

Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso

Physical and chemical fractionation of organic matter of an Alfisol under different use systems

Daiane Carvalho dos Santos^I Marla de Oliveira Farias^{II} Cláudia Liane Rodrigues de Lima^{II}
Roberta Jeske Kunde^{II} Clenio Nailto Pillon^{III} Carlos Alberto Flores^{III}

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o carbono orgânico total e as frações físicas e químicas da matéria orgânica (MO) do solo em um Argissolo Vermelho Eutrófico arênico, submetido a diferentes sistemas de uso. Os sistemas de uso do solo avaliados foram: florestamento homogêneo de *Eucalyptus grandis* (EUC), sistema agrossilvipastoril na faixa (ASP) e campo nativo (CN), nas camadas de 0,000-0,025m e de 0,025-0,075m. A fração grosseira (CFG) e o carbono associado aos minerais (CAM) foram obtidos por meio de fracionamento físico granulométrico. As frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e pesada (FP) foram obtidas por meio de fracionamento físico densimétrico. As frações não húmicas (NH), ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (HU) foram obtidas por meio de fracionamento químico. O sistema EUC promoveu maiores estoques de carbono orgânico total, CFG, FLL e FLO e na fração AF nas camadas avaliadas. Na camada superficial, os mecanismos de proteção da MO por recalcitrância molecular e estabilização química estão sobrepondo a estabilidade decorrente da oclusão em agregados. Com a dificuldade de formar agregados, devido a matrizes arenosas desse solo, o carbono jovem que entra no sistema é decomposto pelos microrganismos, entrando em um estágio mais avançado de decomposição e, nesse caso, formando associações com as partículas silte e argila, mesmo em solos em que o percentual de argila é baixo. Através do fracionamento químico, observou-se que a maior parte da MO do solo encontra-se armazenada na forma de HU.

Palavras-chave: estabilização da matéria orgânica, eucalipto, sistema agrossilvipastoril.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the total organic carbon and the physical and chemical fractions of

organic matter in an Alfisol under different use systems. The land use systems evaluated was homogeneous forestry of *Eucalyptus grandis*, agrossilvipastoral system and native grassland, in layers from 0.000-0.025 and 0.025-0.075m depth. The coarse fraction (CFG) and the carbon associated minerals (CAM) were obtained by physical fractionation. The free light fraction (FLL), light occluded (FLO) and heavy (FP) were obtained by densimetric physical fractionation. The non-humic fractions (NH), fulvic acid (AF), humic acid (HA) and humin (HU) were obtained by chemical fractionation. The *Eucalyptus grandis* system promoted higher total organic carbon, CFG, FLL and FLO and AF. In the surface layer, the protective recalcitrance mechanisms by organic matter molecular and chemical stabilization are overlapping stability which result from aggregates occlusion. As is difficult to form aggregates due to sandy soil matrix, carbon youth which enter the system is decomposed by microorganisms going to a more advanced stage of decomposition, forming in this case associations with silt and clay particles. This occurs in soils where the clay percentage is low. Through the fractionation it was observed that most of the soil organic matter is stored in the form of HU.

Key words: stabilization of organic matter, *Eucalyptus grandis*, agrossilvipastoral system.

INTRODUÇÃO

Na região da fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, os solos originários das formações areníticas apresentam limitações relacionadas, principalmente, à fertilidade e perda de solo por erosão, as quais têm favorecido a formação dos chamados areais, resultando em degradação

^IDepartamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: santos.daianec@gmail.com. Autor para correspondência.

^{II}Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.

^{III}Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil.

do ecossistema regional (RIBASKI et al., 2009). A implantação de sistemas agrossilvipastoris constitui uma importante estratégia de uso sustentado, principalmente em áreas potencialmente sujeitas à degradação e representa agregação de valor econômico na propriedade rural através da exploração da madeira.

Alterações pelo uso ou manejo inadequado associadas às tentativas de recuperação do solo podem ser quantificadas através do fracionamento físico da matéria orgânica (MO). Em curto prazo, alterações na proporção das frações lábeis da MO, como o carbono da fração grosseira (CFG), fração leve livre (FLL) e fração leve oclusa (FLO), podem fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade ambiental e sobre a qualidade do solo em agroecossistemas, permitindo correções nas estratégias de uso e de manejo adotadas.

O fracionamento químico é utilizado para avaliar os teores de carbono (C) nas diferentes frações húmicas do solo. As substâncias húmicas (humina, ácido húmico e ácido fúlvico) representam mais de 80% do C presente no solo e são diferenciadas pela cor, massa molecular, grupos funcionais (carboxílicos, fenólicos, etc.) e grau de polimerização (STEVENSON, 1994). Devido à sua grande reatividade, apresentam envolvimento direto na maioria dos processos físicos, químicos e biológicos (CANELLAS et al., 2008).

Nesse contexto, e considerando limitado o número de trabalhos em solos originário de formações areníticas, o presente estudo teve por objetivo avaliar o carbono orgânico total e as frações físicas e químicas da matéria orgânica em um Argissolo Vermelho eutrófico arênico, submetido a diferentes sistemas de uso.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural no município de Alegrete, RS. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico arênico A moderado, textura arenosa (Tabela 1) fase relevo suave ondulado. A implantação dos sistemas de uso ocorreu em julho de 2002 sobre campo nativo, sendo a coleta de solo efetuada em fevereiro de 2007.

A área de floresta homogênea de eucalipto (EUC), localizada nas coordenadas 29°59'55''S e 55°47'29''W, representa um florestamento homogêneo de *Eucalyptus grandis*, implantado em uma área de aproximadamente 1 hectare. O espaçamento é de 3m entrelinhas e de 1,5m entre plantas, sendo a densidade do eucalipto de 2.222 plantas ha⁻¹. A amostragem do solo foi realizada na entrelinha.

Na área de sistema agrossilvipastoril (ASP), localizada nas coordenadas 29°59'53''S e 55°47'34''W, foram utilizadas linhas triplas de plantio de *Eucalyptus grandis* distanciadas de 3m em 3m, o espaçamento entre plantas nas linhas foi de 1,5m. As linhas triplas de plantio de *Eucalyptus grandis* foram distanciadas entre si por uma faixa de 14m (entrelinha do sistema agrossilvipastoril). Nessa faixa de 14m, nos dois primeiros anos da implantação dos sistemas de uso, o produtor optou pelo cultivo de grãos em uma rotação que incluía aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e milho (*Zea mays*) em plantio direto. Nos anos seguintes, foi cultivada grama forquilha (*Paspalum notatum* Flügge) e aveia preta (*Avena strigosa* L. Schreb) como coberturas de inverno, milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] e consórcio de pensacola (*Paspalum notatum* Flügge Var. Saurae) + braquiária brizanta

Tabela 1 - Teores de areia, silte e argila e classe textural de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso e camadas. Média de três repetições.

Sistemas*	Areia	Silte	Argila	Classe textural
-----g kg ⁻¹ -----				
-----0,000-0,025m-----				
EUC	884	42	76	Areia
ASP	893	43	64	Areia
CN	886	58	56	Areia
-----0,025-0,075m-----				
EUC	899	26	78	Areia
ASP	908	27	64	Areia
CN	898	30	72	Areia

*EUC - floresta homogênea de eucalipto; ASP - sistema agrossilvipastoril na entrelinha e CN - campo nativo.

(*Brachiaria brizantha*) como coberturas de verão. As pastagens foram implantadas dois anos seguidos, devido à ocorrência de seca, após, a pensacola perenizou. A densidade do eucalipto nesse sistema é de 1.000 plantas ha⁻¹, distribuídos em uma área de aproximadamente quatro hectares. As amostras de solo nessa área foram coletadas na faixa de 14m, utilizadas para pecuária extensiva. A intensidade de pastejo é de uma cabeça de gado por hectare.

A área de campo nativo (CN), localizada nas coordenadas 29°59'57"S e 55°47'29"W, é adjacente às demais, representa a cobertura remanescente de vegetação nativa da região e era composta principalmente por grama forquilha (*Paspalum notatum*). Assim como o sistema agrossilvipastoril, apresentava-se em uso pela pecuária, sendo a intensidade de pastejo de uma cabeça de gado por hectare.

Amostras de solo das camadas de 0,000-0,025m e 0,025-0,075m foram coletadas em Fevereiro de 2007, em três trincheiras distribuídas aleatoriamente na área de cada sistema de uso. Amostras deformadas foram coletadas para a quantificação de carbono orgânico total (COT) e para o fracionamento físico e químico da MO; amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos de 5cm de diâmetro por 5cm de altura para a determinação da densidade do solo, os quais foram utilizados para o cálculo dos estoques de COT. As amostras deformadas foram secas à sombra, destorroadas manualmente, peneiradas em malha de diâmetro <8,00mm e divididas em três partes: a primeira, macerada em almofariz de ágata para a determinação de COT, a segunda foi destinada ao fracionamento físico granulométrico e densimétrico e a terceira, destinada ao fracionamento químico, sendo as amostras passadas em peneira de diâmetro de 2,00mm e moídas.

O fracionamento físico granulométrico foi realizado conforme CAMBARDELLA & ELLIOTT (1992). O fracionamento físico densimétrico foi realizado conforme CONCEIÇÃO et al. (2008), utilizando-se solução de politungstato de sódio 2,0Mg m⁻³. A energia de dispersão por ultrassom foi de 250J mL⁻¹, a qual foi determinada previamente através de uma curva de dispersão, em que foram aplicados níveis crescentes de energia, com o objetivo de determinar o ponto de dispersão total de agregados do solo em partículas primárias. O fracionamento químico da MO foi realizado com base na solubilidade em meio ácido/alcalino, para a extração das substâncias húmicas e não húmicas, conforme DICK et al. (1998). Os teores de C presentes no solo e nas frações físicas da MO foram quantificados por oxidação a

seco. A quantificação do estoque foi estabelecida pelo produto de C, pela massa de solo considerando a densidade e o volume de cada camada. Os resultados dos parâmetros avaliados foram avaliados pela análise da variância e pelo teste de Duncan em nível de 5%, utilizando o Winstat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de uso afetaram os estoques de COT, CFG, CAM, FLL, FLO, NH, AH, AF e HU da camada superficial de 0,000-0,025m (Tabela 2). Os maiores estoques ocorreram no EUC, possivelmente devido ao maior aporte de resíduos culturais depositados em superfície nessa área, comparativamente às demais. PULROLNIK et al. (2009) verificaram aumento nos estoques de COT e da FLL em um Latossolo sob eucalipto, cujo aporte de resíduos culturais e de matéria seca da serrapilheira foi de 46% e 64% superior ao cerrado e à pastagem, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado por LIMA et al. (2008) em um Latossolo, onde os maiores estoques de COT foram obtidos sob eucalipto em relação à pastagem. Porém, de forma oposta a este trabalho, não observaram diferenças nos teores da FLO entre os diferentes sistemas de uso.

Na camada superficial, menores estoques de COT, CAM e FLO foram verificados no ASP em relação ao EUC (Tabela 2), possivelmente devido ao menor aporte de resíduos da biomassa vegetal e/ou consequência do cultivo de grãos nos dois primeiros anos. NEVES et al. (2004) também encontraram menores estoques de COT em sistema agrossilvipastoril, atribuindo esse efeito ao pastejo e redução da biomassa vegetal.

Na camada de 0,025-0,075m, também foram observados menores estoques de COT, CFG, FLL, FLO, AF e AH no ASP (Tabela 2). A área EUC foi semelhante ao CN, com relação aos estoques de COT, CFG, FLL, AF e AH. GUO E GIFFORD (2002) não observaram diferenças nos estoques de COT em uma mata nativa substituída por eucalipto. A mesma tendência foi verificada por MENDHAM et al. (2004), quando compararam plantações de eucalipto com pastagem. Esses autores observaram estoque de CFG maior em solo sob eucalipto, comparativamente à pastagem, indicando um alto potencial do primeiro em aportar resíduos culturais na superfície do solo. Na camada de 0,025-0,075m, a FLL da área EUC e de CN foram superiores ao sistema agrossilvipastoril (SA), resultante possivelmente do cultivo de grãos ocorrido no ASP nos primeiros dois anos após a instalação desse sistema.

Tabela 2 - Estoque de carbono orgânico total (COT), carbono da fração grosseira (CFG), carbono associado aos minerais (CAM), fração leve livre (FLL), fração leve oclusa (FLO), fração pesada (FP), carbono na forma não humificada (NH), ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (HU) da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso do solo e camadas. Alegrete - RS, 2010. Média de três repetições.

Sistemas*	COT	CFG	CAM	FLL	FLO	FP	NH	AF	AH	HU
-----Mg ha ⁻¹ -----										
-----0,000-0,025m-----										
EUC	3,82 a	1,89 a	1,93 a	1,57 a	0,79 a	1,45 a	0,08 a	0,48 a	0,75 a	2,26 a
ASP	2,88 b	1,48 b	1,40 c	1,12 b	0,46 c	1,30 a	0,04 b	0,30 b	0,53 b	1,50 b
CN	3,03 b	1,33 b	1,70 b	0,62 c	0,65 b	1,76 a	0,03 c	0,30 b	0,52 b	1,68 b
-----0,025-0,075m-----										
EUC	5,50 a	2,22 a	3,28 a	0,48 a	0,45 b	4,57 a	0,08 a	0,49 a	0,56 a	2,27 a
ASP	4,68 b	2,02 b	2,66 a	0,26 b	0,32 c	4,10 a	0,08 a	0,36 b	0,37 b	2,50 a
CN	5,23 a	2,15 a	3,08 a	0,45 a	0,57 a	4,21 a	0,05 b	0,41 ab	0,61 a	2,50 a
-----0,000-0,075m-----										
EUC	9,32 a	4,11 a	5,21 a	2,05 a	1,24 a	6,02 a	0,16 a	0,97 a	1,31 a	4,53 a
ASP	7,56 c	3,49 b	4,06 c	1,38 b	0,78 b	5,40 a	0,12 ab	0,66 b	0,90 a	4,00 a
CN	8,26 b	3,48 b	4,88 b	1,07 c	1,22 a	5,97 a	0,08 b	0,71 b	1,13 a	4,18 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna em cada camada não diferem entre si pelo teste Duncan a 5%.

*EUC - floresta homogênea de eucalipto; ASP - sistema agrossilvipastoril na entrelinha e CN - campo nativo.

Os estoques de C na FLO na camada de 0,025-0,075m decresceram na ordem CN>EUC>ASP, indicando que sistemas naturais, de baixa intervenção antrópica, possuem maior capacidade para proteger fisicamente a MO no interior de agregados. Nesse caso, a FLO mostrou-se indicador sensível ao uso em solo de textura predominantemente arenosa.

Os estoques de C da FP não foram influenciados pelos sistemas de uso nas camadas estudadas (Figura 1), possivelmente em decorrência do curto período de tempo de instalação dos sistemas (cinco anos). Essa fração é constituída por materiais orgânicos, fortemente ligados à fração mineral que se encontra em estágio avançado de humificação, sendo altamente estáveis, devido a sua estabilidade química, pela interação com a fração mineral e a proteção física pela sua localização no interior de microagregados estáveis do solo, além de serem intrinsecamente recalcitrantes (BAYER, 1996). Como a MO da FP apresenta uma ciclagem lenta, faz-se necessário um período maior para que sejam detectadas alterações, devido aos sistemas de uso do solo (BAYER et al., 2004).

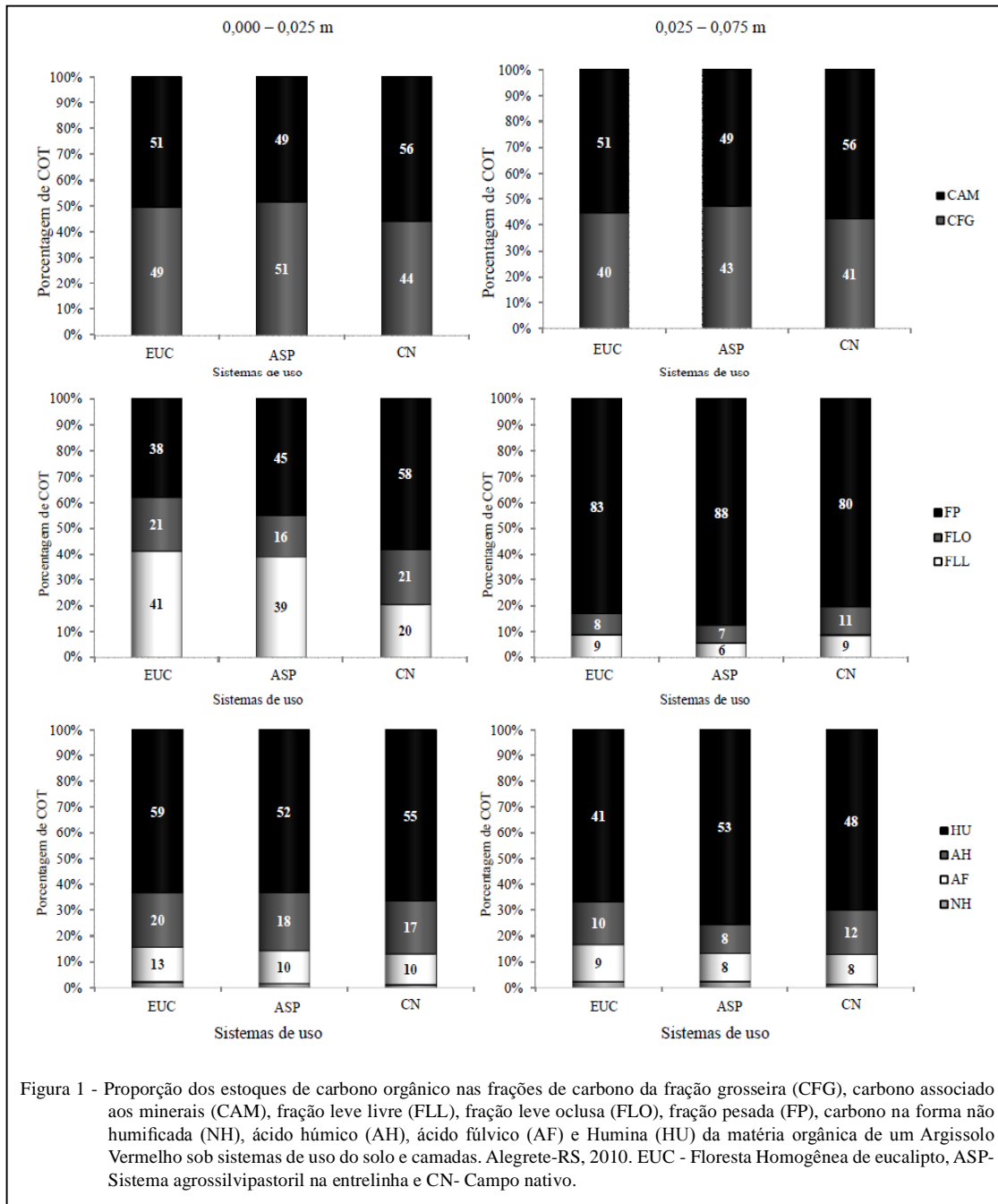
Os maiores estoques de C nas frações químicas da MO entre os diferentes sistemas foram encontrados na fração HU (Tabela 2). PULRONIK et al. (2009), trabalhando em um Latossolo sob eucalipto, pastagem e campo nativo, observaram resultados similares para o C da fração HU, atribuindo à interação da MO com a fração mineral,

formando complexos organo-minerais estáveis e/ou argilo-húmicos, conferindo a esta fração resistência à degradação microbiana (BARRETO et al., 2008).

O CFG é composto principalmente por resíduos culturais em vários estágios de decomposição. Em geral, encontra-se em menor proporção, contribuindo com cerca de 3 a 20% do COT (SILVA & MENDONÇA, 2007). Nesse estudo, o CFG representou entre 40% (EUC na camada de 0,025-0,075m) e 51% (ASP na camada de 0,000-0,025m) (Figura 1). COSTA et al. (2004) encontraram valores entre 26% e 31%, respectivamente, em plantio direto e preparo convencional na camada de 0,00-0,05m em um Latossolo

O solo apresenta baixa capacidade de proteção da MO e, com baixo teor de argila, a formação de agregados estáveis é prejudicada pela presença de minerais de tamanho areia. Dessa forma, maiores proporções relativas de CFG são coerentes com a baixa capacidade da fração mineral em manter um maior estoque relativo de CAM, o que impõe uma condição de vulnerabilidade desse agroecossistema, especialmente se as adições de resíduos culturais forem reduzidas ou sazonais.

Observando as proporções de cada fração densimétrica com relação ao COT (Figura 1), pode-se inferir sobre a magnitude dos mecanismos de estabilidade da MO. Com exceção do CN, na camada superficial, a FLL representou, em média, da área



EUC e no ASP, 40% do estoque de COT do solo, e a FP, representou 41,5%, indicando que o mecanismo de recalcitrância molecular da MO e a interação do material orgânico com os minerais tem elevada importância diante da estabilidade decorrente da oclusão em agregados do solo (FLO 18,5%). Esses resultados indicam que o mecanismo de recalcitrância molecular da MO e a proteção coloidal têm elevada importância diante da proteção física no interior dos

agregados. Fato esse que pode estar relacionado, possivelmente, ao elevado teor de partículas de areia, dificultando, dessa forma, a formação de agregados estáveis e afetando a proteção física da MO. Com a dificuldade de formar agregados, devido a matrizes arenosas deste solo, o carbono jovem que entra no sistema é decomposto pelos microrganismos, entrando em um estágio mais avançado de decomposição, nesse caso, formando associações com as partículas

silte e argila, isso ocorre mesmo em solos em que o percentual de argila é baixo.

Embora essa distribuição seja coerente com a baixa capacidade de proteção química ou física que a matriz mineral oferece pelo baixo teor de argila, tal configuração impõe elevado risco à degradação e à sustentabilidade desse agroecossistema, caso as adições de resíduos sejam suprimidas e/ou o solo revolvido pelo preparo. Frações lábeis da MO são fundamentais para a ciclagem de carbono entre os compartimentos e para a ciclagem de nutrientes em curto prazo, além da sua notável contribuição para a formação e estabilização transitória de agregados. Entretanto, essa fração é altamente sensível às alterações no uso e manejo e pode ser facilmente perdida pelo uso e manejo inadequado nos primeiros anos de cultivo (MIELNICZUK, 2008).

Para a camada de 0,025-0,075m, o C da FP esteve mais atuante em todos os sistemas de uso (Figura 1). Fato este que pode ser explicado pela deposição de resíduos culturais em superfície, afetando a proporção de FLL em camadas mais profundas.

Conforme observado na tabela 2, os sistemas de uso do solo influenciaram no estoque de COT, NT, CFG, CAM, FLL e FLO acumulado na camada 0,000 a 0,075m, sendo que, de forma geral, maiores estoques foram verificados no EUC. Com relação às frações químicas, independente do sistema de uso, maiores proporções do COT foram observadas nas frações húmicas da MO, comparativamente à fração NH (Figura 1). A fração NH representa uma fase transitória entre os resíduos culturais e a MO com maior grau de humificação, servindo de fonte de C e energia para os microrganismos e de nutrientes essenciais para o metabolismo das plantas (ROSA, 2006).

Na camada superficial (0,000-0,025m), a maior porcentagem de C na fração HU foi observada no solo sobre EUC, enquanto que, na camada de 0,025-0,075m, essa fração foi maior no CN. Igualmente ao observado para outros solos com maior teor de argila, independentemente da camada e sistema de uso e manejo, a porcentagem de COT na fração HU apresentou valores mais altos que as demais frações (AH, AF e NH), sugerindo que, com uma matriz mineral rica em argilominerais e, conseqüentemente, em sítios para interação organo-mineral, as frações mais humificadas da MO tornam-se menos acessíveis aos microrganismos e a suas enzimas, permanecendo por um longo tempo no sistema. LIMA et al. (2008) observaram que, em solo cultivado com pastagem, cerca de 60% do C foi proveniente da HU, enquanto que, para o solo cultivado com eucalipto, cerca de 50% do C foi proveniente dessa mesma fração.

As porcentagens de C nas frações AH e AF, de modo geral, apresentaram tendência de redução em profundidade (0,025-0,075m) (Figura 1), possivelmente pela redução do aporte de resíduos culturais em subsuperfície. O AH representa a fração intermediária no processo de estabilização dos compostos húmicos. Esses ácidos são, portanto, um marcador natural do processo de humificação e refletem o uso e o manejo do solo (RANGEL & SILVA, 2007). A menor proporção de AH em profundidade sugere redução do aporte de carbono jovem ao sistema, com reflexos negativos sobre a qualidade do húmus e atividade microbiana (CANELLAS et al., 2007).

CONCLUSÃO

O cultivo homogêneo de eucalipto promoveu maiores estoques de carbono orgânico total, carbono da fração grosseira, carbono nas frações leve livre e leve oclusa e na fração ácido fúlvico nas camadas de 0,000-0,025m e de 0,025-0,075m, em comparação ao sistema agrossilvipastoril e ao campo nativo.

Na camada superficial (0,000-0,025m), os mecanismos de proteção da matéria orgânica por recalcitrância molecular e estabilização química estão sobrepondo a estabilidade decorrente da oclusão em agregados. Na camada de 0,025-0,075m, a estabilidade da matéria orgânica deve-se principalmente à fração pesada.

Com relação às frações químicas, a maior parte da matéria orgânica do solo encontra-se armazenada na forma de humina, sugerindo que a proteção química pelo mecanismo de interação com a matriz mineral é importante para a manutenção e estabilização da matéria orgânica do solo nesse agroecossistema, tendo em vista a matriz arenosa e a dificuldade de formar agregados estáveis.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, A.C. et al. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1471-1478, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400011>. Acesso em: 14 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832008000400011.
- BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.
- BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um latossolo vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.677-683, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n7/21310.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/research/1992-particulate-soil-organicmatter-changes-across-grassland-cultivation-sequence/>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- CANELLAS, L.P. et al. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.331-340, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832007000200015&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 14 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832007000200015.
- CANELLAS, L.P. et al. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.45-61.
- CONCEIÇÃO, P.C. et al. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.541-549, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200009>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- COSTA, F.S. et al. Aumento da matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.587-589, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n2/a41v34n2.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- DICK, D.P. et al. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.603-611, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000400020&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832009000400020.
- GUO, L.B.; GIFFORD, R.M. Soil carbon stocks and use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, v.8, p.345-360, 2002. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/research/soil-carbon-stocks-and-land-use-change-a-meta-analysis/>>. Acesso em: 14 jun. 2011. doi: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x.
- LIMA, A.M.N. et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MGS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1053-1063, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000300014>. Acesso em: 14 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832008000300014.
- MENDHAM, D.S. et al. Soil particulate organic matter effects on nitrogen availability after afforestation with *Eucalyptus globulus*. **Soil Biology Biochemistry**, v.36, p.1067-1074, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071704000987>>. Acesso em: 15 jun. 2011. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.02.018.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. et al. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.1-5.
- NEVES, C.M. N. et al. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.28, p.1038-1046, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n5/v28n5a10.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2011.
- PULROLNIK, K. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1125-1136, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000500006>. Acesso em: 15 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832009000500006.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000600037>. Acesso em: 15 jun. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832007000600037.
- RIBASKI, S.A.G. et al. Sistemas silvipastoris com apoio ao desenvolvimento rural para a Região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.60, p.27-37, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewArticle/43>>. Acesso em: 15 jun. 2011. doi: 10.4336/2009.pfb.60.27.
- ROSA, C.M. **Teor e qualidade da matéria orgânica de um Planossolo hidromórfico sob diferentes sistemas de cultivo**. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos) – Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, RS.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1994. 496p.