

FRAÇÕES ORGÂNICAS E ESTABILIDADE DOS AGREGADOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO SOB DIFERENTES USOS ¹

Débora Menani HEID²

Antonio Carlos Tadeu VITORINO³

Carolina TIRLONI⁴

Nilda Tiyoko Kobayzshi HOFFMANN⁵

RESUMO: O objetivo desse trabalho é avaliar as relações entre frações de carbono e a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos, utilizando dois métodos de avaliação. O experimento foi montado em esquema fatorial 3 x 3; três sistemas de uso: plantio direto (10 anos); pastagem com *Brachiaria decumbens* (dez anos) e mata, em três profundidades: 0-5, 5-10 e 10-20cm, com cinco repetições. Para a determinação das frações orgânicas, utilizou-se o fracionamento físico granulométrico. A estabilidade de agregados na mata e pastagem foi maior quando comparada ao plantio direto. Houve diferença entre as metodologias usadas para a determinação da estabilidade de agregados para todos os atributos testados. Houve interação significativa entre manejo e profundidade para o COT (MOT) e para os teores de C (MOM). Correlações significativas foram obtidas entre todas as frações de carbono avaliadas e os atributos relacionados à agregação na metodologia padrão adaptada. Na metodologia desenvolvida, o COT (MOT) e o carbono da matéria orgânica mineral (MOM) apresentaram correlação significativa para todos os indicadores de estabilidade. Entretanto, o carbono da matéria orgânica particulada (MOP) não apresentou correlação com esses atributos do solo.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Agregação, Matéria Orgânica do Solo, Manejo do Solo.

¹ Aprovado para publicação em 22.04.09

Trabalho de Iniciação Científica do primeiro autor

² Aluna do curso de Agronomia, bolsista PIBIC – UFGD, 79800-000 – Dourados, Mato Grosso do Sul.

E-mail: deboraheid@hotmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Curso de Agronomia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 79800-000 – Dourados, Mato Grosso do Sul. E-mail: vitorino@ufgd.edu.br.

⁴ Engenheira Agrônoma, M. Sc., Doutoranda do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Bolsista CAPES, UFGD, 79800-000 – Dourados, Mato Grosso do Sul. E-mail: carol_tirloni@yahoo.com.br.

⁵ Laboratorista do Laboratório de Fertilidade do Solo FCA/UFGD, 79800-000 – Dourados, Mato Grosso do Sul.

ORGANICS FRACTIONS AND STABILITY OF AGGREGATE OF A DYSTROFERRIC RED LATOSOL UNDER DIFFERENT USES

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the relations between carbon fractions and the stability of aggregates of a *Latossolo Vermelho distroférico* under different uses by using two different methods. The experiment was conducted in a factorial 3 x 3, three use systems: no-tillage system (for ten years); pasture with *Brachiaria decumbens* (for ten years) and native forest, in three depths: 0-5, 5-10 and 10-20cm, with five repetitions. For the determination of organic fractions, the physical granulometric fractionation was used. The aggregates stability in native forest and pasture was larger in comparison to the no-tillage system. There was difference between the methodologies used for the determination of aggregates stability for all the tested attributes. There were significance between management and depth for COT (MOT) and for C (MOM) tenors. The correlations obtained among the all the appraised fractions of carbon and the attributes related to the aggregation in the pattern methodology adapted were significative. In the developed methodology, COT (MOT) and the carbon of the mineral organic matter (MOM) both presented significant correlation for all the stability indicators. However, the carbon of the organic matter particulate (MOP) did not present correlation with those attributes of the soil.

INDEX TERMS: Aggregation, Soil Organic Matter, Soil Tillage.

1 INTRODUÇÃO

O estado de agregação do solo é de grande importância para as atividades agrícolas, uma vez que está relacionado com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água.

Em Latossolo Vermelho distrófico, Oliveira et al. (2004) observaram que a estabilidade de agregados no Cerrado foi reduzida em área cultivada sob preparo convencional (PC), enquanto sob plantio direto (PD) houve a recuperação de parte da estabilidade perdida pelo

preparo intensivo, possivelmente, pelo maior teor de carbono orgânico (CO).

Comparando o solo de vegetação nativa de Cerrado com o uso do solo no sistema plantio direto e preparo convencional em um Latossolo Vermelho, Mendes et al. (2003) observaram maior estabilidade de agregados no Cerrado do que no PD, sendo o plantio convencional o sistema com menor estabilidade de agregados. Silva et al. (2008), avaliando as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho nas áreas de mata nativa e plantio direto por 2, 4 e 6 anos, constataram que na primeira área houve maior teor de matéria orgânica

(MO) e conseqüentemente melhor agregação do solo.

Em magnitude variável com o tipo de solo e condições climáticas, sistemas de manejo que adicionam grandes quantidades de resíduos vegetais ao solo e determinam uma baixa intensidade de revolvimento aumentam o teor de CO₂, a CTC e a estabilidade de agregados (COSTA et al., 2003).

Existem diferenças entre os métodos para avaliação da estabilidade de agregados em solos (FULLER; GOH, 1992), e por essa razão, a forma de medição da mesma tem sido motivo de controvérsia, uma vez que a maioria dos métodos se limita a comparações entre solos e tratamentos, e o nível de energia aplicada é arbitrário e desconhecido (FULLER; GOH, 1992). A escolha de um teste para determinação da estabilidade dos agregados de um solo depende da finalidade; portanto, é importante distinguir entre os parâmetros testados, os efeitos dos métodos de preparação das amostras, e os efeitos dos próprios métodos (MATKIN; SMART, 1987).

Para que haja presença de agregados estáveis, não basta que as partículas minerais se aproximem fisicamente umas das outras, é fundamental que algum agente promova essa estabilização. Nesse sentido, a matéria orgânica apresenta importante papel como um

dos fatores determinantes da estabilização de agregados (SIX et al., 2000). Existem relatos desse papel cimentante sendo relacionado tanto com a quantidade de matéria orgânica (CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998) como com alguns componentes dessa fração.

A agregação resulta do rearranjo de partículas, floculação e cimentação, mediados pelo carbono orgânico do solo, argila e carbonatos, sendo o carbono, ao mesmo tempo, agente de ligação e núcleo na formação dos agregados (BRONICK; LAL, 2005).

A dinâmica da MO em suas frações, além de ser alterada pelo manejo, também sofre alterações de acordo com o tipo de solo. Diversas técnicas e procedimentos de caracterização do material orgânico têm sido aplicados às frações físicas, visando ao seu melhor entendimento no solo (BOENI, 2007). Dessa forma, são utilizados métodos de fracionamento químico ou físico, para classificar e quantificar sua presença no solo e os efeitos dos sistemas de manejo (SALTON et al., 2005).

Devido à sua complexidade estrutural, funcional e dinâmica, as metodologias de estudo da matéria orgânica do solo (MOS) constituem tema de constante debate. O fracionamento físico do solo apresenta diversas vantagens em relação aos tradicionais métodos de fracionamento químico,

pois possibilita a separação de reservatórios da matéria orgânica de diferente natureza e grau de associação com a matriz do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Estudos têm demonstrado que determinados compartimentos da MOS são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas ao manejo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo (XAVIER et al., 2006).

Em algumas situações, como em solos argilosos e/ou em períodos curtos, a matéria orgânica total (MOT) pode ser um indicador não suficientemente sensível para a avaliação qualitativa de sistemas de manejo. Nesse sentido, juntamente com a MOT, tem sido avaliada a fração particulada da matéria orgânica, a qual basicamente é composta por resíduos vegetais em estágios iniciais de decomposição, raízes, e hifas de fungos (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992). A argila é a fração mais reativa no solo. Desta forma, solos mais argilosos devem apresentar maior teor de carbono orgânico total (COT), principalmente, associado aos minerais, quando comparados a solos arenosos (CAMPOS, 2006). A fração particulada é a parte mais lábil do solo, aquela que responde prontamente aos sistemas de manejo. Já a fração

mineral é a parte mais estável, não apresentando sensibilidade imediata a alterações nas práticas de manejo do solo, sendo considerado o estoque de carbono a médio e longo prazo (SALTON et al., 2005).

Sob o ponto de vista prático e de interesse econômico, o estudo das alterações na estrutura e agregação, bem como no aporte de material orgânico ao solo, induzidas pelo uso do mesmo, assume relevante importância na previsão dessas alterações, com a finalidade de subsidiar a adoção de um sistema de manejo, que vise à manutenção ou recuperação do seu potencial agrícola e produtivo.

O objetivo deste trabalho é avaliar as relações entre frações de carbono e a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos, utilizando dois métodos de avaliação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS. O solo utilizado no trabalho foi coletado na Fazenda da UNIDERP/ANHANGUERA, sendo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, textura muito argilosa, sob os seguintes usos: plantio direto (por dez anos, com sucessão de culturas nos primeiros cinco anos

de soja/aveia, e nos últimos cinco anos de soja (safra) /milho (safrinha)); pastagem cultivada de *Brachiaria decumbens* (dez anos sob pastejo contínuo, com taxa de lotação de 1 UA/ha/ano, sem histórico de adubação e indícios de degradação) e mata, sendo este último empregado como referência por se tratar de um sistema em equilíbrio e sem histórico de intervenção humana. As amostras coletadas nos diferentes sistemas de uso, em três profundidades (0-5, 5-10, 10-20 cm), com cinco repetições, foram levadas ao laboratório e secas ao ar.

Para análise da estabilidade dos agregados via úmida, foram utilizadas duas metodologias. Uma delas considerada padrão de análise da estabilidade de agregados, proposta por Embrapa (1997), sendo a mesma adaptada para um jogo de peneiras de 1,0; 0,5; 0,25 e 0,1mm. Para a metodologia padrão adaptada, usou-se uma determinada massa de agregados, obtidos por peneiramento seco, que passaram através de uma peneira de 9,52mm e ficaram retidos na peneira de 4,76 mm. A outra considerada como metodologia alternativa, aqui chamada metodologia desenvolvida, se diferencia da primeira na obtenção da amostra a ser usada na análise. Neste caso, a amostra a ser levada ao peneiramento úmido foi obtida pela reconstituição da massa de solo após o peneiramento a seco. Ou seja, com

base numa amostra de massa conhecida, calculou-se o percentual de solo retido nas peneiras de 9,52 e 4,76 mm, bem como do material que passou por estas e foi retido em recipiente de fundo do jogo de peneiras, realizando, assim, a reconstituição da amostra. Nos dois procedimentos, foram utilizadas amostras contendo 25g de solo. Como índices de estabilidade, adotou-se o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP), cujos cálculos foram feitos seguindo a proposta de Kemper e Rosenau (1986), bem como os agregados maiores e menores que 1,0 mm.

O experimento foi montado em esquema fatorial 3 x 3 (três sistemas de uso e três profundidades), com cinco repetições.

Os resultados obtidos com as duas metodologias foram comparados por meio do procedimento estatístico desenvolvido para identificar diferenças entre métodos analíticos proposto por Leite e Oliveira (2002).

Na determinação das frações orgânicas, o método de fracionamento da matéria orgânica do solo utilizado foi o fracionamento físico granulométrico, que se baseia na hipótese de que as partículas minerais associam-se de forma distinta com a matéria orgânica do solo.

Amostras com 50g de TFSA, 10mL de NaOH 1N e 120 mL de água, sofreram agitação lenta durante 16 horas. A seguir, a suspensão foi

passada em peneira com malha de 0,053 mm (fração areia). A fração retida na peneira (a qual inclui a matéria orgânica particulada (MOP)) foi seca em estufa a 45°C, pesada e o teor de carbono orgânico total da fração determinado (SALTON et al., 2005). Os teores de carbono (determinados na amostra total e na MOP) foram expressos em g kg⁻¹ de solo, determinados por oxidação via úmida (EMBRAPA, 1997). Por diferença entre os teores de carbono da MOT e da MOP, obteve-se os teores de C da matéria orgânica associada aos minerais (MOM) (SALTON et al., 2005).

Os dados foram submetidos à análise de variância, para comparação entre os manejos e as profundidades, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se programa computacional SAEG. Posteriormente, foram feitas análises de correlação de Pearson, envolvendo os teores de carbono e

os atributos relacionados à agregação, obtidos nas duas metodologias testadas. A verificação da significância dos coeficientes de correlação foi efetuada pelo teste t de Student.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a estabilidade de agregados, feita seguindo a metodologia padrão adaptada, foram observadas diferenças significativas entre os manejos (Tabela 1). Nesse caso, os valores de DMG foram mais elevados para mata quando comparados à pastagem e plantio direto (PD). Ainda para essa metodologia os valores de DMP, porcentagem de agregados maiores que 1mm, e porcentagem de agregados menores que 1mm, seguiram a mesma tendência, sendo que mata e pastagem não apresentaram diferença significativa entre si, e pastagem não apresentou diferença em relação ao PD.

Tabela 1 - Valores de diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP), porcentagem de agregados maiores que 1mm (%>1mm) e porcentagem de agregados menores que 1mm (%<1mm) em três sistemas de manejo avaliados através da metodologia padrão adaptada de análise de agregados e da metodologia desenvolvida (Media de 5 repetições)

Manejo	Metodologia padrão adaptada				Metodologia desenvolvida			
	DMG -----mm-----	DMP	<1mm -----%-----	>1mm	DMG -----mm-----	DMP	<1mm -----%-----	>1mm
Mata	2,52 a	2,68 a	8,97 b	91,03 a	2,05 a	2,48 a	16,89 b	83,11 a
Pastagem	2,13 b	2,55 ab	13,69 ab	86,31 ab	1,96 a	2,42 a	18,97 b	81,03 a
Plantio Direto	1,97 b	2,44 b	18,54 a	81,46 b	1,58 b	2,15 b	30,22 a	69,78 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na chamada metodologia desenvolvida de análise de estabilidade de agregados (aquela que considera a amostra composta conforme o resultado do peneiramento via seca), os valores de DMG, DMP e porcentagem de agregados maiores que 1mm na mata e pastagem não apresentaram diferença entre si e foram superiores aos do PD (Tabela 1).

Panachuki et al. (2006), comparando diferentes sistemas de cultivo, na mesma classe de solo do presente trabalho, verificaram que a pastagem apresentou maiores valores de DMG e DMP em relação ao plantio direto. Esta diferença entre os sistemas representa a melhor estrutura física nas áreas sob pastagem, ocasionada, possivelmente, pela ação do sistema radicular das gramíneas e do maior teor de matéria orgânica, que atua como elemento estabilizador da estrutura, promovendo a formação de agregados maiores e mais estáveis.

Já a porcentagem de agregados menores que 1mm foi superior apenas para a mata. Os manejos pastagem e PD não apresentaram diferença significativa para esse fator analisado.

A comparação entre as metodologias (padrão adaptada e desenvolvida), na determinação do DMG e DMP, pode ser visualizada na Figura 1. Os valores obtidos na metodologia desenvolvida diferiram estatisticamente dos valores obtidos na metodologia padrão adaptada, comprovando que as frações menores que 4,76, que não são usadas na metodologia padrão adaptada, podem influenciar o resultado final das análises.

Os valores de porcentagem de agregados maiores que 1mm e porcentagem de agregados menores que 1mm também apresentaram diferença significativa quando comparados às duas metodologias (Figura 2). Esse dado implica novamente na interferência dos resultados, quando não são consideradas todas as classes de agregados que compõem a estrutura original do solo. Sendo assim, quando for desprezada alguma classe de agregados, o DMG e DMP poderão resultar em valores diferentes daqueles que seriam determinados com uma amostra de solo composta (obtida pela reconstituição da massa de solo).

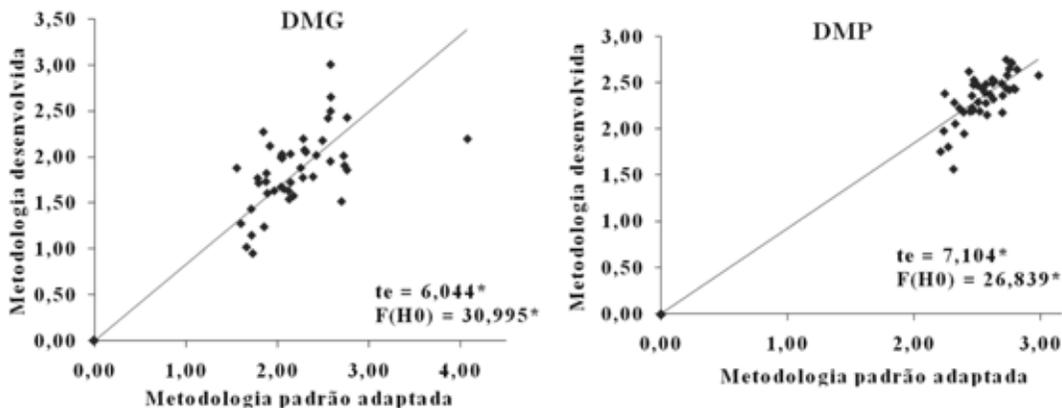


Figura 1 - Comparação dos valores de diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) obtidos com a metodologia padrão adaptada e com a metodologia desenvolvida.

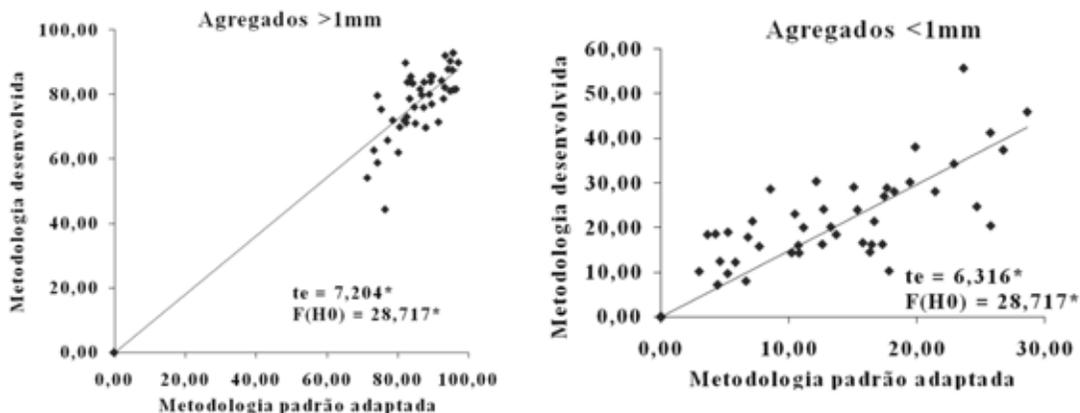


Figura 2 - Comparação dos valores, em porcentagem, de agregados com diâmetro maiores que 1mm e agregados menores que 1mm obtidos com a metodologia padrão adaptada e com a metodologia desenvolvida.

Na análise das frações orgânicas do solo, apenas houve interação significativa entre manejo e profundidade para os teores de carbono orgânico total (COT) e para os teores de C da matéria orgânica mineral (MOM). Nesse caso, na profundidade 0-5 cm, os maiores valores de COT foram encontrados na área de mata, quando

comparados aos valores encontrados em pastagem e PD, que não diferiram significativamente entre si (Tabela 2). Nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, as áreas de mata e pastagem não diferiram estatisticamente entre si, e obtiveram maiores teores de COT que a área sob PD (Tabela 2).

Para o sistema plantio direto e mata, diferiram estaticamente entre si. Já na área sob os valores de COT na profundidade 0-5 cm pastagem, não houve diferença significativa para foram maiores que nas demais camadas, que não COT nas profundidades avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Interação entre diferentes manejos e profundidades para os teores de carbono orgânico total (COT) de um Latossolo Vermelho distroférico (Média de 5 repetições)

Profundidade (cm)	Manejo			Média
	Mata	Pastagem	Plantio Direto	
0-5	84,37 Aa	54,99 Ab	54,34 Ab	64,57
5-10	61,41 Ba	53,98 Aa	44,37 Bb	53,25
10-20	51,19 Ba	55,61 Aa	38,40 Bb	48,40
Média	65,66	54,86	45,70	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O cultivo do solo, quando realizado de forma inadequada, promove declínio nos teores de carbono em relação à mata nativa. Neste estudo, o uso do solo sob pastagem promoveu uma redução do teor de COT de 16,4%, e para o plantio direto essa queda foi ainda mais expressiva (30,4%). Bertol et al. (2004), avaliando as propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta, afirmam que o teor de carbono orgânico foi 27 % maior na semeadura direta e 54 % maior no campo nativo do que no preparo convencional. A comparação entre vegetação natural e pastagem revela uma queda gradual nos teores de C-orgânico ao se passar da primeira situação para a segunda, pois, de maneira geral, o C é bastante vulnerável ao cultivo, por estar

concentrado na camada superficial do solo (LONGO; ESPINDOLA; RIBEIRO, 1999).

Houve diferença entre manejos e entre profundidades para C (MOP), mas não houve interação significativa entre manejo e profundidade. Observando-se as médias isoladas dessa fração sob os diferentes manejos avaliados, é possível verificar que os maiores valores foram encontrados na área de mata, sendo que as áreas de pastagem e PD não diferiram significativamente entre si (Tabela 3). Analisando as diferentes profundidades estudadas isoladamente, pode-se notar que os teores de C (MOP) foram maiores nas camadas de 0-5 cm de profundidade, intermediários nas de 5-10 cm e menores nas camadas de 10-20 cm (Tabela 3).

O teor de C (MOP) sofreu redução de 30,6% no uso do solo sob pastagem, sendo que, em plantio direto, essa redução foi ainda maior (48,8%). Por ser uma fração lábil e com maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos, as alterações nos estoques de C (MOP) promovidas pelo manejo do solo são percebidas geralmente a curto prazo, em comparação às alterações mais lentas que ocorrem no solo como um todo (DIEKOW, 2003).

Para os teores de C (MOM), na profundidade 0-5 cm, os maiores valores foram encontrados na área de mata, sendo que as áreas sob pastagem e PD não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 4). Nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, as áreas de mata e pastagem não diferiram significativamente entre si, e foram superiores à área de PD. Tais avaliações do C (MOM) apresentaram a mesma tendência do COT (MOT).

Tabela 3 - Valores de carbono da matéria orgânica particulada (MOP) de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes manejos e profundidades (Média de 5 repetições)

C (MOP)					
Manejo			Profundidade (cm)		
Mata	Pastagem	Plantio Direto	0-5	5-10	10-20
----- g kg ⁻¹ -----					
3,01 A	2,09 B	1,54 B	3,59 a	1,95 b	1,10 c

Médias seguidas da mesma letra maiúscula para manejo e minúscula para profundidade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Interação entre diferentes manejos e profundidades para os teores de carbono da matéria orgânica mineral (MOM) de um Latossolo Vermelho distroférico (Média de 5 repetições)

Profundidade (cm)	Manejo			
	Mata	Pastagem	Plantio Direto	Média
----- g kg ⁻¹ -----				
0-5	79,69 Aa	51,82 Ab	51,43 Ab	64,57
5-10	58,75 Ba	52,08 Aa	43,06 Ab	53,25
10-20	49,50 Ba	54,40 Aa	37,99 Bb	48,40
Média	62,65	52,77	44,16	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na interação do C (MOM) entre as profundidades avaliadas com o manejo plantio direto, os maiores valores foram observados nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, que não diferiram significativamente entre si. Na área de mata, o maior teor de C (MOM) foi observado na profundidade 0-5 cm, sendo que as profundidades 5-10 e 10-20 cm não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 4). Na área sob pastagem, as três profundidades estudadas não diferiram entre si, o que se deu de maneira semelhante aos teores de COT.

Os valores de carbono da matéria orgânica mineral (MOM) sofreram reduções de 15,7% no uso do solo sob pastagem e de 30,6% em plantio direto.

Comparando os teores de CO em diferentes sistemas de uso da terra, Bertol et al. (2004) concluíram que esses teores são maiores no campo nativo e onde foi utilizada a semeadura direta, em comparação ao preparo convencional. Esse fato se deu especialmente na superfície do solo, diminuindo com a profundidade em todos os sistemas de manejo, o que está de acordo com Nicoloso (2005), que afirma que o acúmulo de CO no solo, no sistema PD, se dá preferencialmente nas camadas mais superiores do solo, em função da decomposição dos resíduos vegetais depositados sobre a superfície.

O fato é que o C (MOM) possui uma ciclagem mais lenta que a fração particulada da MOS, devido ao seu avançado estágio de humificação e estabilidade conferida pela interação com a fração mineral do solo, localização no interior de microagregados e maior recalctrância química devido à sua composição. Percebe-se que a fração particulada da MOS, aqui representada pelos estoques de C (MOP) (NICOLOSO, 2005), constitui-se em importante ferramenta indicadora de qualidade de manejo em curtos períodos de avaliação, concordando com os resultados de Bayer et al. (2004). Assim sendo, a fração particulada da MOS pode ser utilizada como indicador de qualidade do solo para avaliação de sistemas de manejo recentes, nos quais as alterações no COT do solo ainda não tenham sido de grande magnitude (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Ao tratar sobre armazenamento de carbono, Bayer et al. (2004) concluíram que, em adição aos maiores teores de MO no solo em PD, a menor exposição dos agregados na superfície do solo a repetidos ciclos de umedecimento e secamento, ao impacto das gotas de chuva e à saturação rápida contribuem para a maior estabilidade de agregados, no interior dos quais a fração orgânica encontra-se fisicamente protegida dos microrganismos e de suas enzimas. Sistemas sem revolvimento do solo proporcionam maiores

valores de DMG (OLIVEIRA et al., 2004), o que pode ser devido aos maiores teores de carbono orgânico presente, visto que o CO tem um papel preponderante nos processos de formação e estabilização de macroagregados no solo, por ser um eficiente agente cimentante, concordando com Castro Filho, Muzilli e Podanoschi. (1998), que estudando um Latossolo Roxo de Londrina, no Paraná, concluíram que o acúmulo de resíduos vegetais na superfície, como consequência da adoção do sistema de plantio direto, melhorou o estado de agregação, graças ao incremento do teor de carbono orgânico.

De acordo com Ruivo et al. (2005), a distribuição da matéria orgânica no perfil do solo depende, entre outros fatores, da forma de disposição do material orgânico no solo. Em florestas, a maior quantidade encontra-se na superfície porque a contribuição da serapilheira é maior que a das raízes, ficando uma proporção razoável destas localizadas superficialmente. Ao contrário dos solos que suportam gramíneas, a contribuição das raízes é grande e muitas dessas plantas têm sistema radicular profundo. Como elas apresentam ciclos relativamente curtos, há uma contínua adição de restos orgânicos ao solo, devido à morte de raízes e, conseqüentemente, decrescendo bruscamente com a profundidade.

Pode-se avaliar a maior concentração de CO nas camadas mais superficiais do solo, em todas as frações da MOS avaliadas. Isto se deve à deposição de resíduos vegetais sobre o solo, maior presença de raízes e liberação de exudatos e ao processo de decomposição destes resíduos e sua conversão em CO nas diversas frações da MOS (NICOLOSO, 2005). O presente estudo permitiu verificar uma redução dos teores de COT (MOT) de 17,5% para a camada 5-10 cm, e de 25,0% para a camada 10-20 cm. Os teores de C (MOP) reduziram 45,7% na camada 5-10 cm, sendo que na camada 10-20 cm essa queda foi mais expressiva (69,4%). As reduções dos teores de C da fração mineral (MOM) foram de 15,9% e 22,4% para as camadas 5-10 cm e 10-20 cm, respectivamente.

Devido à alta dependência do aporte de C via resíduos vegetais e à grande variação da quantidade desses resíduos adicionados sob diferentes sistemas para a manutenção dos estoques de C (MOP), encontra-se uma grande variação dessa fração no perfil do solo (NICOLOSO, 2005).

Comparando a concentração dos teores de CO em suas diferentes frações, Nicoloso (2005) observou que as concentrações de C (MOM) são em média 35 % superior aos teores de C (MOP) na camada 0 – 2,5 cm, 85 % superior na camada

2,5 – 5 cm, e 136 % superior na camada 2,5 – 10 cm, o que demonstra a menor participação da fração particulada nas camadas mais profundas do solo. Os teores de COT foram intermediários aos observados nas frações particuladas e associada a minerais da MOS, embora bastante próximos dos teores de C (MOM). Isto é explicado pela maior participação dos estoques de C (MOM) na composição dos estoques de COT, podendo ser maior que 80% (NICOLOSO, 2005).

Essas afirmativas podem ser comprovadas pelo presente estudo, que verificou uma participação do C (MOM), na composição do COT, de 94,45% na camada 0-5 cm; 96,34% na camada 5-10 cm e 97,73% na camada 10-20 cm. A participação do C (MOP) na composição do COT foi menos expressiva, sendo de 5,55% na camada 0-5 cm; 3,66% e 2,27% nas camadas 5-10cm e 10-20cm, respectivamente. Tais valores podem confirmar que quanto maior a profundidade, menor é a importância do C da fração particulada

em relação à importância do C da fração mineral na composição do COT, reforçando a dependência da fração particulada à adição de resíduos vegetais para a manutenção de seus valores (NICOLOSO, 2005).

Todos os indicadores da estabilidade de agregados estudados na metodologia padrão adaptada apresentaram correlação significativa ($p < 0,01$) com as frações de carbono avaliadas, sendo correlações inversa para a porcentagem de agregados menores que 1mm e positiva para os demais (Tabela 5). Na metodologia desenvolvida, os valores de carbono orgânico total (COT) e C (MOM) se correlacionaram de forma significativa com todos os indicadores da estabilidade de agregados, sendo também as correlações inversa para a porcentagem de agregados menores que 1mm e positiva para os demais. Entretanto, os valores de C (MOP) não apresentaram correlação com os atributos relacionados à agregação.

Tabela 5 - Coeficientes da análise de correlação simples envolvendo os teores de carbono com os atributos relacionados à agregação, obtidos nas duas metodologias testadas

	Metodologia padrão adaptada				Metodologia desenvolvida			
	DMG	DMP	<1mm	>1mm	DMG	DMP	<1mm	>1mm
COT (MOT)	0,4868**	0,5263**	-0,5136**	0,5136**	0,2164°	0,2341°	-0,2338°	0,2338°
C (MOP)	0,4312**	0,4734**	-0,4761**	0,4761**	0,1486 ^{NS}	0,1696 ^{NS}	-0,1709 ^{NS}	0,1709 ^{NS}
C (MOM)	0,4803**	0,5185**	-0,5046**	0,5046**	0,2176°	0,2345°	-0,2340°	0,2340°

NS, **, *,o, não significativo, significativo a 1%, 5% e 10% pelo teste t, respectivamente.

Albuquerque et al. (2005) observaram correlações entre o CO com o DMP dos agregados de solos sob diferentes usos, pelo fato de a matéria orgânica atuar como um agente de agregação temporário, principalmente de macroagregados. Carpenedo e Mielniczuk (1990) também encontraram correlação positiva entre DMP e matéria orgânica em um Latossolo Vermelho distroférico argiloso e num Latossolo Vermelho aluminoférico argiloso, assim como Campos et al. (1995), num Latossolo Vermelho distrófico após sete anos comparando sistemas de preparo do solo.

Avaliando modificações na estabilidade de agregados no solo em dois sistemas, Longo, Espindola e Ribeiro (1999) observaram correlação positiva entre o DMP e o C-orgânico, confirmando que na condição de floresta, o solo tende a revelar, de maneira geral, melhor estruturação, ligada aos maiores teores de matéria orgânica decorrentes, provavelmente, de uma conjunção de fatores que consideram diferenças na quantidade e na qualidade do material orgânico incorporado ao solo.

Wendling et al. (2005) observaram que os coeficientes de correlação do COT com os valores dos índices de agregação foram positivos e significativos para DMP, DMG na camada 5-10 cm. Castro Filho, Muzilli e Podanoschi. (1998)

encontraram correlações semelhantes, na camada de 0-10 cm, em um Latossolo Vermelho distroférico, para os parâmetros DMP e DMG. Costa et al. (2004) puderam constatar em um Latossolo Bruno que o efeito do PD na estabilidade de agregados foi mais pronunciado na camada superficial (0-5 cm) do solo, e altamente relacionado aos teores de COT e C (MOP) do solo. Para cada aumento de uma unidade no C (MOP), ocorreu um aumento de 0,35 unidades no DMG dos agregados, enquanto a mesma variação no COT resultou numa variação positiva de apenas 0,19 unidades no DMG. A maior labilidade do C (MOP) como fonte de C e energia aos microrganismos possivelmente refletiu-se de forma mais expressiva na estabilidade, principalmente, de macroagregados. Por sua vez, o COT engloba uma expressiva fração de matéria orgânica humificada, a qual atua basicamente na estabilidade de microagregados (COSTA et al., 2004). O elevado estoque de C (MOP) deve-se à adição de resíduos do sistema PD e da magnitude da proteção física exercida pelos macroagregados.

Maiores valores de carbono orgânico determinam maior estabilidade de agregados, e esta, por sua vez, maior proteção física da MO. Estabelece-se, assim, uma relação causa-efeito entre agregação e a matéria orgânica (SIX; ELLIOT; PAUSTIAN, 1999).

4 CONCLUSÃO

As frações de carbono avaliadas se correlacionam positivamente com a estabilidade de agregados. As metodologias de análise da estabilidade dos agregados utilizadas foram diferentes entre si, sendo que a metodologia padrão adaptada apresentou correlações significativas entre todas as frações orgânicas avaliadas com todos os atributos relacionados à agregação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, e à UFGD, pelo ambiente favorável ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P.; KUNTZE, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa (MG), v. 29, n. 3, p. 415-424, 2005.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília (DF), v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. ZOLDAN JUNIOR, W. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa (MG), v.28, n. 1, p.155-163, 2004.

BOENI, M. *Proteção física da matéria orgânica em Latossolos sob sistemas com pastagens na região do Cerrado Brasileiro*. 2007. 152 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil Structure and management: a review. *Geoderma*, v.124, p.3-22, 2005.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-mater changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.56, p.777-783, 1992.

CAMPOS, B. C. *Dinâmica do carbono em sistemas de preparo do solo e de culturas em Latossolo Vermelho Distrófico típico*. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

- CAMBES, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.19, p.121-126,1995.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.14, p.99- 105, 1990.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa (MG), v.22, n.3, p.527-538, jul./set. 1998.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.29, n.5, p.777-788, set./out. 2005
- COSTA, F. de S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.27, p.527-535, 2003.
- _____; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. *Ciênc. Rural*, Santa Maria, v.34, n.2, p.587-589, 2004.
- DIEKOW, J. *Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto*. 2003. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FULLER, L. G.; GOH, T. G. Stability-energy relationships and their application to aggregation studies. *Canadian Journal of Soil Science*, Ontario, v. 72, n. 4, p. 453-466, Nov. 1992.

- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of American, 1986. p.425-441. (Agronomy Series, n.9).
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test indetity between analytical methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.33, n.718, p. 1105-1118, 2002.
- LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. I. Modificações na agregação do solo decorrentes da introdução de pastagem em áreas de cerrado e floresta amazônica. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.
- MATKIN, E. A.; SMART, P. A comparison of tests of soil structural stability. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.38, n.1, p.123-135, Mar. 1987.
- MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.27, p.435-443, 2003.
- NICOLOSO, R. S. *Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto*. 2005. 149 f. (Mestrado em Ciência do Solo)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. de S.; CURI, N.; RESCK, D. V. S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa (MG), v. 28, n. 2, p. 335-344, 2004.
- PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. de; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.10, n.2, p.261-268, 2006.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. *Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

- RUIVO, M. de L. P.; AMARAL, I. G.; FARO, M. P.da S.; RIBEIRO, E. L. C.; GUEDES, A. L. S.; SANTOS, M. M. de L.S. Caracterização química da manta orgânica e da matéria orgânica leve em diferentes tipos de solo em uma topossequência na ilha de Algodoal/Maiandeua, PA. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Série. Ciências Naturais*, v.1, n.1, p.227-234, abr. 2005.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONEIÇÃO, P. C. *Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul*. Dourados: Embrapa Agropec. Oeste, 2005. 58 p.
- SILVA, F. de F. da; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. *Irriga*, Botucatu, v. 13, p. 191-204, 2008.
- SIX, J.; ELLIOT, E. T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.63, p.1350-1358, 1999.
- SIX, J.; PAUSTRIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.64, p.681-689, 2000.
- XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa (MG), v. 2, n. 30, p. 247-258, 2006.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesq. Agropec. Bras*, v.40, p.487-494, 2005.