

Análise micromorfológica de agregados de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico em diferentes sistemas de manejo

Cassiano Cremon^{1*}, Edgard Jardim Rosa Júnior², Milson Evaldo Serafim³ e Fábio Benedito Ono⁴

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Av. São João, s/n, 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. ²Departamento de Ciências Agrárias, Campus Universitário de Dourados, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. ³Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. ⁴Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.
*Autor para correspondência: E-mail: cassiano.cremon@unemat.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho é caracterizar micromorfometricamente os agregados de um Latossolo submetido a diferentes formas de manejo do solo. O trabalho desenvolveu-se em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, de Dourados, Mato Grosso do Sul. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e os tratamentos foram arranjos em parcelas sub-subdivididas. Os tratamentos consistiram de dois sistemas de manejo (convencional e plantio direto), duas doses de gesso (zero e 2 t ha⁻¹) e a utilização de duas culturas de verão (soja e milho). Os agregados foram coletados, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm, utilizando-se, nos procedimentos experimentais, os retidos no intervalo de diâmetro de 9,52 e 4,76 mm, após peneiramento em um jogo de peneiras-padrão. As análises dos agregados foram realizadas por meio de imagens digitais obtidas via scanner (300 dpi) em 60 agregados dispostos em um tabuleiro de furos desencontrados. As imagens foram posteriormente analisadas com o programa QUANTPORO, e a característica analisada dos agregados foi a área e sua inter-relação com atributos químicos do solo. Os resultados demonstraram que o sistema de plantio direto proporcionou a formação de agregados maiores, a soja como cultura de verão contribuiu para esse efeito estrutural no solo e a aplicação de gesso agrícola incrementou a agregação em maiores profundidades.

Palavras-chave: plantio direto, imagens digitais, agregados.

ABSTRACT. *Micromorphometric analysis of aggregates of Rhodic Hapludox under different management systems.* The aim of this work is to characterize, using a micromorphometric analysis, the aggregates of a Hapludox submitted to different management systems. This work was carried out in a Rhodic Hapludox in Dourados-MS. The experimental design was in randomized blocks with four replications and treatments arranged in sub-subdivided plots. Treatments were established in two management systems (conventional and no-tillage), two doses of gypsum (zero and 2 t ha⁻¹) and the use of two summer crops (soybean and corn). Aggregates were collected, in depths of 0 to 10 and 10 to 20 cm, using, in experimental proceedings, those held in diameter intervals of 9.52 and 4.76 mm, after sieving in a standard sieve set. For collecting aggregates, 40 x 40 cm trenches were opened and sieving was done in the field. Aggregate analyses were done by digital images obtained by scanner (300 dpi) of 60 aggregates arranged in a tray with untidy holes in order to preserve the principle of randomization. Images were later analyzed using the QUANTPORO program, and the analyzed characteristics of the aggregates were the area and its inter-relation with chemical attributes of the soil. The results demonstrated that no-tillage promoted the formation of larger aggregates; soybean as summer culture contributed to that structural effect in the soil; and the application of gypsum increased the aggregation in larger depths.

Key words: no-tillage, digital images, aggregates.

Introdução

A partir da década de 30, discutiu-se, em âmbito mundial, sobre a essencialidade de se manter as práticas de revolvimento do solo, como sendo a melhor forma de uso e manejo. Dentre os conceitos

que se iniciaram a partir de então, destacam-se o não-revolvimento do solo para cultivo de plantas, a rotação de culturas com diferentes características e diferentes formas de exploração do solo, a presença constante de cobertura vegetal sobre o solo e novos

conceitos de aplicabilidade e funcionalidade em práticas já consagradas como, por exemplo, aplicação de corretivos, controle fitossanitário e programas de adubação (DERPSCH et al., 1991).

O preparo convencional do solo visando o cultivo de plantas para a produção de grãos, fibra e outros produtos agrícolas, tem ocasionado inúmeros problemas que culminam com a sua degradação. Este processo está relacionado com a falta de cobertura, redução do teor de matéria orgânica, perda de nutrientes, dispersão e compactação do solo. Com isto, a taxa de infiltração diminui sensivelmente, e pode causar o processo de erosão e assoreamento dos rios, podendo ser, portanto, impactante sobre o ambiente.

As áreas em plantio direto apresentam inúmeras características próprias que, por consequência, exigem manejo diferenciado, principalmente em relação à fertilidade do solo. Essas características são decorrentes, principalmente do não-revolvimento do solo e do acúmulo progressivo de restos culturais, da adubação sucessiva em sulcos ou a lanço, da variedade de plantas adotada nas rotações de culturas, tanto em relação à quantidade quanto à qualidade da biomassa originada das mesmas, da dinâmica da água no solo e da condição diferenciada em relação a pragas, doenças e plantas invasoras.

Uma prática de manejo que pode afetar diferentemente o solo em função dos sistemas de cultivo utilizados é a prática da calagem, a mais eficiente para elevar o pH, aumentar teores de cálcio e a saturação por bases, além de reduzir os valores de alumínio e manganês trocáveis no solo. A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua aplicação no solo não tendo efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais por meio do perfil. No sistema plantio convencional (PC), a calagem é uma prática indispensável para corrigir a acidez do solo e tornar insolúvel o alumínio.

A geração da acidez pode ser atribuída, em parte, à mineralização dos resíduos orgânicos, à lixiviação de cátions de reação básica da camada arável e à intensificação da erosão hídrica (SIDIRAS; PAVAN, 1985). No sistema plantio direto (PD) estabilizado, de uma maneira geral, tem sido observado menor demanda de calcário. Vários mecanismos têm sido propostos para explicar a redução da acidez e a diminuição da toxidez de alumínio no solo pela aplicação de resíduos orgânicos (MIYAZAWA et al., 1993; FRANCHINI et al., 1999). Segundo Miyazawa et al. (1993), a capacidade dos resíduos vegetais em reduzir a acidez do solo está associada

aos seus teores de cátions de reação básica e carbono orgânico solúvel, que normalmente são maiores em resíduos de adubos verdes, tais como: aveia preta, nabo forrageiro, tremoço, mucuna, crotalária e outros.

O gesso agrícola, um subproduto da indústria de ácido fosfórico que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e flúor, é largamente disponível em muitas partes do mundo. Somente no Brasil, cerca de 4,5 milhões de toneladas são produzidas anualmente (VITTI, 2000). A eficiência do gesso na redução da acidez no subsolo tem sido demonstrada em vários trabalhos (OATES; CALDWELL, 1985; MARSH; GROVE, 1992; CARVALHO; RAIJ, 1997). A aplicação de gesso na superfície, seguida por sua lixiviação para subsolos ácidos, resulta em melhor desenvolvimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (SUMNER et al., 1986; CARVALHO; RAIJ, 1997), em decorrência do aumento na concentração de Ca, da formação de formas menos tóxicas de Al ($AlSO_4^+$) e da precipitação de Al^{3+} (SHAINBERG et al., 1989). Em casos de solos com concentração muito baixa de Al, mas com baixa concentração de Ca, o suprimento de Ca é o principal fator responsável pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular (RITCHEY et al., 1982).

Os estudos de atributos físicos do solo e em particular, do estado de agregação, são importantes para conhecer a relação ar-calor-água presente no sistema (HILLEL, 1982). Sendo assim, torna-se importante analisar a funcionalidade do sistema poroso dos solos considerando propriedades: quantidade, dimensão, morfologia, continuidade e orientação dos poros, fornecendo informações fundamentais sobre a dinâmica da água no sistema, bem como sobre a resiliência do solo em decorrência do manejo empregado.

O desenvolvimento de tecnologias de obtenção, processamento e quantificação de imagens baseadas no uso de microcomputadores e de seus periféricos, permite que as etapas lentas do processo de análise de imagens em geral, como as de agregados do solo, sejam efetuados de forma rápida e automática. A forma e distribuição dos poros, em diferentes sistemas de preparo de solo, por meio de imagens em preto e branco, têm sido estudadas por diferentes autores, tais como Schaefer et al. (2001) e Barros et al. (2000), estes últimos, analisaram a transformação e reversibilidade da estrutura do solo por morfologia quantitativa, utilizando-se de análise de imagens obtidas por câmera de vídeo acoplada a microscópio.

Considerando o acima exposto, o presente trabalho

visa caracterizar os agregados do solo, segundo critérios micromorfométricos, nos diferentes sistemas de manejo e uso do solo empregado e suas inter-relações com características químicas do solo.

Material e métodos

Esta pesquisa foi iniciada no ano de 2003 na área do Aeroporto Municipal de Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul, localizada próxima à Fazenda Experimental de Ciências Agrárias/UFGD, localizada sob as coordenadas 22°11'45" S e 54°55'18" W e altitude de 452 m. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico muito argiloso, originalmente sob vegetação de cerrado. A área em estudo, nunca havia sido cultivada anteriormente, e sua vegetação predominante era de gramíneas. A vegetação natural foi inicialmente incorporada ao solo com aração e grade intermediária. Desta forma, somente a partir da semeadura das culturas de inverno, realizada em abril de 2004, é que ficaram estabelecidas as parcelas no sistema plantio direto e no sistema convencional.

Considerando este experimento ser de longa duração, foram realizadas antes de se iniciar a semeadura das culturas, as devidas correções da fertilidade do solo, visto que após o estabelecimento do sistema plantio direto, as correções são feitas na superfície do solo, sem incorporação. No mês de outubro de 2003, após o preparo inicial do solo, foi realizada amostragem do mesmo, na profundidade de 0-20 cm, apresentando as seguintes características: pH em CaCl_2 (4,2); Al (1,12 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); H + Al (10,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); P (2,0 mg dm^{-3}); K (0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); Ca (2,16 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); Mg (1,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); S (5,5 mg dm^{-3}) pelo extrator Ca (H_2PO_4)₂; SB (4,06 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); CTC (14,56 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e saturação de bases (28%). A dose de calcário aplicada em toda a área experimental foi determinada a partir da incubação prévia do solo, para elevar o pH original do solo ao índice 6,0. O ajuste da curva de regressão indicou uma dose de 4,5 t ha^{-1} . Na calagem, foi utilizado o calcário dolomítico com 75% de PRNT, dividido em duas aplicações, sendo a metade da dose incorporada com arado e a outra metade com grade intermediária.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, e os tratamentos foram arranjados no esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Considerou-se como parcelas as duas culturas de verão de referência na região, milho e soja. Como subparcelas, foram considerados os dois sistemas de manejo de solo adotados, que foram o sistema plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), distribuídos em uma área de 90 m de largura por 90 m de comprimento (8.100 m^2). Considerou-se

como sub-subparcelas os dois tratamentos com gesso (0 e 2 t ha^{-1} de gesso agrícola). No tratamento com gesso, o mesmo foi aplicado a lanço, por meio de um distribuidor de fertilizante hidráulico e incorporado ao solo juntamente com a segunda metade do calcário, com grade intermediária na primeira quinzena de outubro de 2003. Cada sub-subparcela mediu 90 m de largura por 45 m de comprimento, com área de 4.050 m^2 . A cultura de inverno que antecedeu cada uma das duas culturas de verão utilizadas foi a do trigo.

A amostragem do material destinado à análise química e micromorfométrica deu-se no mês de janeiro de 2006 quando as culturas de verão estavam no campo e em fase final de desenvolvimento. Os materiais de solo que contêm os agregados foram amostrados em duas profundidades 0-10 e 10-20 cm, sendo utilizados os agregados retidos nas porções tamizadas entre 9,52 e 4,76 mm de diâmetro, por meio de um jogo de peneiras-padrão. Para essas coletas foram abertas trincheiras com dimensões aproximadas de 40 x 40 cm, em cada unidade experimental, e, no momento da coleta das amostras, os agregados foram separados mediante peneiramento, por movimentos leves e com quantidades pré-estabelecidas (movimentos de vai e vem, dez vezes). Os agregados foram acondicionados em frascos de plástico liso e posteriormente levados para análise no laboratório. As amostras foram secas ao ar antes de serem submetidas aos procedimentos específicos.

O estudo dos agregados foi realizado após a obtenção de imagens dos mesmos com o uso de um *scanner* (HP 6100C, com capacidade de resolução ótica de 1.200 dpi) e o posterior processamento destas imagens pelo programa de computador QUANTPORO. Uma amostra de 60 agregados de cada parcela foi distribuída sobre o *scanner*, os mesmos foram separados mediante utilização de um tabuleiro com furos desencontrados. O programa QUANTPORO tem a capacidade para processar e analisar diferentes imagens e de medir ou avaliar características morfológicas de objetos em geral. Para o estudo em questão, optou-se por uma resolução de 300 dpi para obtenção das imagens. Depois de obtida a imagem, submeteu-se a mesma a uma filtragem por meio do filtro de mediana, que opera substituindo os valores referentes às cores de cada pixel, pelo valor da mediana dos pixels da vizinhança. Seu principal efeito consiste na redução de pixels isolados, grande parte destes ruídos ou artefatos, que ocasionam distorções principalmente nas medidas de borda dos agregados.

Posteriormente à filtragem, utilizou-se do sistema de cores RGB na preparação das imagens para posterior análise, onde as cores são formadas a

partir da combinação dos comprimentos de onda vermelha, verde e azul. Estas cores são combinadas para produzir a imagem colorida, e a informação contida em cada pixel é composta pelos valores relativos destas. Todas as imagens ainda foram convertidas em sua forma binária, ou seja, constituída apenas pelas cores preta e branca por meio do comando *threshold* do programa. A obtenção das imagens pode ser feita com o uso de qualquer programa de imagens e após o processamento pelo QUANTPORO, as medidas estão disponíveis em unidades do Sistema Internacional. A característica analisada/calculada de cada agregado foi a área que é medida com o número de pixels no polígono e o equivalente em cm^2 .

Os dados obtidos das análises micromorfométricas dos agregados do solo foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias, por conseguinte realizada a análise de variância pelo teste F. Foram realizados testes de correlação de Pearson dos resultados.

Resultados e discussão

Foram realizadas análises de distribuição de frequência dos agregados em classes cuja variável é a área de cada agregado. Assim, constatou-se que os mesmos se distribuem em seis classes distintas seguindo a distribuição normal-padrão, para todos tratamentos testados. As dimensões dos agregados variam de menores que $0,15 \text{ cm}^2$ a maiores que $0,55 \text{ cm}^2$, dentro de uma faixa de peneiramento entre 4,72 e 9,56 mm de diâmetro de malha.

Pela análise de variância, conclui-se que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) para a área dos agregados entre os dois sistemas de cultivo (PD e PC) para as duas profundidades estudadas (0-10 e 10-20 cm). Não se observaram diferenças significativas para os demais tratamentos (aplicação de gesso agrícola e diferentes culturas de verão), porém é importante ressaltar que qualquer variação nos dados observados pode e deverá ser considerada e analisada, visto que essa é uma análise altamente sensível na detecção de pequenas variações nos resultados (OLSZEWSKI et al., 2004). De maneira geral, o sistema plantio direto foi o que apresentou maior tamanho de agregados, proporcionando maior frequência de área superior a $0,45 \text{ cm}^2$ (Figura 1) o que corrobora com os resultados encontrados por Olszewski et al. (2004) também em um Latossolo de textura argilosa, comparando o sistema PD com demais sistemas de cultivo. Isso se deve em parte ao aporte de material vegetal no solo e ao seu não-revolvimento.

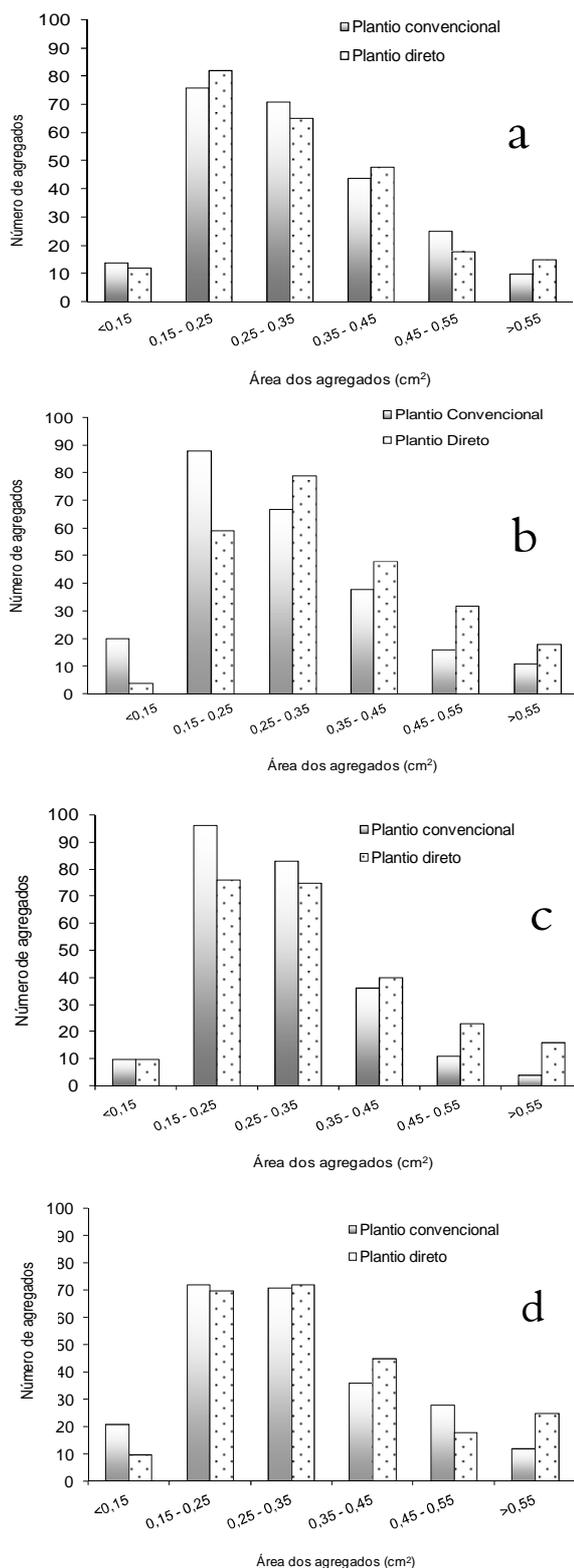


Figura 1. Frequência dos agregados em cada classe de área (cm^2), tendo milho como cultura de verão; a) profundidade 0-10 cm sem aplicação de gesso; b) profundidade 10-20 cm sem aplicação de gesso; c) profundidade de 0-10 cm com 2 t ha^{-1} de gesso; d) profundidade de 10-20 cm, com 2 t ha^{-1} de gesso.

A presença de agregados de maiores dimensões confere ao solo melhoria na relação ar-água, propiciando melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Segundo Hillel (1982), é importante manejar o solo com objetivo de obter agregados de maior diâmetro, pois uma adequada condição estrutural do solo influencia acentuadamente os regimes de água, ar e calor do solo. Os sistemas convencionais de cultivo, nos quais são realizadas arações e gradagens, são os que provocam maiores impactos na matéria orgânica do solo, por promoverem alterações na temperatura, umidade e aeração, rompimento de agregados, aumento no grau de fracionamento e incorporação dos resíduos vegetais e diminuição da cobertura do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999; MAHL et al., 2008).

Verificou-se que na profundidade de 0-10 cm, independente da aplicação de gesso, que os agregados tenderam a ser menores ou mais pulverizados (Figura 1a e 1c). Isso se deve ao fato de essa ser a camada mais afetada pelas práticas agrícolas e pelos agentes erosivos, mesmo no sistema plantio direto onde esses efeitos são menos pronunciados. Olszewski et al. (2004), analisando imagens digitais de agregados oriundos de diferentes sistemas de cultivo, ressaltaram que sistemas que utilizam grades, arados de discos e/ou aivecas, promovem a pulverização dos agregados do solo.

As estruturas granulares dos solos ricos em óxidos são extremamente resistentes e dificilmente alteradas pelo cultivo (RESCK et al., 2000; ROSCOE et al., 2001; ROSCOE; BUURMAN, 2003). Sendo assim, o estudo com agregados de maiores dimensões, nestes tipos específicos de solos, é primordial para se verificar sensíveis diferenças na morfologia dos macroagregados.

Com a aplicação do gesso, constatou-se uma tendência acentuada à agregação ou formação dos agregados em profundidade (Figura 1b e d). Constatou-se que, há incremento na área dos agregados, corroborando com trabalhos que atentam para o efeito floculante desse condicionador do solo. Considerando as afirmações de Couto et al. (1979) e Pavan et al. (1984), de que o gesso praticamente não altera o pH dos solos (e, portanto, não aumentaria CTC), este pode ser utilizado como condicionador do solo. Esta suposição foi referendada por Vitorino e Rosa Júnior (1994) ao observar que com a dose de 1.000 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, se obteve menores percentuais de argila dispersa em água e, conseqüentemente, maiores quantidades de agregados estáveis em água maiores de 1,0 mm de diâmetro.

Os mesmos autores observaram a ocorrência de dispersão do solo com a utilização de calcário para elevar a saturação de bases a 50%.

O teste de correlação de Pearson ($p > 0,05$) evidenciou que existe uma correlação da ordem de $r = 0,57$ (com $p > 0,01$) entre o Ca²⁺ no solo e a área dos agregados no plantio convencional na profundidade de 0-10 cm, já no sistema plantio direto, essa correlação é também positiva, mas de $r = 0,14$ (com $p > 0,30$). O efeito mais pronunciado desse cátion no PC é, provavelmente, pelo fato de o sistema estar mais pulverizado e respondendo mais rapidamente aos cátions floculantes.

Na Figura 2a, verifica-se o efeito do material vegetal, deixado pela cultura de verão, nos agregados do solo. Constatou-se que o resíduo vegetal da soja propiciou incrementos na área dos agregados, concentrando na faixa de 0,25-0,35 cm², diferente quando se teve resíduos de milho em que a faixa de maior frequência de área foi de 0,15-0,25 cm² (Figura 1a). Pode-se inferir conforme a Figura 2d, que em se utilizando do gesso agrícola no sistema plantio direto, tendo soja como cultura de verão, se consegue incremento na área dos agregados em profundidade (10-20 cm), embora essa tendência não possa ser confirmada por completa com a análise de variância dos dados.

A provável explicação para essa maior influência do resíduo da soja, no incremento de área dos agregados, se dá observando os dados da química do solo, nas diferentes profundidades, em especial do elemento Ca²⁺, por sua relação de carreamento com o gesso agrícola e da soma de bases (SB) (Figuras 3 e 4). Nota-se que os valores de Ca²⁺ e SB são mais elevados nos sistemas que apresentaram soja como cultura de verão, principalmente na camada mais superficial do solo (0-10 cm), pelo aporte de resíduo vegetal e a relação de exportação de nutrientes por parte das culturas, o que não foi mensurado nesse experimento.

Observa-se ainda nas Figuras 3 e 4, o efeito do gesso no carreamento de cátions no perfil do solo, em especial do Ca²⁺. Uma vez na solução do solo, o íon Ca²⁺ pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando cátions como Al³⁺, K⁺, Mg²⁺, (H⁺) para a solução, que podem, por sua vez, reagir com o SO₄²⁻ formando AlSO₄⁺ (que é menos tóxico às plantas) e os pares iônicos neutros: K₂SO₄, CaSO₄ e MgSO₄. Em função da sua neutralidade, os pares iônicos apresentam grande mobilidade ao longo do perfil, ocasionando uma descida de cátions para as camadas mais profundas do solo (ALVAREZ, 2003). Sendo assim, desencadeiam processos de floculação que promovem o incremento na área dos agregados em maiores profundidades.

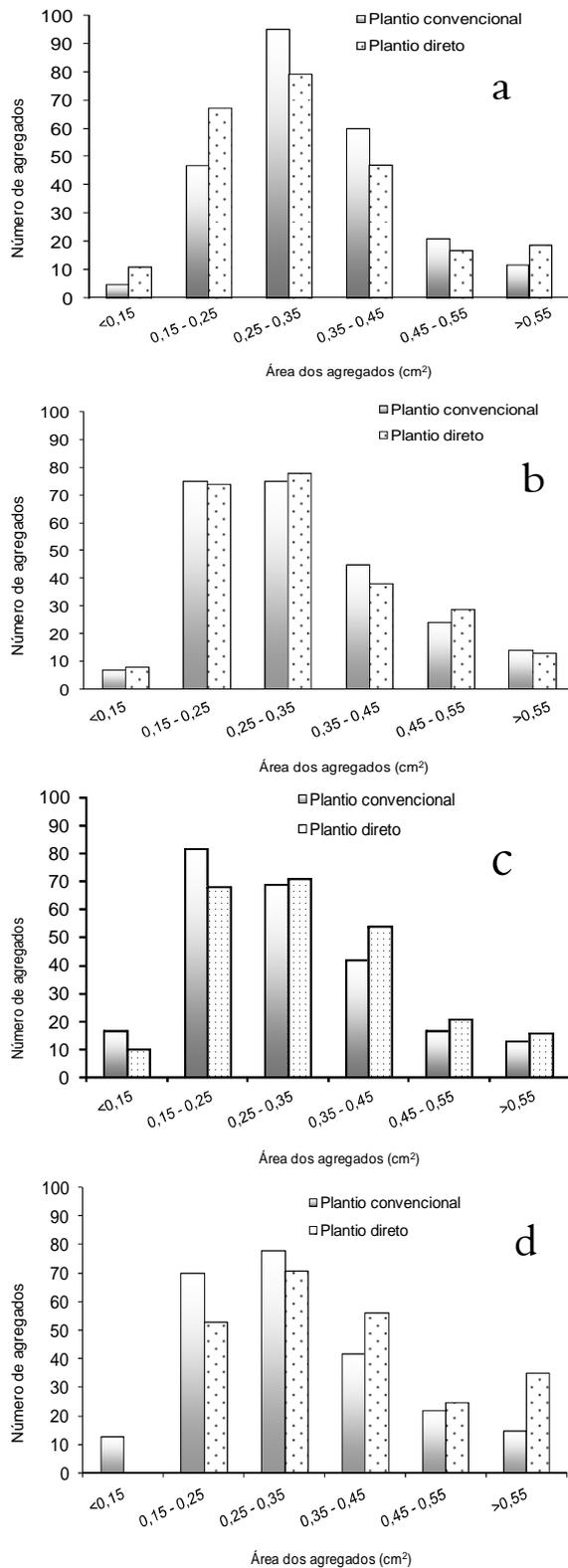


Figura 2. Frequência dos agregados em cada classe de área (cm²), tendo soja como cultura de verão; a) profundidade 0-10 cm sem aplicação de gesso; b) profundidade 10-20 cm sem aplicação de gesso; c) profundidade de 0-10 cm com 2 t ha⁻¹ de gesso; d) profundidade de 10-20 cm, com 2 t ha⁻¹ de gesso.

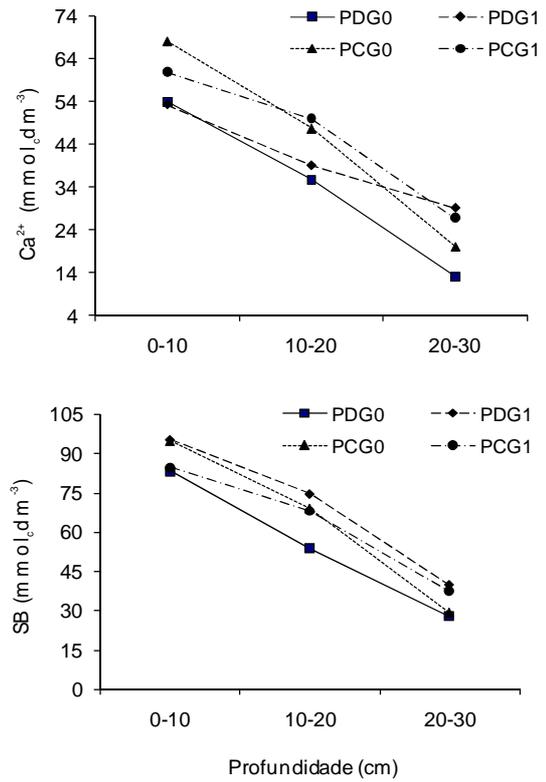


Figura 3. Teores de Ca²⁺ e Soma de bases SB (mmol_c dm⁻³), nos diferentes sistemas de cultivo, tendo milho como cultura de verão.

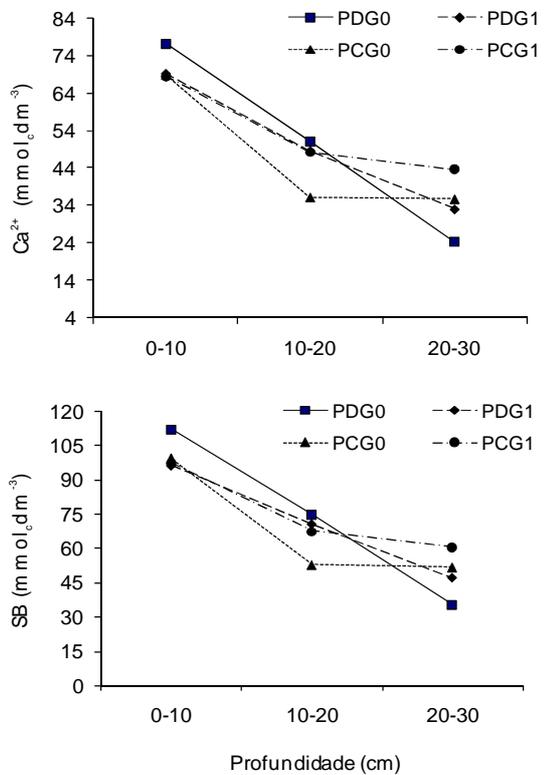


Figura 4. Teores de Ca²⁺ e Soma de bases SB (mmol_c dm⁻³), nos diferentes sistemas de cultivo, tendo soja como cultura de verão.

Verificou-se, ainda, que o gesso agrícola, associado ao sistema PD, foi mais eficiente no processo de mobilização dos cátions no perfil do solo, apresentando maiores valores de soma de bases na camada de 20-30 cm. Isso se deve, provavelmente, à presença de maiores quantidades de matéria orgânica do solo e a presença de uma flora/fauna no solo mais ativa, o que conduzia à formação de “sítios de matéria orgânica” enriquecidos com Ca e Mg causando aumento na disponibilidade desses nutrientes em camadas mais profundas (SÁ, 1999). Outra hipótese é de que a menor acidez da camada superficial do solo em PD pode conferir maior estabilidade ao íon bicarbonato, favorecendo assim, o movimento descendente de HCO_3^- acompanhado de Ca^{2+} e Mg^{2+} (OLIVEIRA; PAVAN, 1996) ou que os ânions SO_4^{2-} e NO_3^- funcionem como carregadores de Ca^{2+} e Mg^{2+} para as camadas subsuperficiais do solo.

Conclusão

O sistema plantio direto proporcionou agregados de área maior em todos os sistemas de cultivo estudado.

A soja, como cultura de verão, proporcionou maiores valores de soma de bases e de Ca^{2+} no solo e, conseqüentemente, maiores valores de área dos agregados.

A aplicação do gesso agrícola incrementou a área dos agregados em camadas mais profundas do solo.

Referência

ALVAREZ, V. H. Gesso agrícola. In: NOVAIS, P. F. **Material didático sobre fertilidade do solo**. Viçosa: UFV, 2003.

BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. Role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an Oxisol during forest to pasture conversion. **Geoderma**, v. 100, n. 1, p. 193-213, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. Van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, n. 1 p. 37- 48, 1997.

COUTO, W.; LATHWELL, D. J.; BOULDIN, D. R. Sulfate sorption by two Oxisols and Alfisol of the tropics. **Soil Science**, v. 127, n. 2, p. 108-116, 1979.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de

cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991.

FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 533-542, 1999.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. London: Academic Press, 1982.

MAHL, D.; DA SILVA, R. B.; GAMERO, C.A., SILVA, P.R.A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, p. 741-747, 2008.

MARSH, B. H.; GROVE, J. H. Surface and subsurface soil acidity: Soybean root response to sulfate-bearing spent lime. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 1, p. 1837-1842, 1992.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 3, p. 411-416, 1993.

OATES, K. M.; CALDWELL, A. G. Use of by-product gypsum to alleviate soil acidity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 1, p. 915-918, 1985.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, v. 38, n. 1, p. 47-57, 1996.

OLSZEWSKI, N.; COSTA L. M.; FERNANDES FILHO E. I.; RUIZ, H. A.; ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 901-909, 2004.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F.. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 1, p. 33-38, 1984.

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press., 2000. p. 169-196.

RITCHEY, K. D.; SILVA, S. E.; COSTA, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, v. 133, n. 4, p. 378-382, 1982.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, v. 104, n. 1, p. 185-202, 2001.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v. 70, n. 1, p. 107-119, 2003.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. **Inter-**

relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS, 1999. p. 267-319.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, C. M.; MERNES, F. J. V.; VIANA, J. H. M.; GALVAO, J.; RIBEIRO, L. M. Características da Porosidade de um Argissolo Vermelho amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 775-779, 2001.

SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A.; FEY, M. V. Use of gypsum on soils: a review. **Advanced Soil Science**, v. 9, n. 1, p. 1-111, 1989.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. **Soil**

Science Society of America Journal, v. 50, n.1, p. 1254-1278, 1986.

VITORINO, A. C. T; ROSA JÚNIOR. E. J. Efeitos do calcário sobre algumas propriedades físicas e químicas de duas unidades de solo representativas da região da Grande Dourados-MS. **Revista Científica e Cultural**, v. 1, p. 25-30, 1994.

VITTI, G. C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária.** Piracicaba: Ed. da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000.

Received on March 7, 2007.

Accepted on March 24, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.