistindo na separação dos agregados em classes de tamanho pela dispersão e peneiramento em meio seco e em água.



**Figura 2.** Amostra de solo preparada para determinação da agregação após manipulação para transpassar a peneira de 9,52 mm.

## Peneiramento a seco

Com o auxílio de um equipamento quarteador (Figura 3), o volume total da amostra é subdividido em operações repetidas, até que se atinja um peso de, aproximadamente, 50 g; desta forma se obtém uma subamostra contendo agregados e terra solta, sendo esta o mais representativo possível da amostra integral. Após obtenção da amostra (50 g), ela é colocada em um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76 mm, 2,00 mm, 1,00 mm; 0,50 mm, 0,25 mm, 0,105 mm e 0,053 mm e agitada em agitador mecânico vibratório, marca Solotest, durante 1 minuto, com potência de 30% (Figura 4). A energia do equipamento é a necessária apenas para separar os agregados e não para haver fragmentação dos mesmos. Em seguida, determina-se a massa dos agregados retidos em cada peneira e reconstitui-se a amostra, que será utilizada na etapa seguinte, que é o peneiramento em água.

Foto: Júlio Cesar Salton



**Figura 3.** Quarteador tipo Jones utilizado para obtenção de amostras homogêneas do solo.

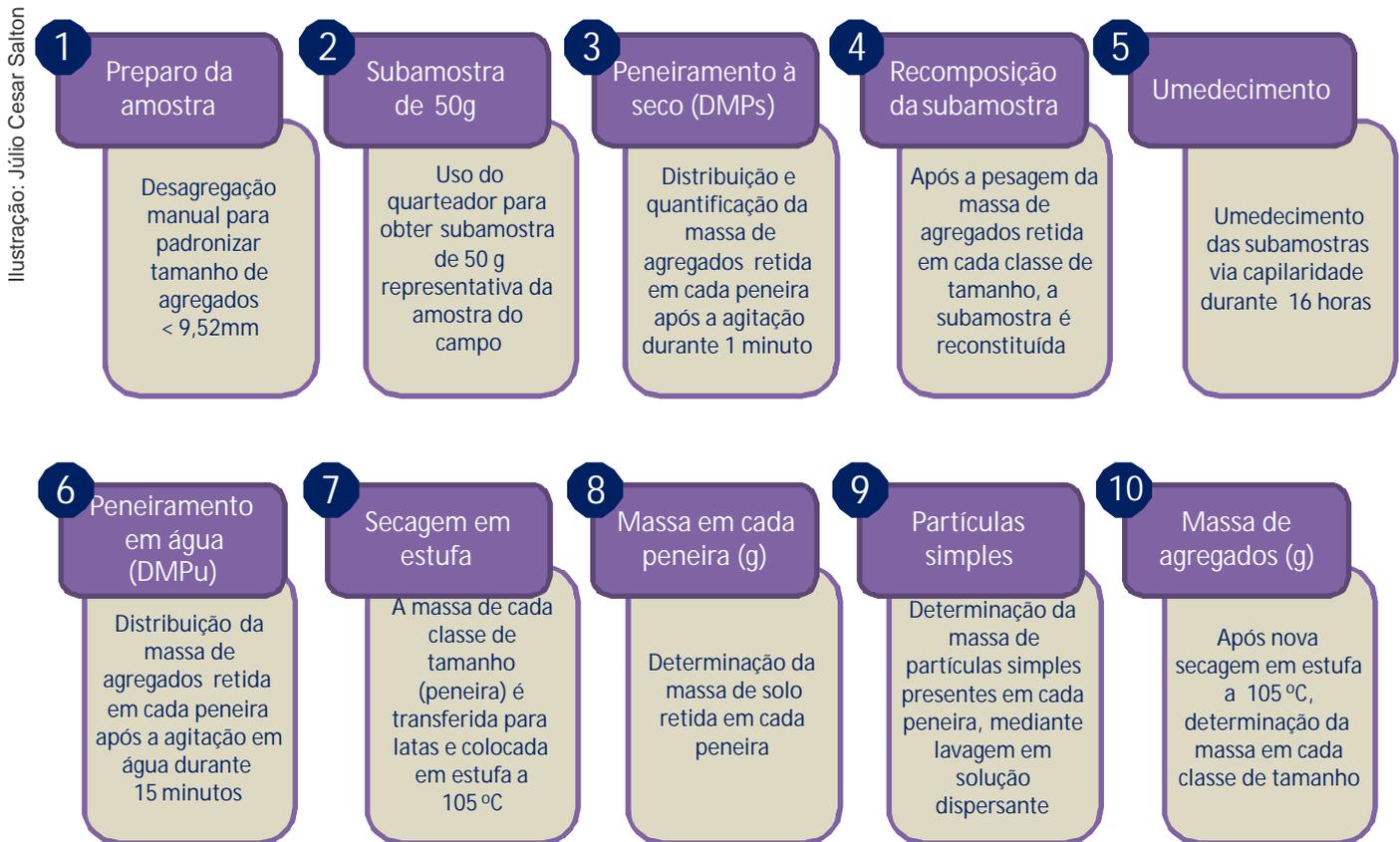


Foto: Júlio Cesar Salton

**Figura 4.** Agitador mecânico vibratório, marca Solotest, utilizado para peneiramento das amostras "a seco".

## Peneiramento em água

Para o peneiramento das amostras em água, o procedimento adotado está apresentado de forma esquemática na Figura 5, o qual tem início utilizando-se a amostra reconstituída, proveniente da determinação a seco, contendo agregados e terra solta (aproximadamente 50 g). Cada subamostra é colocada em um funil de papel filtro, inserido em recipiente contendo lâmina d'água suficiente para o umedecimento por capilaridade da subamostra (Figura 6).



**Figura 5.** Esquema utilizado para determinação das classes tamanho dos agregados e exclusão das partículas individuais simples da amostra de solo.



**Figura 6.** Esquema para umedecimento por capilaridade das amostras para determinação da agregação via úmida.

Após 16 horas, as subamostras são transferidas cuidadosamente para um conjunto de peneiras com aberturas de 4,76 mm; 2,00 mm; 1,00 mm; 0,50 mm e 0,25 mm, que se encontram dentro de um balde, e acopladas a um agitador com oscilação vertical. Em cada balde é colocado volume de água suficiente para encobrir a amostra de solo depositada na peneira de 4,76 mm, quando na posição mais elevada do curso de oscilação. A deposição da amostra deve ser de forma a distribuir em toda a superfície da peneira, da forma mais homogênea possível. As amostras são agitadas neste conjunto durante 15 minutos, a 42 oscilações por minuto (Figura 7). Em seguida, o material retido em cada peneira é transferido, com auxílio de jatos de água, para latas, as quais são levadas à estufa a 105 °C para determinação da massa seca de terra retida em cada peneira. O volume de água, juntamente com o material inferior a 0,25 mm, é transposto a outro balde, através de um conjunto de peneiras com abertura de 0,105 mm e 0,053 mm, sendo o material retido em cada peneira transferido para latas, como as demais. No balde com água e com material de tamanho inferior a 0,053 mm, no caso de ser quantificado, são colocados 50 ml de alúmen de potássio -  $KAl(SO_4)_2(5\%)$ , a fim de precipitar o material sólido em suspensão, que, após o sifonamento da água, também é colocado em latas, seco em estufa (105 °C) e a massa devidamente quantificada.



**Figura 7.** Equipamento utilizado para realização do peneiramento em água.

Havendo presença de partículas minerais individuais, a massa correspondente deverá ser descontada de cada classe de tamanho, sendo o material, após as devidas pesagens, lavado para exclusão da massa de partículas individuais, conforme apresentado esquematicamente na Figura 5. Em tal operação, ao material obtido de cada peneira, após a pesagem, adiciona-se solução dispersante (NaOH M), em quantidade suficiente para encobrir o material, sendo então lavado com água sobre a respectiva peneira. Após a lavagem, coloca-se o material retido em latas em estufa a 105 °C, para determinação da massa seca. Este procedimento é realizado com a finalidade de descontar a massa existente de partículas individuais de tamanho equivalente aos agregados desta classe; dessa maneira, são excluídos cascalhos, grãos de areia e outras partículas existentes na fração, obtendo-se apenas a massa de agregados correspondente à respectiva classe de tamanho (peneira).

Para cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) seco e úmido são utilizados os valores obtidos nos dois peneiramentos, de acordo com a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

onde,  $w_i$  = massa de cada classe em gramas; e  $x_i$  = diâmetro médio das classes expressa em mm.

A expressão dos resultados como diâmetro médio geométrico - DMG (GARDNER, 1956), apresenta, conforme vários autores, estreita relação com o DMP (VAN BAVEL, 1949), sendo, portanto, equivalentes qualitativamente, preferindo-se utilizar o DMP por ser mais simples e amplamente utilizado na bibliografia.

A relação entre o  $DMP_u$  obtido no peneiramento em água e o  $DMP_s$  obtido no peneiramento seco é considerada como o índice de estabilidade dos agregados (IEA), que indica a capacidade dos agregados resistirem à energia de desagregação, sendo esta tanto maior quanto o valor estiver mais próximo da unidade. O IEA equivale à relação  $DMP_{Au}/DMP_{As}$  apresentada em Silva e Mielniczuk (1997b).

### Exemplo de avaliação da agregação do solo

Na Tabela 1 encontra-se uma sugestão de apresentação e análise dos resultados, utilizando-se dados provenientes de um experimento com níveis de manutenção da palhada (0 a 100%), após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, que mostra o efeito dessa manutenção no aumento da agregação e da estabilidade dos agregados do solo. Também podem ser comparados os valores desses tratamentos aos valores de um sistema utilizado como referência; neste caso, uma área sob vegetação nativa próximo ao experimento.

Tabela 1. Tamanho médio dos agregados e índice de estabilidade de agregados (IEA) de um solo Latossolo Vermelho, muito argiloso, cultivado com cana-de-açúcar (terceiro corte), submetido a diferentes manejos da palhada remanescente, após a colheita mecanizada.

Tratamento	DMPs	DMPu	IEA %
	----- mm	-----	
0% de palhada	5,25	3,87	73,6
50% de palhada	5,44	4,59	84,7
100% de palhada	5,69	4,72	83,4
Vegetação nativa (mata)	5,76	5,55	97,3

DMPu: Diâmetro médio ponderado determinado em água,  
DMPs: Diâmetro médio ponderado determinado à seco.

Fonte: Zanatta et al. (2011).

### Planilhas de cálculo

A utilização de planilhas eletrônicas facilita os cálculos, reduzindo as chances de erros. Podem ser organizadas de várias formas. A seguir, sugere-se uma planilha para a organização, entrada de dados e realização dos cálculos dos DMP e do IEA (Figura 8).

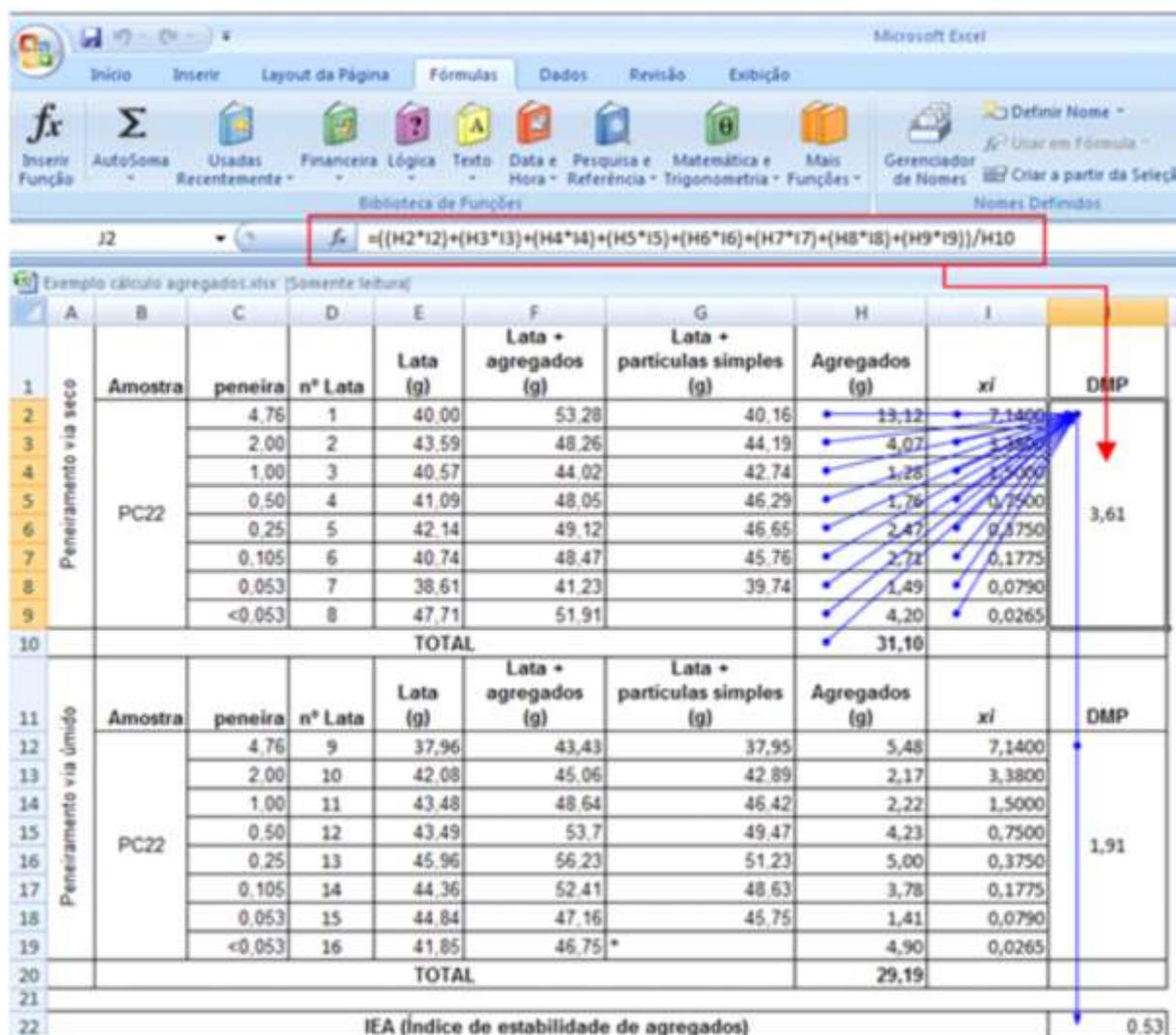


Figura 8. Exemplo de planilha eletrônica para entrada de dados da massa de agregados nas diversas peneiras e obtenção dos valores de DMPs, DMPu e IEA.

## Referências

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de solos**. México, DF: Hispano-Americana, 1973. 529 p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, jan./abr. 1990.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.

GARDNER, W. R. Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmic-normal distribution<sup>1</sup>, 2. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 20, n. 2, p. 151-153, 1956.

GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. **Bragantia**, Campinas, v. 19, p. 201-213, 1960.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JÚNIOR, M. S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, set. 2000.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, jan./mar. 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, abr./jun. 1997b.

VAN BAVEL, C. H. M. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 14, n. 1, p. 20-23, 1949.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 28, n. 5, p. 337-251, 1936.

ZANATTA, J. A.; SALTON, J. C.; BALIEIRO, F. C.; ANGELINI, G. A. R.; OLIVEIRA, A.; HERNANI, L. C. Manejo da palhada do canavial e os efeitos na densidade e macroporosidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM.

### Comunicado Técnico, 184

Embrapa Agropecuária Oeste  
Endereço: BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 449  
79804-970 Dourados, MS  
Fone: (67) 3416-9700  
Fax: (67) 3416-9721  
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

1ª edição  
(2012): versão eletrônica

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



### Comitê de Publicações

Presidente: *Guilherme Lafourcade Asmus*  
Secretário-Executivo: *Alexandre Dinnys Roesse*  
Membros: *Clarice Zanoni Fontes, Claudio Lazzarotto, Germani Concenço, Harley Nonato de Oliveira, José Rubens Almeida Leme Filho, Michely Tomazi, Rodrigo Arroyo Garcia e Silvia Mara Belloni*  
Membros suplentes: *Alceu Richetti e Oscar Fontão de Lima Filho*

### Expediente

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*.