

Carbono das frações da matéria orgânica em solos  
sob plantações de eucalipto de diferentes idadesCarbon in organic matter fraction in soils under  
eucalyptus plantation at different agesPatrícia Anjos Bittencourt Barreto<sup>1</sup>, Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues<sup>2</sup> e  
Antonio Carlos Gama-Rodrigues<sup>2</sup>**Resumo**

A matéria orgânica do solo tem importante papel na regulação da sustentabilidade florestal. O conhecimento das frações da matéria orgânica do solo em plantações de eucalipto permite uma melhor compreensão das alterações que podem ocorrer na quantidade e qualidade do C orgânico ao longo do ciclo de cultivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o C orgânico total (COT) em diferentes frações da matéria orgânica do solo sob plantações de eucalipto de diferentes idades, localizadas na região litorânea do Estado do Espírito Santo. Em plantações de eucalipto de 1, 3, 5 e 13 anos foram coletadas amostras de solo da camada 0-10 cm. O fracionamento da matéria orgânica foi realizado pela oxidação úmida com dicromato de potássio em condições de crescente oxidação e também pelo método físico (densimétrico-granulométrico). Pelo método químico obtiveram-se as seguintes frações: F<sub>1</sub> - lábil; F<sub>2</sub> - moderadamente lábil; F<sub>3</sub> - pouco lábil e pelo método físico as frações leves {livre (FLL) e intra-agregado (FLI)} e pesadas (areia, silte argila). A fração oxidável F<sub>1</sub> foi a que mais contribuiu para a formação do COT (68%) e as frações F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, assim como as frações leves e pesadas contribuíram entre 2-25% do COT destes solos. A relação C/N variou entre 24,9 e 28,0 para FLL, 24,6 e 25,0 para FLI e entre 6,9 e 15,4 para as frações pesadas. A qualidade da serapilheira acumulada nas plantações de eucalipto de diferentes idades influenciou a acumulação de carbono nas frações da matéria orgânica. A fração lábil (F<sub>1</sub>) e a fração leve livre foram as frações que mais contribuíram para a formação do COT nos solos estudados.

**Palavras-chave:** fracionamento físico, fracionamento químico, solos florestais, qualidade do *litter*.

**Abstract**

Soil organic matter plays an important role in the regulation of forest productivity. Knowledge of soil organic matter fractions in eucalyptus plantations allows for a better understanding of changes that may occur in the amount and quality of organic carbon along the crop cycle. The aim of this study was to evaluate organic C in different organic matter fractions of soils under eucalyptus plantations at different ages. Soil samples were collected from 0–10 cm in eucalypt plantations of 1, 3, 5 and 13 years old. The organic matter fractionation was determined by the chemical method (increasing oxidation conditions) and also by a physical method (densimetric/granulometric). By the chemical method fractions with low and high instability were obtained (F<sub>1</sub>: instable; F<sub>2</sub>: moderately instable; F<sub>3</sub>: low instability) and by physical method were obtained light (free and intra-aggregate) and heavy (sand, silt, clay) fractions. The oxidizable fraction F<sub>1</sub> was that most contribute to the formation of COT (68%) and F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> light and heavy fractions contributed between 2–25% to the TOC in these soils. The C/N ratio ranged between 24.9 and 28.0 (FLL), 24.6 and 25.0 (FLI) and between 6.9 and 15.4 (heavy fractions). The quality of accumulated litter in eucalyptus plantations of different ages influenced the accumulation of carbon in soil organic matter fractions. The instable fraction (F<sub>1</sub>) and the free light fraction were the fractions that most contributed to the formation of TOC in these soils.

**Keywords:** Physical fractionation, chemical fractionation, forest soils, litter quality.

<sup>1</sup>Professora Doutora. UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos - DEAS. Estrada do Bem Querer Km 04 - Caixa-postal: 95 - 45083900 - Vitória da Conquista, BA - Brasil. E-mail: [patriciabarreto@uesb.edu.br](mailto:patriciabarreto@uesb.edu.br)

<sup>2</sup>Professor(a) Doutor(a). UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Solos, Laboratório de Solos. Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28013-602 - Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil. E-mail: [emanuela@uenf.br](mailto:emanuela@uenf.br)

## INTRODUÇÃO

A área plantada de eucalipto no Brasil totaliza em torno de 5,1 milhões de hectares (ABRAF, 2013). O eucalipto é uma espécie florestal que, devido ao seu rápido crescimento, apresenta elevada produção de biomassa vegetal, desenvolvimento e ciclagem de raízes e deposição de serapilheira, que irá contribuir na formação da matéria orgânica e, portanto, no incremento e manutenção dos reservatórios de carbono orgânico (CO) do solo (BARROS, 1993; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; GAMA-RODRIGUES et al., 2008; MELO et al., 2005; NOVAIS, 2007; GATTO et al., 2010; GIÁCOMO et al., 2008; PEGORARO et al., 2011; RODRIGUES et al., 2013; SILVA et al., 2011).

Matéria orgânica se refere a todo material orgânico depositado no solo na forma de resíduos vegetais, fração leve, biomassa microbiana, meso e macrofauna, substâncias orgânicas solúveis e matéria orgânica estabilizada (substâncias húmicas), associada ou não à fração mineral. Estes compartimentos da matéria orgânica apresentam uma susceptibilidade diferenciada à decomposição microbiana e representam a base para o entendimento da dinâmica do CO no solo (BALDOCK; NELSON, 2000).

Algumas metodologias estão disponíveis para separar estes compartimentos da matéria orgânica do solo. Chan et al. (2001) propuseram o fracionamento do CO em quatro frações (F1, F2, F3 e F4) em função de níveis crescentes de oxidação, ou seja, pelo uso de concentrações crescentes de ácido sulfúrico, que correspondem a 6; 9 e 12 mol L<sup>-1</sup>. No Brasil, tanto em sistemas florestais quanto agrícolas e também agroflorestais, esta metodologia vem sendo utilizada de forma significativa (BARRETO et al., 2011; COSTA et al., 2013; GUARESCHI et al., 2013; GUARESCHI; PEREIRA, 2013; LOSS et al., 2010, 2009; MAIA et al., 2007; RANGEL et al., 2008). Os autores mostraram que estas frações, mais do que a análise de C orgânico total, detectam mínimas variações no CO do solo resultantes de diferentes práticas ou sistemas de manejo.

Além da técnica de fracionamento químico, conforme descrito, o método do fracionamento físico vem sendo amplamente utilizado em estudos da matéria orgânica do solo e tem se revelado promissor, uma vez que possibilita a separação e a quantificação de diferentes compartimentos orgânicos (diferentes *pools* de carbono) (LIMA et al., 2006; MAIA et al., 2007; RANGEL et al., 2007; RANGEL; SILVA, 2007; FARIA et al.,

2008; LIMA et al., 2008; MACEDO et al., 2008; SANTOS et al., 2013). O fracionamento físico por densidade permite a separação dos compartimentos mais lábeis da matéria orgânica formados, principalmente, por resíduos orgânicos em diferentes estádios de decomposição (fração leve-livre e fração leve-intra-agregado). O fracionamento físico por granulometria separa a fração mais humificada, fração pesada associada à argila, silte e areia (SOHI et al., 2001; ROSCOE; MACHADO, 2002; POIRIER et al., 2005). A vantagem de uso destes dois métodos é que podem ser utilizados de forma combinada e sequencial, na mesma amostra de solo (POIRIER et al., 2005; SOHI et al., 2001).

A quantidade e qualidade da serapilheira que é depositada no solo pelas plantações florestais são responsáveis pelo acúmulo de CO (BARRETO et al., 2011; PULROLNIK et al., 2009; RITA et al., 2011). A idade da floresta proporciona uma variação no aporte e na contribuição de galhos, cascas, folhas na composição da serapilheira (BARRETO et al., 2008, 2010; FARIA et al., 2008) e na taxa de ciclagem das raízes (FARIA et al., 2008; GONÇALVES et al., 2000). No caso de plantações de eucalipto, menores valores das relações celulose:N e lignina:N ocorrem em idades jovens, havendo aumento desses índices quando atingem a maturidade (BARRETO et al., 2008; Faria et al., 2008), o que confere maior nível de recalcitrância e, portanto, maior resistência a decomposição desses resíduos (COSTA et al., 2005; MONTEIRO; GAMA-RODRIGUES, 2004). Assim, as alterações na qualidade nutricional e orgânica dos resíduos florestais de eucalipto com o aumento da idade, possivelmente ocasionarão mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo.

Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar a qualidade do C em solos sob plantações de eucalipto com diferentes idades, por meio das frações de C oxidáveis e aquelas obtidas pelo fracionamento físico; 2) avaliar a influência da qualidade da serapilheira depositada sobre a qualidade do C das frações da matéria orgânica de solos sob plantações de eucalipto com diferentes idades.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição das áreas e coleta de solo

O estudo foi realizado em Argissolo Amarelo de elevada acidez e média fertilidade, com textura variando de média a argilosa (BARRETO et

al. 2008), sob plantações comerciais de eucalipto, localizadas no município de Aracruz, região litorânea do Estado do Espírito Santo. A região apresenta relevo predominantemente plano, clima tropical úmido (Aw), segundo classificação de Köppen, temperatura e precipitação média anual de 23°C e 1400 mm, respectivamente. As áreas de coleta foram selecionadas com base na idade e rotação de cultivo das plantações de eucalipto, compreendendo uma sequência de idades (1, 3, 5 e 13 anos) em sistema de reforma e, além disso, com material genético (clone 1501, *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) e tipo de solo, comum a todas as áreas. O histórico do manejo de preparo do solo e adubação adotados nas plantações de eucalipto estão apresentados em Barreto et al. (2008).

Em cada área estabeleceram-se quatro parcelas de 18 x 18 m. Com o auxílio de um trado holandês, em cada parcela foram coletadas 20 amostras de solo que foram reunidas formando uma amostra composta da camada de 0-10 cm do solo. A coleta foi realizada nas entrelinhas de plantio, por caminhamento em duas diagonais cruzadas em cada parcela. As amostras compostas de solo foram homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas (em malha de 0,2 mm).

### **Fracionamento químico do C orgânico do solo**

As frações do C orgânico foram determinadas por oxidação úmida, através do método descrito em Barreto et al. (2011) e Chan et al. (2001). Em frascos erlenmeyer foram adicionadas amostras de 0,5 g de solo peneirado (< 0,5mm), 10 mL de  $K_2Cr_2O_7$  0,167 mol L<sup>-1</sup> e quantidades de ácido sulfúrico concentrado de 5 e 10 mL, além dos 20 mL segundo Walkley e Black (1934). Assim, foram preparadas três soluções aquosas ácidas resultantes das proporções 0,5:1, 1:1 e 2:1 (que correspondem, respectivamente, a 6, 9 e 12 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para criar um gradiente ácido e permitir a determinação do C sob condições de crescente oxidação (WALKLEY, 1947). A oxidação foi realizada com fonte externa de calor (temperatura média de 140 °C) e a titulação dos extratos obtidos, foram diluídos com 80 mL de água destilada, foi feita com uma solução de Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O 0,5mol L<sup>-1</sup>, utilizando-se 3 gotas do indicador difenilamina e 3mL de ácido fosfórico.

As quantidades de C oxidável obtidas, usando-se 5, 10 e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, foram comparadas entre si e com a concentração de C orgânico total, o que permitiu

a separação de três frações que se distinguem quanto a resistência a oxidação: a primeira fração, Fração 1 (F<sub>1</sub>), é constituída pelo C orgânico oxidável obtido em solução de 6 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e corresponde a fração lábil do C orgânico; a segunda fração, Fração 2 (F<sub>2</sub>), foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído em solução de 9 mol L<sup>-1</sup> e de 6 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e corresponde a fração moderadamente lábil; a terceira fração, Fração 3 (F<sub>3</sub>), foi obtida pela diferença entre o C orgânico oxidável extraído em solução de 12 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (que equivale ao método Walkley-Black padrão) e o extraído em solução de 9 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e corresponde a fração pouco lábil.

### **Fracionamento físico da matéria orgânica do solo**

Para o fracionamento físico da matéria orgânica, as amostras de solos foram secas a 40°C e peneiradas em malha de 2 mm (TFSA).

As frações leves da matéria orgânica foram obtidas pelo procedimento proposto por SOHI et al. (2001). Em frascos de centrífuga de 50 mL foram adicionados 5 g de TFSA (em duplicata) e 35 mL de iodeto de Sódio (NaI, densidade igual a 1,80 g cm<sup>-3</sup>) que foram agitados manualmente, por 30 segundos. Em seguida, o solo mais a solução de NaI foram centrifugados a 18.000 x g, por 15 min e, por aspiração, coletou-se a fração leve-livre (FLL) presente na superfície da solução de NaI.

A FLL, juntamente com solução de NaI, foi aspirada para um sistema de filtragem a vácuo (Sistema Asséptico Sterifil, 47 mm – Milipore) contendo membranas filtrantes lisas constituídas de ésteres inertes de celulose (Membrana Filtrante MF – Millipore), onde foi separada da solução de NaI. Em seguida, as frações FLL retidas na membrana foram cuidadosamente lavadas com o auxílio de uma pisseta com água destilada.

Após a remoção da FLL, a solução de NaI coletada no frasco receptor da filtragem foi retornada para o frasco da centrífuga, contendo a amostra de solo remanescente e, após ligeira homogeneização manual, foi colocada em banho de gelo e foi submetida à ultra-som (400 J mL<sup>-1</sup>) por três minutos com intervalos de um segundo e, em seguida, foi novamente centrifugada a 18.000 x g, por 15 minutos, obtendo-se assim a fração leve intra-agregado (FLI), ou seja, a fração orgânica do solo não associada com partículas minerais, mas retida internamente nos agregados.

Depois da centrifugação para obter a FLI, da mesma maneira que foi descrito para a obtenção da FLL, foi realizada a filtragem e a lavagem cuidadosa com água destilada. As frações leves (FLL e FLI) obtidas foram, juntamente com os filtros, secas a 105°C e moídas.

Foram utilizadas duas repetições para cada amostra de solo. Assim, as duas repetições das frações FLL e FLI foram combinadas em uma única amostra para a determinação do carbono orgânico total (COT) por via seca. Da mesma forma, as repetições do material residual de solo das amostras foram combinadas e utilizadas para realização da separação da fração organomineral (Fração pesada) por granulometria, de acordo com o procedimento proposto por Gavi-nelli et al. (1995).

Para este procedimento foram adicionados ao material de solo remanescente 0,5 g de hexametáfosfato (HMP) e 300 mL de água destilada, deixando-se agitar por uma noite. A matéria orgânica associada à areia (>53 µm) foi obtida por peneiramento úmido e a associada a silte (2-53 µm) e argila (0-2 µm) foi determinada a partir da coleta de alíquotas das frações granulométricas de 0-2 µm e 0-53 µm, que foram separadas por sedimentação (método da pipeta). Após secagem a 60 °C, as frações granulométricas separadas foram pesadas e moídas, para posterior determinação do COT por meio do analisador automático de carbono total (Perkin Elmer CHNS, Series II 2400).

### Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors para avaliação de aderência à distribuição normal e ao teste de Bartlett para avaliação de homogeneidade das variâncias. Em seguida, para verificar diferenças significativas entre os teores de COT e das frações da MOS entre as diferentes idades de eucalipto, os dados foram submetidos à análise de variância como em delineamento inteiramente casualizado com 4

repetições. Adotou-se o teste F a 5%, para comparação entre idades. De forma complementar utilizou-se para comparação de médias, o teste de Tukey a 5%. Cada idade foi considerada um tratamento de efeito-fixado, a exemplo do procedimento empregado por Lugo et al. (1990) para plantios florestais.

Correlações de Pearson a 5% foram estabelecidas entre o C das frações (oxidáveis, leves e pesadas) e os resultados de qualidade da serapilheira (C orgânico e acumulação da serapilheira, teores de lignina, polifenóis e celulose) extraídos de Barreto et al. (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Frações oxidáveis do C

A fração lábil (F<sub>1</sub>) não diferiu significativamente entre as idades de eucalipto, porém foi a mais representativa contribuindo, em média, com 68 % do C orgânico total do solo (COT) (Tabela 1). A maioria dos estudos quer seja em solos florestais ou agroflorestais, encontraram maior contribuição da fração lábil e justificaram estes resultados pelo aporte significativo de resíduos vegetais nestes sistemas (BARRETO et al., 2011; MAIA et al., 2007; RANGEL et al., 2008). Por outro lado, em solos sob cultivo agrícola a distribuição das frações oxidáveis se apresenta mais equitativa, como foi o caso de Loss et al. (2010) em solos sob produção orgânica de culturas de ciclo curto e Guareschi et al. (2013) em solos sob sistemas de plantio direto com diferentes anos de implantação.

A fração de C moderadamente lábil (F<sub>2</sub>) representou, em média, 25% do COT dos solos e apresentou valores significativamente superiores nas idades de 3 e 5 anos que só diferiram da idade de 1 ano. A fração de C pouco lábil (F<sub>3</sub>) foi significativamente superior na idade de 13 anos, diferindo somente das idades de 1 e 3 anos. A contribuição desta fração na formação do COT foi em torno de 20% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Frações oxidáveis do C de solos sob plantações de eucalipto em diferentes idades.

**Table 1.** Oxidizable C fractions of soils under eucalyptus plantations at different ages.

Frações	Idade da plantação de eucalipto (anos)			
	1	3	5	13
	<b>Carbono (g kg<sup>-1</sup>)</b>			
F <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	22,83 (1,3) Aa	24,53 (1,7) Aa	22,40 (1,5) Aa	20,83 (2,2) Aa
F <sub>2</sub>	6,74 (1,3) Bb	9,46 (1,7) Ba	9,45 (1,5) Ba	7,30 (2,2) Bab
F <sub>3</sub>	1,62 (1,3) Cc	6,51 (3,3) Bb	9,31 (3,5) Bab	10,31 (1,5) Ba

<sup>(1)</sup> F<sub>1</sub>- C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido de 6 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F<sub>2</sub>- diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido, com 9 e 6 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; F<sub>3</sub>- diferença do C oxidado por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido, com 12 e 9 mol L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Os números entre parênteses referem-se ao desvio padrão da média (n=4); As letras maiúsculas iguais, na coluna, comparam as frações em cada idade; as letras minúsculas iguais, na linha, comparam o acúmulo de C entre as idades não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A maior contribuição da fração pouco lábil ( $F_3$ ) nas maiores idades de eucalipto sugere que com o aumento da idade de eucalipto há um acréscimo no nível de recalcitrância da serapilheira depositada, o que promove uma alteração na qualidade do C orgânico acumulado no solo. Barreto et al. (2008) e Faria et al. (2008) observaram que em jovens plantações de eucalipto a serapilheira acumulada apresentou baixos teores de celulose e lignina, ao contrário em idades mais avançadas, o que confere maior nível de recalcitrância e maior resistência a decomposição desses resíduos na fase de maturidade dessas plantações.

As frações  $F_2$  e  $F_3$  correlacionaram-se positivamente com o teor de lignina da serapilheira e  $F_3$  também se correlacionou positivamente com a biomassa da serapilheira acumulada, com os teores de C e celulose da serapilheira. Porém,  $F_1$  não apresentou correlação significativa com nenhum desses atributos de qualidade da serapilheira (Tabela 2). Estas correlações sugerem que a qualidade da serapilheira acumulada influencia a qualidade do C acumulado na matéria orgânica do solo, e são corroboradas por resultados de Barreto et al. (2008), que observaram aumento da recalcitrância da serapilheira depositada com o aumento das idades de eucalipto, que favoreceu o acúmulo de formas menos lábil de C no solo.

Segundo Swift et al. (1979) altos teores de lignina favorecem o maior acúmulo de C na fração pouco lábil como consequência da sua alta resistência à decomposição. Este aumento da recalcitrância se reflete, portanto, nas frações

oxidáveis do C e indica que a serapilheira depositada e decomposta pela biota do solo, com o tempo está sendo gradualmente incorporada ao solo (MACEDO et al., 2008).

### Fracionamento Físico

O teor da fração leve livre (FLL) apresentou valor significativamente superior na idade de 3 anos, valores intermediários nas idades de 5 e 13 anos e significativamente inferior na idade de 1 ano. A distribuição dos teores das frações diminuiu na ordem: areia > argila > silte > FLL > FLI (fração leve intra-agregado) (Tabela 3). Os teores das frações FLI e pesada (argila, silte e areia) não variaram significativamente entre as idades.

A FLL é composta basicamente por resíduos vegetais pouco a parcialmente decompostos; é sensível às flutuações de entrada da serapilheira, sendo influenciada pelo tipo de vegetação e outros fatores que alteram o balanço entre a produção e a decomposição da matéria orgânica (CHRISTENSEN, 1992; FARIA et al., 2008; SIX et al., 2001). Assim, a menor massa da FLL observada na idade de 1 ano pode estar relacionada à menor fitomassa produzida nesta idade e, também, a menor acumulação de resíduo vegetal devido a melhor qualidade deste material, dada tanto pelo menor teor de lignina e maior teor de N, quanto pelas menores relações celulose:N e lignina:N (BARRETO et al., 2008).

Na FLL o teor de C também foi significativamente superior na idade de 3 anos e as demais idades não diferiram entre si. O C variou entre a idade 1, com 5,04 g C kg<sup>-1</sup> e a idade 3, com 14,24 g C kg<sup>-1</sup> (Tabela 4). Resultados semelhan-

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis da serapilheira e das frações de C obtidas pelo fracionamento químico e físico.

**Table 2.** Pearson correlation coefficients between litter variables and C fractions obtained by physical and chemical fractionation.

	CS	Lignina	Polifenóis	Celulose	F1	F2	F3	CFL	CFLI	C Areia	C Silte	C Argila
S	0,08	0,61***	-0,07	0,45**	-0,30	0,00	0,84***	-0,36*	-0,18	0,10	0,56**	0,69***
CS	1,00	0,55**	0,70***	0,70***	0,20	0,29	0,39*	0,62***	0,45	0,41*	0,31	0,11
NS		-0,31	0,03	-0,24	0,02	-0,31	-0,40*	0,04	0,04	-0,28	-0,23	-0,76***
Lignina		1,00	0,37*	0,74***	-0,01	0,34*	0,80***	0,38*	0,34*	0,43**	0,38*	0,45**
Polifenóis			1,00	0,67***	0,14	-0,10	0,11	0,47**	0,21	0,29	0,25	0,10
Celulose				1,00	0,29	0,21	0,65***	0,27	0,24	0,59***	0,60***	0,53**
F1					1,00	0,10	-0,22	0,28	0,42*	0,65***	-0,01	-0,01
F2						1,00	0,33*	0,34*	0,61***	0,33*	0,12	0,26
F3							1,00	0,00	0,01	0,17	0,55**	0,70***
FLL								1,00	0,68***	0,33	-0,27	-0,10
FLI									1,00	0,47*	-0,18	-0,05
C Areia										1,00	0,39*	0,53**
C Silte											1,00	0,53*
C Argila												1,00

\*, \*\* e \*\*\*. Significativos a 10, 5 e 1 %; S: Serapilheira acumulada; CS: Carbono da serapilheira acumulada; F1: C da fração oxidável 1; F2: C da fração oxidável 2; F3: C da fração oxidável 3; FLL: C da fração leve livre; FLI: C da fração leve intra-agregado.

tes foram encontrados por WINK (2009) que, analisando os teores de C das frações da matéria orgânica do solo (particulada e associada a minerais) entre diferentes idades de cultivo do eucalipto (20, 44 e 240 meses), verificou teores mais elevados de C na matéria orgânica particulada na idade de 44 meses (3,7 anos).

Na FLI o teor de C variou de 0,33 g C kg<sup>-1</sup> a 0,64 g C kg<sup>-1</sup> e pouco diferiu entre as idades, o maior conteúdo também foi encontrado na idade de 3 anos. No entanto, FLI diferiu estatisticamente apenas da idade de 1 ano, que, por sua vez, não diferiu das idades de 5 e 13 anos (Tabela 4). A contribuição da FLI na formação do COT não chegou a 2%. A pequena variação do conteúdo de C na FLI entre as idades sugere pouca sensibilidade dessa fração em detectar mudanças relacionadas à idade do eucalipto. LIMA et al. (2008) trabalhando em solos sob eucalipto, floresta e pastagem não encontraram diferenças nos teores da FLI entre os diferentes sistemas de uso.

A FLL apresentou correlação negativa com a quantidade de serapilheira acumulada e positiva com os teores de C, polifenol e lignina (Tabela 2). Estes resultados corroboram os resultados obtidos para as frações oxidáveis e sugerem que o aumento no teor de C das frações leves e oxidáveis nestes solos estaria fortemente associado à qualidade da serapilheira depositada. FARIA et al. (2008) afirmam que tanto a quantidade quanto a qualidade da serapilheira foram responsáveis pelo aumento do C na FLL.

A FLI apresentou correlação positiva com as frações oxidáveis F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> (lábil e moderadamente lábil, respectivamente) e com a FLL (Tabela 2). Por definição, a fração FLI está oclusa nos agregados do solo, mas não está fortemente associada aos minerais do solo (CHRISTENSEN, 1992; JOHN et al., 2005); compreende um diversificado conjunto de compostos orgânicos, incluindo resíduos de plantas, peletes fecais, grãos de pólen, pelos radiculares e estruturas fúngicas, com um tamanho reduzido e um grau de de-

**Tabela 3.** Peso das frações leves e pesadas da matéria orgânica de solos sob plantações de eucalipto em diferentes idades..

**Table 3.** Weight of light and heavy organic matter fractions of soils under eucalyptus plantations at different ages.

Frações	Idade da plantação de eucalipto (anos)			
	1	3	5	13
	<b>Peso (g)</b>			
FLL <sup>(1)</sup>	0,51 (0,1) <sup>(3)</sup> Dc	1,03 (0,0) Ca	0,61 (0,0) Cb	0,71 (0,1) Cb
FLI <sup>(2)</sup>	0,04 (0,0) Ea	0,04 (0,0) Da	0,06 (0,0) Da	0,06 (0,0) Da
Areia	7,23 (0,2) Aa	7,23 (0,2) Aa	7,21 (0,4) Aa	7,10 (0,2) Aa
Silte	0,87 (0,1) Ca	0,89 (0,1) Ca	0,85 (0,1) Ca	0,99 (0,2) Ca
Argila	2,03 (0,3) Ba	1,89 (0,2) Ba	1,76 (0,1) Ba	2,16 (0,2) Ba

<sup>(1)</sup> FLL – fração leve livre; <sup>(2)</sup> FLI – fração intra-agregado; <sup>(3)</sup> Valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão da média (n=4). Os números entre parênteses referem-se ao desvio padrão da média (n=4); As letras maiúsculas iguais, na coluna, comparam as frações em cada idade; as letras minúsculas iguais, na linha, comparam o acúmulo de C entre as idades não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Teores de carbono e relação C/N das frações leves e pesadas da matéria orgânica de solos sob plantações de eucalipto em diferentes idades.

**Table 4.** Carbon content and C/N ratio of light and heavy organic matter fractions of soils under eucalyptus plantations at different ages.

Frações	Idade da plantação de eucalipto (anos)			
	1	3	5	13
	<b>Carbono (g kg<sup>-1</sup> solo)</b>			
FLL <sup>(1)</sup>	5,04 (2,5) Ab	14,24 (1,9) Aa	5,09 (0,5) Bb	6,32 (1,8) ABb
FLI	0,30 (0,1) Cb	0,64 (0,2) Da	0,38 (0,2) Cab	0,40 (0,1) Cab
Areia	1,08 (0,1) BCa	1,61 (0,4) CDa	1,45 (0,6) Ca	1,36 (0,3) Ca
Silte	3,49 (0,4) ABa	3,76 (1,2) BCa	4,86 (1,2) Ba	4,68 (0,3) Ba
Argila	5,06 (0,5) Ac	6,03 (0,3) Bb	7,36 (0,6) Aa	6,60 (0,3) Aab
	<b>C/N</b>			
FLL	24,92 (1,8) Aa	27,99 (1,9) Aa	27,86 (0,7) Aa	25,64 (2,9) Aa
FLI	24,61 (1,8) Aa	24,98 (0,6) Aa	24,94 (0,8) Aa	24,80 (0,9) Aa
Areia	11,38 (4,8) Bab	13,00 (1,9) Ba	9,50 (2,9) Cb	6,92 (1,7) Cc
Silte	13,89 (0,5) Ba	14,08 (3,9) Ba	15,41 (1,8) Ba	15,20 (1,9) Ba
Argila	13,90 (2,2) Ba	15,24 (0,7) Ba	14,38 (0,5) Ba	13,54 (1,0) Ba

<sup>(1)</sup> FLL – fração leve livre; <sup>(2)</sup> FLI – fração intra-agregado; Valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão da média (n=4); As letras maiúsculas iguais, na coluna, que comparam as frações em cada idade; e as letras minúsculas iguais, na linha, que comparam o acúmulo de C e as relação C/N entre as idades não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

composição mais avançado em comparação a fração leve-livre. (CHRISTENSEN, 2000). Assim, as correlações obtidas refletem bem a qualidade da FLI definida acima por Christensen (2000), ou seja, a matéria orgânica oclusa no agregado apresenta resíduos de plantas, semelhantes à FLL; e matéria orgânica em decomposição de caráter lábil a moderadamente lábil semelhante às frações  $F_1$  e  $F_2$ .

Os teores de C associados as frações areia e silte não variaram entre as idades (Tabela 4) e contribuíram, em média, com 4 % e 12 % do COT, respectivamente. O baixo teor de C e a baixa contribuição no COT do solo associado à fração areia, segundo Christensen (1992), estariam relacionados à reduzida superfície específica e densidade de carga superficial das areias, fazendo com que esta fração apresente pouco ou nenhum material orgânico fortemente ligado, sendo pobre em complexos organominerais.

Na fração argila o teor de C foi significativamente menor na idade de 1 ano e maior na idade de 5 anos, que não diferiu da idade de 13 anos (Tabela 4). A contribuição do C da fração argila no COT destes solos foi em torno de 18%.

A tendência de maiores valores de C na fração argila com o aumento da idade, sugere maior contribuição das formas mais estáveis de C ao longo do cultivo do eucalipto. Esta tendência de aumento do acúmulo de C nessa fração, possivelmente, está associada à redução na qualidade da serapilheira do eucalipto (ADAMS; ATIWILL, 1986; COSTA et al., 2005; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002), com o aumento da idade das plantações (BARRETO et al., 2008), conforme observados nos resultados anteriormente citados para as frações oxidáveis e FLL e FLI.

Em termos comparativos, a fração oxidável  $F_1$  e a FLL foram as frações que mais contribuíram para a formação do COT, o que sugere que o mecanismo de estabilização do C nestes solos seja apenas a recalitrância dos compostos orgânicos. Os solos do presente trabalho apresentam baixo teor de argila e, portanto, baixa capacidade de proteção química pela formação de complexo organo-minerais e baixa proteção física para formação de agregados estáveis (SIX et al., 2002; TAN et al., 2004), o que explica a pequena contribuição da FLI e das frações pesadas na formação do COT destes solos.

Por outro lado, LIMA et al. (2008) e SANTOS et al. (2013), em solos sob eucalipto com teor de argila acima de 50%, observaram que as FLL e também a fração pesada foram as que mais con-

tribuíram na estabilização do C daqueles solos. Estes autores afirmaram que a recalitrância molecular da matéria orgânica e a interação do material orgânico com os minerais foram relevantes na estabilização do C daqueles solos e relacionaram estes resultados ao alto teor de argila encontrado.

Os valores de relação C/N das frações leves variaram entre 24,9 e 28,0 para FLL e entre 24,6 e 25,0 para FLI, não havendo variação significativa entre as idades. Da mesma forma, a relação C/N das frações pesadas argila e silte foram estatisticamente iguais entre as idades e variaram entre 13,5 e 15,4. Apenas a fração areia variou, apresentando menor relação C/N na idade de 13 anos (6,9) e pequena diferenciação entre as idades de 1, 3 e 5 anos (média de 10,4) (Tabela 4). Os valores obtidos para relação C/N das frações leves (média de 25,7) foram superiores aos obtidos para as frações pesadas (média de 13,0) (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Paul et al. (2008) em solos tropicais sob floresta e pastagem. Freixo et al. (2002) encontraram relação C/N das frações leves e pesadas variando de 16,9 a 24,9 e de 7,7 a 17,4, respectivamente, para a camada de 0-5 cm de Latossolo.

De acordo com OADES et al. (1987), valores de relação C/N próximos de 20 são indicativos de matéria orgânica composta por produtos vegetais nos primeiros estágios de decomposição, enquanto, relações C/N mais estreitas indicam matéria orgânica mais processada e mais estáveis (BUYANOVSKY et al., 1994).

A diferenciação da qualidade do C obtida pelo método químico permitiu inferir sobre a qualidade da matéria orgânica obtida nas frações pelo método físico. Além disso, este uso conjugado dos métodos possibilitou a compreensão, de forma mais acurada, do processo de estabilização do C nos solos estudados.

## CONCLUSÕES

A fração lábil ( $F_1$ ) e a fração leve livre foram as frações que mais contribuíram para a formação do carbono orgânico total do solo em todas as idades;

A qualidade da serapilheira depositada, tanto nas plantações mais jovens quanto nas de maior idade, influenciou a qualidade do C acumulado nas frações da matéria orgânica do solo;

O mecanismo de estabilização do C no solo sob eucalipto foi predominantemente o nível de recalitrância dos compostos orgânicos da serapilheira, que aumenta com a idade de plantio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS. *Anuário estatístico da ABRAF*: ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012, 150 p.
- ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests south-eastern Australia. I. Nutrient Cycling and nitrogen turnover. *Plant and Soil*, Dordrecht v. 92, n. 3, p. 319–339, 1986.
- BALDOCK, J. A.; NELSON, P. N. Soil organic matter. In: SUMNER, M. E. (Eds.) *Handbook of Soil Science*. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 25–84.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; FONTES, A. G.; POLIDORO, J. C.; MOÇO, M. K. S.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. *Agroforestry systems*, Heidelberg, v. 81, n. 3, p. 213–220, 2011.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em uma seqüência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611–619, 2008.
- BARROS, N. F. *Solos no contexto florestal brasileiro*. Viçosa: Folha Florestal, 1993.
- BUYANOVSKY, G. A.; ASLAM, M.; WAGNER, G. H. Carbon turnover in soil physical fractions. *Soil Science Society of America Journal*, Ann Arbor, v. 58, n. 4, p. 1167–1173, 1994.
- CHAN, K. Y.; BOOOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. *Soil Science*, Philadelphia, v. 166, p. 61–67, 2001.
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Sciences*, v. 20, n. 1, p. 1–90, 1992.
- CHRISTENSEN, B. T. *Organic Matter in Soil: Structure, Function and Turnover*. DIAS Report Plant Production, Denmark, n. 30, 1-95, 2000.
- COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Norte Fluminense. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 563–570, 2005.
- COSTA, A. R.; SATO, J. H.; RAMOS, M. L. G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUZA, G. P.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.37, n. 1, p. 55–65, 2013.
- FARIA, G. E., BARROS, N. F., NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 265–277, 2008.
- FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425–434, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, p. 193–207, 2002.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1489–1499, 2008.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1069–1079, 2010.
- GAVINELLI, E.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; BACYE, B. A. A routine method to study soil organic matter by particle-size fractionation: examples for tropical soils. *Communications Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 26, n. 11-12, p. 1749–1760, 1995.

- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 42–48, 2008.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETT, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETT, V. (Eds). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 01–58.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 74, p. 108–113, 2013.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, p. 242-250, 2013.
- JOHN, B.; YAMASHITA, T.; LUDWIG, B.; FLESSA, H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. **Geoderma**, Amsterdam, v. 128, n. 1, p. 63–79, 2005.
- LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; SMYTH, T. J.; MOREIRA, M. S.; LEITE, F. P. Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded pasture with eucalyptus in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 235, n. 1-3, p. 219–231, 2006.
- LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1053–1063, 2008.
- LUGO, A. E.; CUEVAS, E.; SANCHEZ, M. J. Nutrients and mass in litter and soil of ten tropical tree plantations. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 125, n. 2, p. 263–280, 1990.
- LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. A. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1, p. 57–64, 2010.
- MACEDO, M. O.; RESENDE, A. S.; GARCIA, P. C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 5-6, p. 1516–1524, 2008.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; SENNA, O. T.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, New York, v. 71, n. 2, p. 127–138, 2007.
- MELO, J. T.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Efeitos de procedências de *Eucalyptus cloeziana* sobre os teores de nutrientes e de C orgânico em solo de Cerrado. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2005. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento)
- MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 819–826, 2004.
- NOVAIS, R. F. O eucalipto, felizmente existe. **Jornal SIF**, Viçosa, edição especial, p. 1–8, 2007.
- OADES, J. M., VASSALLO, A. M., WATERS, A. G.; WILSON, M. A. Characterization of organic matter in particle size and density fractions from Red-Brown Earth by solid-state <sup>13</sup>C NMR. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 25, n. 1, p. 71–82, 1987.
- PAUL, S.; VELDKAMP, E.; FLESSA, H. Soil organic carbon in density fractions of tropical soils under forest – pasture – secondary forest land use changes. **European Journal of Soil Science**, Berlin, v. 59, n. 2, p. 359–371, 2008.
- PEGORORO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 261–273, 2011.
- POIRIER, N.; SOHI, S. P.; GAUNT, J. L.; MAHIEU, N.; RANDALL, E. W.; POWLSON, D. S.; EVERSLED, R. P. The chemical composition of measurable soil organic matter pools. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 36, n. 8, p. 1174–1189, 2005.

- PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. 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**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1125–1136, 2009.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429–437, 2008.
- 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**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609–1623, 2007.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1341–1353, 2007.
- RODRIGUES, L. S.; ALMEIDA, T. A.; MARINO, R. H.; BARRETO, M. C. V.; MARTINS, M. V. G.; PRATA, R. M. Qualidade de solos cultivados com eucalipto em Itaporanga D’Ajuda – Sergipe. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 1, p. 95-101, 2013.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.
- SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 838–844, 2013.
- SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; LEITE, F. P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do vale do rio doce, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 765–776, 2011.
- SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 241, n. 2, p. 155–176, 2002.
- SIX, J.; GUGGENBERGER, G.; PAUSTIAN, K.; HAUMAIER, L.; ELLIOTT, E.T.; ZECH, W. Source and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. **European Journal of Soil Science**, Berlin, v. 52, n. 4, p. 607-618, 2001.
- SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POLWSON, D. S. P.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 4, p. 1121–1128, 2001.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1979. 372 p.
- TAN, Z. X.; LAL, R.; SMECK, N. E.; CALHOUNS, F. G. Relationship between surface soil organic carbon pool and site variables. **Geoderma**, v. 121, n. 3-4, p. 187–195, 2004.
- WALKLEY, A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and organic soil constituents. **Soil Science**, Philadelphia, v. 63, n. 4, p. 251–263, 1947.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Philadelphia, v. 37, n. 1, p. 29–38, 1934.
- WINK, C. **Estoque de carbono em plantações de eucalyptus sp. implantados em campo nativo**. 2009. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

Recebido em 02/10/2013  
Aceito para publicação em 28/07/2014