

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impresso): 1981-1160

v.5, n.3, p.291-297, jul.-set., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI: 10.5239/agraria.v5i3a461

Protocolo 461 - 24/09/2008 • Aprovado em 15/04/2010

Ademir Fontana²

Roberto J. de Brito²

Marcos G. Pereira^{2,3}

Arcângelo Loss²

Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ¹

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a agregação do solo, os teores de carbono orgânico dos agregados e a relação entre agregação e as substâncias húmicas em solos de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais, no norte do Estado do Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, em áreas de Latossolo Amarelo (LA) e Argissolo Amarelo (PA), sob três coberturas vegetais: pastagem (pasto), cana-de-açúcar (cana) e floresta secundária (floresta). Foi quantificado o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e o carbono em cada classe de agregados (COAGR), e determinados o índice de sensibilidade (IS) e os teores das substâncias húmicas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. Os maiores valores de DMP foram observados na área de floresta e os menores na área de cana. Na comparação entre os solos, o PA apresentou os maiores valores de DMP. O maior valor de IS foi verificado na área de pasto. Os teores de COAGR diminuíram em direção às classes de agregados de menor diâmetro, sendo os menores valores observados nas áreas de pasto e cana. A humina apresentou maiores valores de correlação com a agregação do solo no PA, enquanto os ácidos húmicos apresentaram melhor correlação no LA, principalmente na área de floresta.

Palavras-chave: Ácidos húmicos, carbono orgânico, estabilidade dos agregados, humina

Aggregation levels and correlation with humic substances in Oxisols and Ultisols of coastal tablelands, Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate soil aggregation, the amounts of organic carbon of the aggregates and the relationships between aggregation and humic substances in coastal tablelands soils, under different vegetation covers in the north of Rio de Janeiro state, Brazil. Undisturbed samples were collected at 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm in depth in areas of Xanthic Oxisol and Xanthic Ultisol, under three plant covers: pasture, sugar cane crop and secondary forest. The mean weight diameter of aggregates (MWD) and the aggregate organic carbon were determined in each aggregate class. The sensitivity index (SI) and humic substances content (fulvic acids, humic acids and humin) were also quantified. MWD highest levels were observed in the forest area and the lowest in the sugar cane crop area. Regarding the soils, the Ultisol showed the highest values of MWD. The highest SI value was found in the pasture area. The carbon amounts of aggregates decreased in relation to smaller diameter class, with the lowest values observed in pasture and sugar cane areas. The humin showed the highest correlation values with soil aggregation in the Ultisol; however, humic acids presented the best correlation in the Oxisols, mainly in the forest area.

Key words: Humin and humic acids, organic carbon, aggregates stability

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do segundo autor apresentado ao curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campus Seropédica, Seroédica-RJ, Brasil.

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica-RJ, Brasil. Fone: (21) 2682-1308 Ramal 295. Fax: (21) 2682-1308. E mail: ademir.fontana@gmail.com; rjbrito@bol.com.br; gervasio@ufrj.br; arcangeloloss@yahoo.com.br

³ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

INTRODUÇÃO

A estrutura é o resultado da formação dos agregados do solo, a qual pode ser avaliada quantitativamente pela distribuição dos agregados estáveis em água sob diferentes diâmetros de peneiras (Eash et al., 1994; Arshad et al., 1996). Segundo Pinheiro et al. (2004), modificações ocorridas nos solos e avaliadas pelas propriedades físicas podem estar relacionadas aos sistemas de produção, à capacidade de degradação ou à melhora em relação às condições naturais.

No Estado do Rio de Janeiro, os solos de tabuleiros costeiros vêm sendo cultivados de forma intensiva por muitos anos com cana-de-açúcar, pastagens e recentemente com fruticultura em monocultivo (laranja e limão), levando a degradação de suas propriedades físicas, principalmente à agregação (Jacomine, 1974; Anjos, 1985; Nascimento, 2001).

Para Kemper (1965), Kemper & Chepil (1965) e Castro Filho et al. (1998), o tamanho dos agregados e o estado de agregação do solo podem ser determinados por índices como: diâmetro médio ponderado (DMP), que relaciona os agregados por classes de diâmetro; diâmetro médio geométrico (DMG), que representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência; e índice de estabilidade dos agregados (IEA), que representa uma medida da agregação total do solo, sendo que, quanto maior a massa de agregados < 0,25 mm, menor o IEA (Castro Filho et al., 2002). Além destes índices, é também utilizado, o índice de sensibilidade (IS), que avalia a influência de diferentes tipos de cobertura vegetal e formas de manejo na estabilidade dos agregados. Quanto maior o valor do IS, mais próximo o solo estará de sua condição natural (Bolinder et al., 1999).

A matéria orgânica exerce um papel de grande importância no processo de formação e estabilização dos agregados dos solos (Wohlenberg et al., 2004; Bronick & Lal, 2005; Loss et al., 2009). Há estudos que destacam a correlação entre os teores de carbono orgânico e a dinâmica dos agregados dos solos (Castro Filho et al., 1998; Castro Filho et al., 2002; Pinheiro et al., 2004, John et al., 2005; Madari et al., 2005).

Os trabalhos realizados por Stevenson (1982) e Bayer & Mielniczuk (1997) mostraram que a relação da matéria orgânica do solo (MOS) com a agregação dos solos pode ser avaliada por meio das substâncias húmicas que a compõem. Essas substâncias são importantes no processo de formação e estabilização dos agregados, por meio de sua ação cimentante, que possibilita a formação de complexos organo-minerais e consequentemente a formação de agregados estáveis (Stevenson, 1982).

Vários estudos têm focado o uso de materiais orgânicos para melhorar a agregação do solo, visto que as substâncias húmicas, principalmente os ácidos húmicos, têm efeito benéfico na estabilidade dos agregados (Tisdall & Oades, 1982; Lynch & Bragg, 1985; Fortun et al., 1990; Piccolo & Mbagwu, 1994). Segundo Bastos et al. (2005), uma molécula com forte caráter hidrofóbico e hidrofílico, como o ácido húmico, é capaz de aumentar a agregação do solo sem sofrer a influência de outros compostos de maior ou menor grau de hidrofobicidade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a agregação do solo, os teores de carbono orgânico dos agregados e a relação entre agregação e as substâncias húmicas, em solos de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas localizadas no município de Campos dos Goytacazes, região Norte Fluminense (RJ). As coordenadas geográficas locais são: 21° 35' a 21° 36' de latitude Sul e 41° 16' a 41° 17' de longitude Oeste de Greenwich e altitude variando de 27 a 33 m. O clima da região é caracterizado como tropical quente e úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão, com precipitação anual em torno de 1.020 mm.

Foram selecionadas áreas de Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo (LA e PA, respectivamente) (Embrapa, 2006), sob três coberturas vegetais: pastagem (pasto), cana-de-açúcar (cana) e floresta secundária (floresta). O pasto foi formado há mais de 10 anos e é predominantemente composto por gramíneas do gênero *Brachiaria decumbens* plantadas e conduzidas sem aplicação de adubos ou corretivos. A cana é submetida ao manejo tradicional de cultivo da região, com queima controlada da palhada para fins de limpeza da área na época do corte/colheita. A floresta é semidecídua e está disposta num fragmento com corte seletivo e pastejo ocasional.

No final do período chuvoso (março/2003) foram coletadas 5 amostras indeformadas de cada área e em cada solo, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. As amostras foram secas ao ar e posteriormente passadas por peneiras de 8 e 4 mm de diâmetro de malha (Embrapa, 1997). Os agregados retidos na peneira de 4 mm foram utilizados na análise de determinação da distribuição dos agregados via úmida, utilizando o aparelho de oscilação vertical de Yooder (Kemper & Chepil, 1965). Uma amostra dos agregados foi utilizada para a determinação da umidade segundo a Embrapa (1997). Na avaliação da distribuição dos agregados foram utilizadas 25 g de agregados retidos na peneira de 4 mm, pré-umedecidos com pulverizador e submetidos a peneiramento em água por 15 min (~35 rpm), usando um jogo com cinco peneiras de diferentes diâmetros: 2, 1, 0,5, 0,25 e 0,105 mm. O material retido em cada peneira foi removido e seco em estufa a 65° C até atingir peso constante. Posteriormente foi determinado o peso dos agregados em cada peneira para a determinação dos índices de agregação.

Para o cálculo do índice de agregação (DMP) foi empregada a seguinte equação:

$$DMP = \sum x_i y_i$$

em que: DMP = diâmetro médio ponderado; x_i = diâmetro do centro de classe (mm); y_i = razão entre a massa dos agregados dentro de cada classe e a massa total dos agregados.

O índice de sensibilidade (IS) foi calculado pela expressão:

$$IS = DMP_t / DMP_o$$

em que: Is = índice de sensibilidade; DMP_t = valor do DMP do solo considerado em cada sistema de manejo testado (pasto e cana), e DMP_o = valor do DMP do solo na cobertura original (floresta).

Após secagem e pesagem os agregados foram macerados, para a determinação do carbono orgânico dos agregados (COAGR) segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Também foi realizado o fracionamento das substâncias húmicas, por meio da técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996) e adaptada por (Benites et al., 2003), a qual utiliza 1,0 g de solo mantida em 20 mL de solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ durante 24 horas, obtendo o Extrato Alcalino (EA) que é formado pela Fração Ácido Fúlvico (FAF) e Fração Ácido Húmico (FAH). A separação entre o EA (FAF+FAH) e o resíduo foi realizada por centrifugação a 5000 rpm, durante 30 minutos. Foi realizada, em seguida, mais uma lavagem com a mesma solução de NaOH, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 mL. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionado em placa de petri e secado a 65 °C (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 ($\pm 0,1$) com solução de H₂SO₄ a 20%, seguido de decantação por 18 horas em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 mL, com água destilada.

A quantificação do carbono orgânico nas frações FAF e FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 mL de extrato, 1,0 mL de dicromato de potássio 0,042 mol L⁻¹ e 5,0 mL de H₂SO₄ concentrado, em bloco digestor a 150 °C durante 30 minutos e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹. No resíduo seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico na fração húmica (HUM), adicionando-se 5,0 mL de dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹ e 10,0 mL de H₂SO₄ concentrado, em bloco digestor a 150 °C durante 30 minutos e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L⁻¹ e indicador ferroin (Yeomans & Bremner, 1988).

Os resultados das propriedades estudadas foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre médias foi feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Índice de Sensibilidade (IS)

De acordo com os resultados obtidos, observou-se, independentemente da classe do solo estudada, que entre as coberturas vegetais, a área de floresta apresentou os maiores valores de DMP em todas as profundidades, seguida pela área de pasto até a profundidade de 5-10 cm, sendo que as áreas de pasto e cana apresentaram comportamento similar para as profundidades de 10-20 e 20-40 cm (Figura 1). Também foi observado um decréscimo dos valores de DMP em profundidade, independente da cobertura vegetal. Entre os

solos, os maiores valores da DMP foram observados para a classe PA em relação ao LA (Figura 2).

Comportamento semelhante foi observado por Beutler et al. (2001) em Latossolo Vermelho de Minas Gerais sob diferentes formas de manejo (plantio convencional, plantio direto e cerrado nativo) até a profundidade de 30 cm. Exceção a esse comportamento, foi verificada para o cerrado nativo, onde foi observado aumento do DMP na profundidade entre 5-20 cm. Sá et al. (2003), estudando área de Argissolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (café, pasto e floresta) na região dos tabuleiros costeiros do Espírito Santo, observaram maiores valores de DMP nas áreas de floresta e pasto.

Os menores valores de DMP na área de cana podem estar relacionados ao tipo de manejo empregado, que consiste no preparo tradicional do solo (aração e gradagem) e colheita

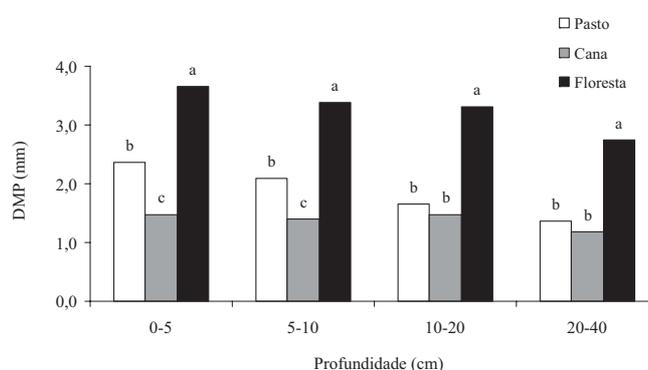


Figura 1. Diâmetro médio ponderado (DMP) nas diferentes coberturas vegetais e profundidades. Médias seguidas de mesma letra na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Figura 1. Mean Weight Diameter (MWD) at different depths and vegetal coverings. Means followed by the same letter at the same depth do not differ by the Tukey's test at $P < 0.05$

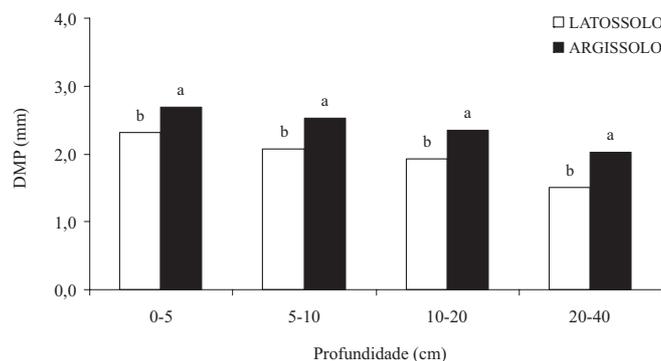


Figura 2. Diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados nos diferentes solos e profundidades. Médias seguidas de mesma letra na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste F

Figure 2. Aggregates mean weight diameter (MWD) at different soils (Ultisol and Oxisol) and depths. Means followed by the same letter at the same depth do not differ by the F test

mediante a queima prévia da palhada. Tal efeito foi observado por Silva & Ribeiro (1992), estudando o cultivo contínuo de cana-de-açúcar em Argissolo Amarelo dos tabuleiros costeiros no Estado de Alagoas. Estes autores constataram a redução da quantidade de macroagregados em função do tempo de cultivo da cana, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, devido à influência da aração e dos tratos culturais, que contribuíram para a destruição dos agregados dos solos.

Na área de pasto, a adição de matéria orgânica, via renovação do sistema radicular, associada à ação mecânica das raízes, favorece a aproximação das partículas unitárias, contribuindo para a manutenção e o aumento da estabilidade dos agregados. Maia & Ribeiro (2004), estudando as modificações de atributos físicos de um Argissolo Amarelo dos tabuleiros costeiros no Estado de Alagoas, submetido a diferentes períodos de cultivo de cana-de-açúcar (dois a trinta e dois anos), também observaram esse comportamento, constatando a influência do sistema radicular da cultura sobre a agregação do solo.

Os maiores valores de DMP verificados no Argissolo Amarelo se relacionaram com os maiores valores de COAGR. Segundo Tisdall & Oades (1982), a matéria orgânica atua na formação e estabilização de agregados por meio de polímeros orgânicos que se ligam às superfícies inorgânicas por intermédio de cátions polivalentes e polímeros hidroximetálicos, formando complexos organo-minerais.

Além do DMP, o índice de sensibilidade (IS) também é um indicador da influência dos diferentes tipos de coberturas vegetais e formas de manejo na estabilidade dos agregados do solo. Segundo Bolinder et al. (1999) é possível inferir algumas conclusões baseando-se na relação existente entre o valor do DMP do solo em cada manejo testado e o valor do DMP do solo em condição natural.

Na Tabela 1, observa-se que a área de pasto apresentou maior valor de IS (0,57) em relação à área com cana (0,46). Os valores de IS dos dois solos sob pasto foram maiores que os solos sob cana. De forma geral, o PA apresentou maiores valores de IS quando comparado ao LA, com exceção da profundidade de 20-40 cm. Os resultados indicam que as áreas de PA, quando cultivadas com pastagem, estão mais próximas das condições naturais, sendo este comportamento decorrente da melhor agregação do solo. Os menores IS

Tabela 1. Índice de Sensibilidade (IS) nas diferentes coberturas vegetais e solos

Table 1. Sensitivity Index (SI) at the different vegetal coverings and soils

Coberturas	Solo	IS ¹	Profundidades (cm)				
			0-5	5-10	10-20	20-40	
Pasto	LA	0,57	0,55	0,55	0,49	0,45	0,69
	PA		0,60	0,69	0,70	0,50	0,53
Cana	LA	0,46	0,38	0,31	0,33	0,43	0,45
	PA		0,54	0,51	0,54	0,53	0,58

¹ Valores médios de cinco repetições

encontrados na área de cana refletem o efeito prejudicial do sistema de preparo convencional sobre a estrutura do solo.

Avaliando a agregação do solo e o índice de sensibilidade em diferentes sistemas de uso, em comparação com uma área de floresta secundária, Loss et al. (2008) encontraram resultados semelhantes. Os autores verificaram que a área com preparo convencional do solo apresentou o menor valor de IS, sendo este decorrente das práticas de aração e gradagem.

Distribuição do carbono orgânico nas classes de agregados

Na Figura 3, são apresentados os valores de carbono orgânico dos agregados (COAGR). Os maiores teores de COAGR ocorreram nas classes de agregados de maior diâmetro, sendo este padrão observado para todas as profundidades.

Entre as classes de solos LA e PA foram observadas semelhanças quanto à distribuição dos teores de COAGR, constatando-se uma diminuição gradativa dos teores de carbono paralelo em relação à redução do tamanho da classe dos agregados (Figura 4). Comparativamente, a classe PA apresentou os maiores teores de COAGR, diferenciando-se significativamente de LA nas duas classes de maior diâmetro (> 2 e 2-1 mm). Para as diferentes classes de solo, o maior teor de COAGR foi verificado na classe > 2 mm, seguida pela classe 2-1 mm. Para as demais classes não foram verificadas diferenças em todas as profundidades.

Entre as coberturas vegetais, observou-se, assim como para os solos, semelhança quanto à distribuição dos teores de COAGR nas diferentes classes de agregados, sendo verificada diminuição dos teores de carbono na direção da classe de menor diâmetro (Figura 5). A área de floresta apresentou maiores teores de COAGR nas classes > 2 e 2-1 mm na profundidade de 0-5 cm, e teores de COAGR iguais na área de cana para as mesmas classes de agregados na profundidade de 5-10 cm. Para as demais classes de

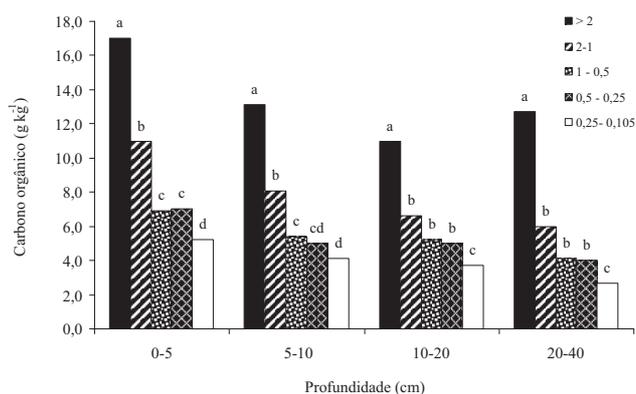


Figura 3. Teores de COAGR nas diferentes classes de agregados, independentemente do solo e cobertura vegetal. Médias seguidas de mesma letra na mesma profundidade não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Figure 3. Aggregate organic carbon values in the different aggregate classes, regardless of soil and vegetal covering. Means followed by the same letter at the same depth do not differ by the Tukey's test at $P < 0.05$

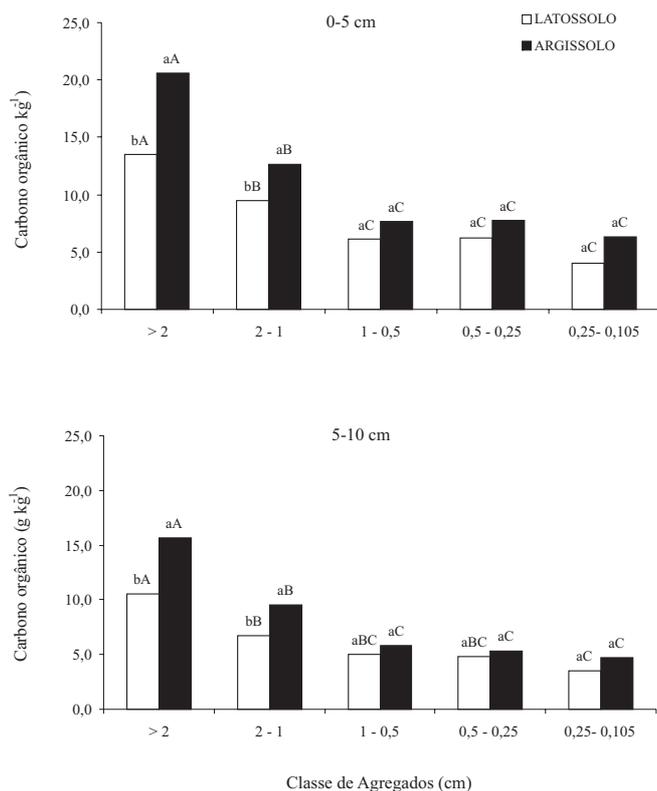


Figura 4. Teores de COAGR nas diferentes classes de agregados para os diferentes solos e independente das coberturas vegetais. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada classe não diferem entre si pelo teste F e de mesma letra maiúscula entre as classes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Figure 4. Aggregate organic carbon values in the different aggregate classes for the different soil types, regardless of the vegetal coverings. Means followed by the same letter within the same class do not differ by the F test and same capital letter between classes do not differ the Tukey's test at $P < 0.05$

agregados, não houve diferença entre as coberturas vegetais. Dentro de cada cobertura vegetal o maior teor de COAGR foi verificado na classe > 2 mm, seguido pela classe 2-1 mm. Para as demais classes de agregados os valores foram iguais nas duas profundidades (Figura 5).

Avaliando o carbono orgânico dos agregados sob diferentes sistemas de uso do solo, Pinheiro et al. (2004) observaram semelhança entre os teores de COAGR nas diferentes classes de agregados. Dentro de cada classe de agregados, os maiores teores ocorreram na área com gramíneas, plantio direto e tração animal. Madari et al. (2005) observaram entre as classes de agregados, que apenas a área de floresta apresentou diferença nos teores de COAGR, sendo os maiores valores verificados nas classes 0,25-0,125 mm e 0,5-0,25 mm até a profundidade de 10 cm. Dentro das classes de agregados, os maiores valores de COAGR foram verificados na área de floresta e no sistema plantio direto, enquanto os menores valores de COAGR foram encontrados na área sob preparo convencional do solo.

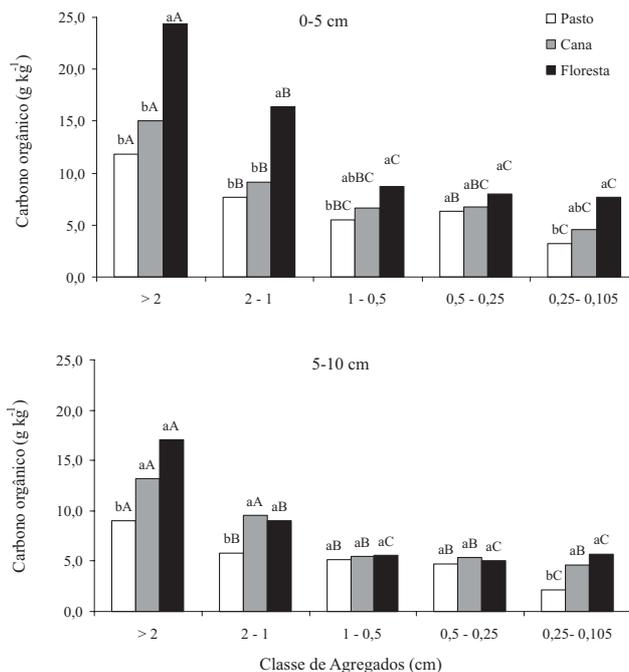


Figura 5. Teores de COAGR nas diferentes classes de agregados para as diferentes coberturas vegetais, independente dos solos. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada classe e de mesma letra maiúscula entre as classes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Figure 5. Aggregate organic carbon values in the different aggregate classes for the different types of vegetal coverings, regardless of the soil. Means followed by the same lowercase letter within the same class and same capital letter between classes do not differ by the Tukey's test at $P < 0.05$

Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas

Os melhores valores de correlação foram observados entre o DMP e os ácidos húmicos (C FAH) e a humina (C-HUM), na profundidade de 0-5 cm na área de floresta. Esse comportamento está de acordo com a afirmação de Karlen et al. (2003), ao considerar que a qualidade de um solo geralmente é observada nas camadas mais superficiais, onde se pode observar sua condição de uso e manejo.

Na profundidade de 0-5 cm e independente dos solos e coberturas vegetais (Figura 6), observou-se correlação significativa e positiva entre o DMP e o C-HUM, através de uma função logarítmica ($DMP = 0,1539 \ln C-HUM + 0,2149$). No entanto, nessa mesma profundidade e com isolamento dos solos (Figura 6), foi observada melhor correlação entre DMP e C-HUM na área de PA, através de uma função linear ($DMP = 0,0871 \times C-HUM + 0,1075$).

Na área de floresta, independentemente dos solos e das profundidades (Figura 7), observou-se correlação significativa e positiva do DMP com o C-FAH, cujo comportamento foi ajustado à função linear ($DMP = 0,0251 \times C-FAH - 0,0042$). No entanto, nessa mesma cobertura e para os solos isoladamente (Figura 7), observou-se uma melhor correlação para a classe dos LA ($DMP = 0,0259 \times C-FAH - 0,00690$), demonstrando que nesse solo e sob floresta, os ácidos húmicos são mais

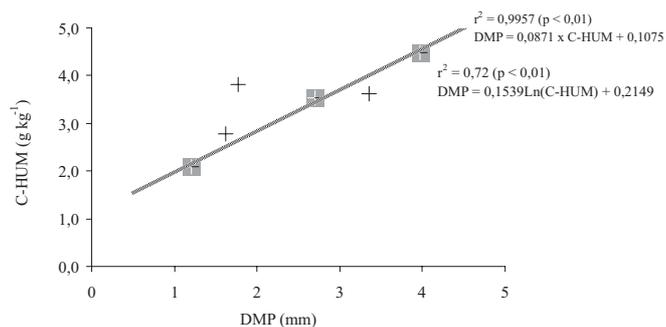


Figura 6. Correlação entre o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados do solo e a humina (C-HUM) na profundidade de 0-5 cm

Figure 6. Correlation between the MWD and humin (C-HUM) at 0-5 cm in depth

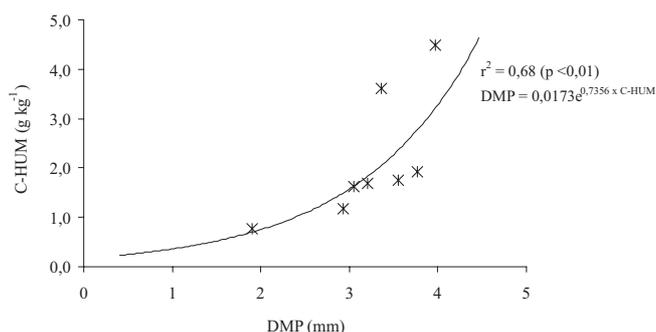


Figura 8. Correlação entre o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados e a humina (C-HUM) sob cobertura floresta, independentemente do solo e da profundidade

Figure 8. Correlation between MWD and humin (C-HUM) under forest, regardless of the soil and depth

CONCLUSÕES

A área de cana-de-açúcar apresentou os menores índices de agregação, em especial nas áreas de LA, sugerindo que o conjunto de práticas agrícolas utilizadas está desfavorecendo a agregação do solo.

Os menores teores de carbono orgânico dos agregados também foram observados nas áreas de cana e pastagem, indicando que a transformação da matéria orgânica ocorre de maneira mais rápida.

Os índices de DMP e IS revelaram o efeito negativo do manejo nas áreas com cultivo. A humina revelou-se o melhor componente de agregação no PA e os ácidos húmicos no LA, principalmente sob a cobertura de floresta.

LITERATURA CITADA

- Anjos, L.H.C. Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos, RJ. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1985. 160p. Dissertação Mestrado.
- Arshad, M.A.; Lowey, B.; Grossman, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran J.W.; Jones, A.J. (Eds.) Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America., 1996. p 123-41. (SSSA special publication, 49).
- Bayer, C.; Mielniczuck, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, n.2, p.105-112, 1997.
- Benites, V.M.; Madari, B.; Machado, P.L.O.A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo.

atuantes na agregação do que a fração humina. Segundo Piccolo et al. (1997), após a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de ácidos húmicos em solos do norte da Itália, foi observado aumento da agregação quando submetidos a seções de umedecimento e secagem.

Ainda na área de floresta, independentemente do solo e profundidade, observou-se correlação significativa entre DMP e o C HUM (Figura 8), sendo o comportamento explicado por meio de uma função exponencial ($DMP=0,0173e^{0,7356 \times C-HUM}$). Dessa maneira, pode-se dizer que nos solos estudados e em ambiente de cobertura natural (floresta), a fração humina revelou-se um agente agregador, sendo mais evidente no PA.

- Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).
- Bastos, R.S.; Mendonca, E.S.; Alvarez, V.H.; Correa, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 1, p.11-20, 2005.
- Beutler, A.N.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Ferreira, M.M.; Pereira Filho, I.A.; Cruz, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.1, 129-136, 2001.
- Bolinder, M.A.; Angers, D.A.; Gregorich, E.G.; Carter, M.R. The response of soil quality indicators to conservation management. *Canadian Journal of Soil Science*, v.79, n.1, p.37-45, 1999.
- Bronick, C.J.; Lal, R. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, v.124, n.1-2, p.3-22, 2005.
- Castro Filho, C.; Lourenço, A.; Guimarães, M.F.; Fonseca, I.C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, v.65, n.1, p.45-51, 2002.
- 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.3, p.527-538, 1998.
- Eash, N.S.; Karlen, D.L.; Parkin, T.B. Fungal contributions to soil aggregation and soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 1994. p.221-228.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos; 1).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 312p.
- Fortun, A.; Beneyas, J.; Fortun, C. The effects of fulvic and humic acids on soil aggregation: A micromorphological study. *European Journal of Soil Science*, v.41, n.2, p.563-572, 1990.
- Jacomine, P.K.T. Fragipans em solos de "tabuleiros": características, gênese e implicações no uso agrícola. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1974. 113p. Tese Livre Docência.
- John, B.; Yanashita, T.; Ludwig, B.; Flessa, H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, v.128, n.1-2, p.63-69, 2005.
- Karlen, D.L.; Ditzler, C.A.; Andrews, S.S. Soil quality: why and how? *Geoderma*, v.114, n.3, p.45-156, 2003.
- 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.
- Kemper, W.D. Aggregate stability. In: Black, C.A. (ed.). *Methods of Soil Analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.511-519.
- Loss, A.; Pereira, M.G.; Schultz, N.; Anjos, L.H.C.; Silva, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n.1, p. 68-75, 2009.
- Loss, A.; Pereira, M.G.; Schultz, N.; Anjos, L.H.C.; Silva, E.M.R. Agregação do solo e índice de sensibilidade em áreas sob diferentes sistemas de produção orgânica. In: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 17, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 2008. CD Rom.
- Lynch, J.M.; Bragg, E. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, v.2, n.2, p.133-171, 1985.
- Madari, B.; Machado, P.L.O.A.; Torres, E.; Andrade, A.G.; Valencia, L.I.O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v.80, n.1-2, p.185-200, 2005.
- Maia, J.L.T.; Ribeiro, M.R. Propriedade de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.1, p.79-87, 2004.
- Nascimento, G.B. Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense, RJ. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 162p. Dissertação Mestrado.
- Piccolo, A.; Mbagwu, J.S.C. Humic substances and surfactants effects on the stability of two tropical soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, n.1-2, p.950-955, 1994.
- Piccolo, A.; Pietramellara, G.; Mbagwu, J.S.C. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. *Geoderma*, v.75, n.2, p.267-277, 1997.
- Pinheiro, E.F.M.; Pereira, M.G.; Anjos, L.H.C. Aggregates distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil. *Soil & Tillage Research*, v.77, n.1, p.79-84, 2004.
- Sá, R.C.; Pereira, M.G.; Fontana, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama (ES).