

Frações da matéria orgânica do solo em plantios clonais de seringueira em regiões costeiras do Brasil

Anderson Ribeiro, Diniz^{1,4}; Marcos Gervasio Pereira¹; Fabiano de Carvalho Balieiro²; Eduardo Vinicius da Silva¹; Felipe Martini Santos¹; Aldo Bezerra de Oliveira³; Renato Barbosa da Cruz³

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Solos, km 7, BR 465, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil; ²Centro Nacional de Pesquisa em Solos (Embrapa Solos). Rua Jardim Botânico, 1024, Bairro Jardim Botânico. CEP 22460-000 Rio de Janeiro; ³Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO-RJ Alameda São Boa Ventura, 770 - Fonseca, CEP 24.120-191, Niterói (RJ);

⁴andersonribeiro02@gmail.com

Anderson Ribeiro, Diniz; Marcos Gervasio Pereira; Fabiano de Carvalho Balieiro; Eduardo Vinicius da Silva; Aldo Bezerra de Oliveira; Renato Barbosa da Cruz (2015) Frações da matéria orgânica do solo em plantios clonais de seringueira em regiões costeiras do Brasil. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (1): 106-114.

O objetivo deste estudo foi quantificar os teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COAM), matéria orgânica leve em água (MOL) e carbono das substâncias húmicas (C-FAH; C-FAF; C-HUM) em diferentes plantios clonais de seringueira (*Hevea brasiliensis*) (FX 3864, FDR 5788, PMB 1, MDX 624 e CDC 312). O estudo foi realizado em plantios clonais de seringueira com 7 anos de idade, localizado na região da Baixada Litorânea do estado do Rio de Janeiro. O solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico típico (Typic Hapludult). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos (clones) e 4 repetições. As amostras de solo avaliadas foram coletadas nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m. Os diferentes clones de seringueira não alteraram os teores de COT e frações granulométricas da matéria orgânica do solo na área avaliada. O clone MDX 624 apresentou o melhor crescimento da parte aérea, e os seus resíduos apresentam menor relação C/N, favorecendo a rápida taxa de mineralização, incluindo as formas de carbono mais lábeis, e com isso, uma menor porção do carbono permanece associado à fração húmica. Já o clone FDR 5788 também apresenta bom crescimento nas condições edafoclimáticas da região do estudo, porém o estoque de serapilheira foi menor em relação ao clone MDX 624. Entretanto, as frações húmicas da matéria orgânica associada ao clone FDR 5788 apresentam uma maior relação entre C-FAH / C-FAF, contribuindo para a conservação do carbono no solo.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, compartimentalização do carbono, humificação, substâncias húmicas, sequestro de carbono.

Anderson Ribeiro, Diniz; Marcos Gervasio Pereira; Fabiano de Carvalho Balieiro; Eduardo Vinicius da Silva; Aldo Bezerra de Oliveira; Renato Barbosa da Cruz (2015) Fractions of soil organic matter under rubber tree clones plantations in a coastal lowland in Brazil. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (1): 106-114.

In this study it was aimed to evaluate the contents of total organic carbon (TOC), particulate organic carbon (POC), organic carbon associated to soil minerals (COAM), light organic matter (MOL), and the carbon of humic substances (C-FAH; C-FAF; C-HUM) under different clonal plantations of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) (FX 3864, FDR 5788, PMB 1, MDX 624 and CDC 312). The study was conducted in a 7-year-old clonal plantations of rubber tree established in a coastal lowland located in Rio de Janeiro state, Brazil. The soil in the study area was classified as Typic Hapludult. A randomized block design was established with five treatments (different clones) and four replicates. Soil samples were collected in the 0.0-0.05 and 0.05-0.10 m soil layers. The different clones of rubber tree did not change the contents of TOC and COAM in the experimental area. The MDX 624 clone showed the highest aboveground growth rate, and its residues have lower C/N ratio, leading to a fastest rate of mineralization, including the more labile carbon, and thus, a lower portion of the carbon remains associated to humin fraction. In addition, FDR 5788 clone also showed a good growth rate at the experimental area conditions, but its litter stocks was lower in relation to MDX 624. However, the humic fractions of organic matter associated to FDR 5788 clone have a higher C-FAH/C-FAF ratio, contributing to the conservation of carbon in the soil layers.

Key-Words: *Hevea brasiliensis*, soil carbon compartmentalization, humification, humic substances, carbon sequestration.

Recibido: 28/12/2014

Aceptado: 23/06/2015

Disponível on line: 25/07/2015

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

O aumento da emissão de gases de efeito estufa e o consequente aquecimento do planeta vêm promovendo a busca por técnicas que visem à redução e mitigação das fontes desses gases (Carvalho et al., 2010). No contexto florestal, os sistemas de manejo, quando aplicados corretamente, são capazes de manter ou até mesmo incrementar as frações de carbono (C) orgânico no solo, contribuindo assim para a manutenção da capacidade produtiva e para a mitigação do incremento do CO₂ atmosférico (Siqueira Neto et al., 2011).

As florestas têm sua importância destacada graças à capacidade natural dos vegetais de sequestrar CO₂ da atmosfera por meio da fotossíntese e fixá-lo sob a forma de carbono na biomassa lenhosa, folhas e raízes, e, posteriormente, com a sua decomposição, transferi-lo para o solo (Chang, 2004). A adição de matéria orgânica ao solo ocorre principalmente via deposição, acúmulo e decomposição da serapilheira, sendo, portanto, um processo fundamental do ciclo do C nesses sistemas (Schumacher et al., 2004; Pandey et al., 2007). No entanto, cerca de 5 a 15% da biomassa total depositada no solo é humificada, e o processo de humificação depende principalmente dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, do clima e da qualidade e quantidade do material depositado (Lal, 2006).

Além da importância de se analisar o C orgânico total, outras frações da matéria orgânica do solo (MOS) destacam-se como indicadoras da qualidade do solo, como, por exemplo, a matéria orgânica leve em água (MOL), (Loss et al., 2010a; Guareschi & Pereira, 2013). A MOL é uma fração ativa no solo, sendo constituída por resíduos orgânicos de origem vegetal e animal parcialmente humificados em vários estádios de decomposição, possuindo uma baixa densidade específica e um rápido *turnover* no solo que varia de 1 a 5 anos (Janzen et al., 1992).

Além de apresentar uma rápida dinâmica no solo, a MOL é uma fração da matéria orgânica fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Além de apresentar uma rápida dinâmica no solo, a MOL é uma fração da matéria orgânica fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois incrementa os teores de C no solo e favorece as melhorias do solo com a ciclagem de nutrientes (Compton & Boone, 2002), além de responder de forma bastante imediata ao manejo do solo (Rangel et al., 2008).

Outro compartimento comumente estudado para avaliar a dinâmica da MOS são as substâncias húmicas (Loss et al., 2011). O carbono orgânico das substâncias húmicas pode ser dividido em três frações: ácidos fúlvicos (C-FAF), ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM). Essas frações apresentam diferenças em relação a sua solubilidade que varia em função do pH (Benites et al., 2003). Dentre essas frações, a fração humina pode representar até 80% do C do solo (Benites et al., 2003). As interações dessas frações com os minerais do solo influenciam na dinâmica de C no solo agindo na manutenção da matéria orgânica do solo (Santos et al., 2013).

Por fim, destaca-se também o C proveniente das frações granulométricas da MOS, que vem sendo

utilizada como um bom indicador de qualidade do solo (Loss et al., 2011). Por meio do fracionamento granulométrico é possível quantificar o carbono orgânico particulado (COP) e o carbono orgânico associado aos minerais (COAM) (Cambardella & Elliott, 1992).

O COP é a fração da matéria orgânica separada por dispersão e peneiramento do solo associada à fração areia (COP \geq 53 μ m), sendo caracterizado como partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada por agregados (Golchin et al., 1994). A fração COAM é a fração da matéria orgânica associada às frações silte e argila do solo (COAM < 53 μ m), sendo definida como a fração da matéria orgânica que interage com a superfície dessas partículas, formando os complexos organominerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (Christensen, 2001).

De acordo com Fernandes et al., (2007) além do tradicional reflorestamento com culturas implantadas no Brasil, como o eucalipto, outras espécies apresentam considerável potencial de sequestrar significativas quantidades de carbono da atmosfera e alocar na biomassa, como por exemplo a seringueira (*Hevea brasiliensis*). Estudos desenvolvidos por Maggioletto et al. (2014) e Li et al. (2012) complementam que a cultura da seringueira, além do potencial de sequestrar carbono na biomassa, também estoca significativas quantidades de carbono no solo.

Dentre os estados brasileiros, o Rio de Janeiro possui oito mil ha de terras com solos e condições edafoclimáticas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura, o que corresponde a quase 20 % da sua área total (Naime et al., 2009). Além disso, essas áreas são denominadas de escape, pois são desfavoráveis à proliferação do fungo que causa o "mal-das-folhas" da seringueira, doença que prejudica a produção (Carmo et al., 2004). O estado do Rio de Janeiro, segundo o Censo Agropecuário feito pelo IBGE (2006), possui 694 mil hectares de pastagens degradadas que poderão ser utilizadas para a implantação da silvicultura econômica, e neste caso, a heveicultura pode ser uma alternativa viável para o produtor rural.

Esse estudo teve como objetivo quantificar os teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico associado aos minerais (COAM), matéria orgânica leve em água (MOL) e carbono das substâncias húmicas (C-FAH; C-FAF; C-HUM) em diferentes plantios clonais de seringueira.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas com plantios clonais de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (a partir deste ponto referida como seringueira) aos 7 anos de idade, na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), no Município de Silva Jardim, localizado na região da Baixada Litorânea do estado do Rio de Janeiro (22°39'03" S e 42°23'30" W). O relevo é ondulado com declividades variando entre 18% a 23%, e com uma altitude média de 45 m. O

clima da região é do tipo Cwa, tropical úmido com invernos secos e verões úmidos, de acordo com a classificação de Köppen (Setzer, 1946), com a temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual em torno de 1500 mm. O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo Distrófico típico (Embrapa, 2006), correspondente a classificação Typic Hapludult, do Sistema Americano de Classificação de Solos – *Soil Taxonomy*. As amostras de terra para a caracterização da fertilidade e da granulometria foram coletadas aos 7 anos de idade. Devido ao fato da área experimental estar localizada em uma região de relevo ondulado, a análise de fertilidade e caracterização granulométrica foi feita levando-se em consideração a posição do terreno (terço superior, médio e inferior) (Tabela 1). A caracterização da fertilidade e da granulometria foi realizada segundo Embrapa (1997).

Histórico de uso, tratos culturais e delineamento experimental

Anteriormente ao plantio da seringueira, a área era utilizada para o cultivo de citrus (*Citrus sinensis* L. Osbeck) durante cinco anos, e posteriormente foi mantida em pousio durante dois anos, o que levou à colonização de vegetação espontânea, composta principalmente por espécies de gramíneas (Poaceae) nativas da região.

O estabelecimento do plantio ocorreu no mês de abril de 2006. O plantio das mudas dos clones de seringueira foi feito por meio da abertura de covas com dimensões (0,40 m x 0,40 m x 0,50 m), sendo que cada uma recebeu na época 300 g de calcário dolomítico (29,5% de CaO, 19,5% de MgO) e 300 g do adubo formulado (NPK, 2-16-6) e 10 L de esterco bovino em cada cova.

Nos dois primeiros anos de implantação, foi realizada uma calagem na área, com o equivalente a 2 Mg de calcário dolomítico por hectare, correspondendo a 590 kg de CaO ha⁻¹ e 390 kg de MgO ha⁻¹. As adubações complementares consistiram em aplicação até o sexto ano após o plantio, equivalente a 260 kg de N ha⁻¹, 65 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 260 kg de K₂O ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos, sendo representados pelos clones de seringueira FX 3864, FDR 5788, PMB 1, MDX 624 e CDC 312 com 4 repetições. Cada parcela útil possui área de 160 m², constituída por 8 plantas, sendo o espaçamento

utilizado 8 x 2,5 m, com densidade de plantio equivalente a 500 árvores por hectare.

Avaliação do crescimento dos clones

Para a avaliação do crescimento, foram feitas mensurações de todos os clones de cada parcela, as medições abrangeram a circunferência à altura do peito (CAP) 1,30 m do solo que foi aferida com auxílio de fita métrica e que posteriormente foi convertida para diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (Ht) dos clones foi obtida com auxílio de hipsômetro.

Estoque de serapilheira sobre o solo

A quantidade de serapilheira em cada tratamento foi determinada no mês de julho de 2012, por meio do lançamento aleatório de um gabarito metálico (0,0625m²) e posterior coleta dos resíduos da parte aérea das plantas contidos no seu interior. Em cada parcela, coletaram-se 4 amostras simples e a partir dessas foi formada uma amostra composta de serapilheira por parcela, totalizando 20 amostras. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para estufa com ventilação forçada, em temperatura de 65 °C, por 48 h. Após esse período, realizou-se a pesagem para determinação da massa seca das amostras. A partir desses dados, foi determinada a quantidade de massa seca de resíduos vegetais na superfície do solo por hectare, através da seguinte expressão:

$$\text{Estoque (Mg ha}^{-1}\text{)} = [\text{peso do material (Mg)} / \text{área do gabarito (ha)}]$$

Determinação da relação C/N da serapilheira

A relação C/N da serapilheira foi determinada após da determinação dos conteúdos de C e N pelo método de combustão a seco, em um autoanalisador de C e N, a 900 °C (Modelo CHN TruSpec Micro, LECO, Michigan, EUA).

Amostragem e análise do solo

Em cada tratamento foram abertas na linha e na entrelinha, duas trincheiras de aproximadamente 1 x 1 m de superfície. Em cada uma das trincheiras foi realizada a coleta de uma amostra, nas profundidades de 0,0–0,05 e 0,05–0,10 m, para a determinação do COT segundo Yeomans & Bremner (1988).

Tabela 1. Caracterização da fertilidade e textura do solo em função da posição da paisagem. Referências: *S- Soma das bases; T- CTC; V- Saturação por bases.

Posição	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺	Al ⁺³	Prof. 0,0-0,10m				Argila	Silte	Areia
								H+Al	S*	T*	V*			
								-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----g kg ⁻¹ -----		
								%						
Superior	4,9	3,2	2,2	1,3	1,2	0,0	1,3	4,8	2,5	7,3	32,9	258	128	614
Médio	5,1	0,9	3,5	1,3	1,1	0,0	0,9	4,2	2,8	7,0	39,5	234	128	638
Inferior	4,9	1,1	3,1	0,8	0,8	0,0	1,0	4,2	2,1	6,3	33,8	230	128	642

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica foi determinado segundo Cambardella & Elliott (1992), obtendo-se o carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM), os teores de C foram determinados segundo Yeomans & Bremner (1988). A matéria orgânica leve em água (MOL) foi obtida segundo Anderson & Ingram (1989), modificado por Mendonça & Matos (2005). A determinação do carbono das substâncias húmicas foi feita segundo a técnica de solubilidade diferencial, adaptada por Benites et al. (2003).

Análise estatística

Foi realizada a avaliação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos erros. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e os valores médios comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com a utilização do programa estatístico SISVAR 4.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estoque de serapilheira

Os clones MDX 624 e FX 3864 apresentaram os maiores estoques de serapilheira, superando os demais clones avaliados, conforme indicado na Tabela 2. O maior estoque de serapilheira do clone MDX 624 pode estar relacionado ao seu maior crescimento da parte aérea, evidenciado pelo maior crescimento em DAP (18 cm) e altura total (14,3 m) (Figura 1), o que pode conferir uma maior produção de biomassa das frações da parte aérea (folhas e galhos) e, conseqüentemente, levar ao maior aporte de serapilheira.

Tabela 2. Estoque de serapilheira e relação C/N em plantio de diferentes clones de seringueira. Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Clones	Estoque (Mg ha ⁻¹)	Relação C/N
FX 3864	2,02 a	32,5a
FDR 5788	1,22 b	30,3a
PMB 1	1,56 b	27,7b
MDX 624	2,17 a	27,6b
CDC 312	1,32 b	31,6a
CV%	24,3	18,5

A quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo dos diferentes clones estudados é baixa se comparada com outras formações florestais da Mata Atlântica (Caldeira et al., 2007 - (7,9 Mg ha⁻¹); Cunha et al., 2009 - (8,8 Mg ha⁻¹); Sperandio et al., 2012 - (5,6 Mg ha⁻¹)), ou mesmo em florestas plantadas (Ferreira et al., 2007) - (8,5 Mg ha⁻¹). Isso pode ser justificado pela elevada precipitação da região (~ 1500 mm ano⁻¹) que pode acarretar em elevadas taxas de decomposição da serapilheira, reduzindo a estocagem desta sobre o solo. No entanto, observa-se que a maioria dos clones estudados neste trabalho (MDX 624, FX 3864, PMB 1) apresentaram maiores estoques de serapilheira do que aqueles relatados pelo trabalho de Kindel et al. (2006) em plantios clonais de seringueira com 15 anos de idade no sudeste do Brasil, onde encontraram estoques de serapilheira variando entre 1,0 e 1,4 Mg ha⁻¹.

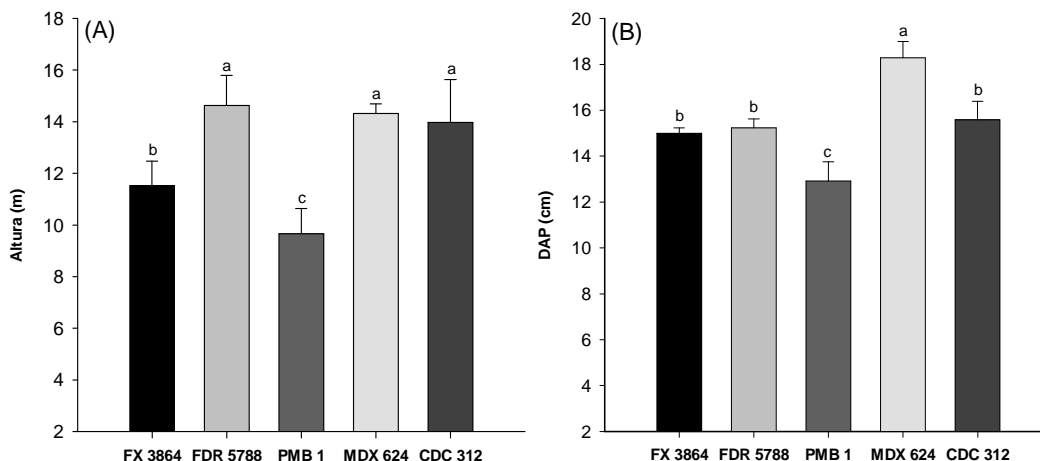


Figura 1. Altura total de clones de seringueira (A) e diâmetro à altura do peito (DAP) (B).

Carbono orgânico total, particulado e matéria orgânica leve em água

Os teores de C orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM) não apresentaram diferenças estatísticas entre os clones de seringueira nas duas camadas avaliadas (Tabela 3). Porém, em relação à matéria orgânica leve em água (MOL), ocorreu diferença estatística entre os clones nas camadas avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de Carbono orgânico total (COT), Carbono Orgânico Particulado (COP), Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM) e Matéria Orgânica Leve em Água (MOL) ($g\ kg^{-1}$) do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Clones	COT	COP	COAM	MOL
FX 3864	20,0a	0,7a	19,2a	0,76b
FDR 5788	19,9a	1,0a	18,9a	0,88ab
PMB 1	19,1a	0,8a	18,3a	0,94ab
MDX 624	17,0a	0,6a	16,4a	1,27a
CDC 312	18,1a	0,9a	17,2a	0,76b
CV%	23,0	25,3	26,8	20,2
Prof. (0,05-0,10 m)				
FX 3864	16,0a	0,5a	15,5a	0,38b
FDR 5788	14,8a	0,7a	14,0a	0,48b
PMB 1	16,0a	0,7a	15,2a	0,53b
MDX 624	16,3a	0,4a	15,9a	0,89a
CDC 312	16,8a	0,3a	16,5a	0,41b
CV%	27,0	32,0	23,0	18,4

A semelhança nos valores de COT entre os tratamentos pode se relacionar com diversos fatores, como: a idade reduzida dos plantios (7 anos), a rápida decomposição da serapilheira e reduzida incorporação de C no solo, além de contribuições do sistema radicular via exsudação de ácidos orgânicos e renovação das raízes finas semelhantes entre os clones. Outros autores (Marin et al., 2006; Coutinho et al., 2010; Guareschi & Pereira, 2013) confirmam a necessidade de se monitorar sistemas arbóreos em médio e a longo prazos (superiores a 10 anos) para que diferenças entre práticas de manejo possam ser detectáveis nos teores de C do solo.

Os teores médios de COT encontrados nas diferentes camadas do solo sob plantios dos clones de seringueira foram de $18,8\ g\ kg^{-1}$ e $15,9\ g\ kg^{-1}$ nas camadas de 0-0,05 m e 0,05-0,10 m, respectivamente. Na literatura, os teores de COT para a cultura da seringueira apresentam ampla variação, como consequência das diferentes idades dos plantios, da quantidade de material aportado, das condições climáticas e da textura do solo. Li et al. (2012) quantificaram na camada superficial (0-0,20 m) teores de C entre $24,1\ g\ kg^{-1}$ e $30,1\ g\ kg^{-1}$, respectivamente, após 18 e 28 anos de plantio de seringueira na China. Ainda na China, Zhang et al. (2007) avaliaram o teor de C na camada de

0,0-0,20 m de profundidade em plantios com 6 anos de idade e encontraram $11\ g\ kg^{-1}$ de C na camada avaliada.

Wauters et al. (2008) em um estudo que avaliou os teores de COT em plantios de seringueira aos 14 anos de idade no Brasil, estado do Mato Grosso, quantificaram para a camada de (0,0-0,20 m) um teor de $20,3\ g\ kg^{-1}$. Quantificando os estoques de C em sistemas agrícolas no estado do Espírito Santo, Portugal et al. (2008) em um plantio de seringueira com 20 anos de idade, encontraram teores de C na camada de (0,0-0,10 m) equivalentes a $18,1\ g\ kg^{-1}$ e na camada de (0,10-0,20 m) os teores foram de $13,2\ g\ kg^{-1}$.

Quando se compara os resultados dos teores de C do solo sob plantios de seringueira com formações florestais naturais localizadas na Mata Atlântica verifica-se que esses foram semelhantes ou superiores aos teores de florestas naturais, como nos trabalhos de Giacomo et al. (2008) que quantificaram teores de C iguais a $19,64$ e $20,46\ g\ kg^{-1}$ na camada de (0,0-0,05 m) e (0,05-0,10 m), Miranda et al., (2007) que encontraram teores de C iguais a $28,3\ g\ kg^{-1}$ na camada de (0,0-0,10 m) e Fontana et al. (2010) que quantificaram teores iguais a $9\ g\ kg^{-1}$ e $5,5\ g\ kg^{-1}$ nas camadas de (0,0-0,05 m) e (0,05-0,10 m).

Já em floresta plantada com 14 anos de idade também no estado do Rio de Janeiro, Miranda et al. (2007) quantificaram teores de C iguais a $27,9\ g\ kg^{-1}$ na camada de (0,0-0,10 m).

Através da análise dos resultados encontrados na literatura pode se inferir que a cultura da seringueira apresenta um potencial em estocar carbono no solo com teores de C semelhantes e alguns casos superiores a florestas naturais e plantadas (Portugal et al., 2008).

A semelhança nos teores de C das frações COP e COAM nos diferentes clones de seringueira também pode estar relacionado ao curto período de implantação do seringal e da semelhança entre o estoque e relação (C/N) da serapilheira (Tabela 2). Na camada de 0,0-0,05 m os teores de COP e COAM corresponderam em média a 4,3 e 95,7%, respectivamente, do C total do solo. Na camada de 0,05-0,10 m os teores de COP e COAM representaram 3,1 e 96,8%, respectivamente, do C do solo, essa diferença pode ser em decorrência do pouco tempo da instalação da cultura, das condições ambientais e de solo que favorecem a rápida decomposição do COP, como elevada precipitação anual da região.

Esses resultados são corroborados pelo estudo de Pinheiro et al. (2015) que também relataram um predomínio da fração COAM em relação as frações mais lábeis e acessíveis da matéria orgânica do solo, no caso o COP, que tende a ser mais sensível e apresentar maior taxa de decomposição em solos oxidados. Isso ficou bem evidenciado nas duas camadas avaliadas onde ocorreu um predomínio do COAM (Tabela 3).

Quanto aos valores de MOL, o clone MDX 624 apresentou maiores quantidades dessa fração em relação aos clones CDC 312 e FX 3864 (Tabela 3). Os maiores teores de MOL do clone MDX 624 são atribuídos ao maior estoque de serapilheira que este clone depositou sobre o solo e também devido à menor relação C/N dos seus resíduos, em relação aos clones

CDC 312 e FX 3864 (Tabela 2), o que pode ter favorecido a maior taxa de decomposição da serapilheira, e assim, ter proporcionado uma maior entrada de material decomposto mais rapidamente ao solo, quando comparado aos demais clones. Este fenômeno corrobora com os estudos Pulrolnik et al. (2009), que ao avaliarem o efeito do plantio de florestas comerciais na MOL na região sudeste do Brasil, constataram maiores teores de MOL nas áreas onde ocorreram as maiores deposições de serapilheira.

Os valores de MOL nesse estudo são inferiores aos encontrados por Portugal et al. (2008) em plantios de seringueira com 20 anos de idade em Argissolo, onde os autores quantificaram para a camada de (0,0-0,10 m) valores referentes a $2,55 \text{ g kg}^{-1}$. As diferenças entre os valores encontrados por este estudo e aqueles reportados por Portugal et al. (2008) podem ser decorrentes da idade dos plantios.

Os teores de MOL foram avaliados por Loss et al. (2010a) em diferentes sistemas de uso do solo, os maiores teores foram encontrados nos sistemas em que aportavam e mantinham os resíduos vegetais, aumentado os teores da fração leve da MOS e que foram semelhantes aos teores de um sistema agroflorestal e superior aos teores de um sistema de produção convencional. Segundo Compton & Boone (2002), sistemas agrícolas ou florestais que favoreçam o acúmulo de material favorecem a manutenção da MOL que é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que ela representa, em curto e médio prazos, potencial para ciclagem de nutrientes e incremento de C no solo.

Sistemas de uso de solo de longo prazo que não promovam revolvimento do solo e que contribuam para a manutenção e aporte de resíduos vegetais são indicados para o incremento de C no solo. Diante disso, a cultura da seringueira mostra-se como promissora,

por ser uma espécie florestal que apresenta um longo ciclo de produção (cerca de 30 anos), sendo então uma alternativa de uso em áreas de pastagens degradadas, contribuindo para o aumento da MOL e do COAM ao longo do tempo, fixando dessa forma quantidades significativas de C no solo.

Teores de C nas substâncias húmicas

Foram encontradas diferenças estatísticas entre as frações húmicas nos diferentes clones, em ambas profundidades avaliadas. Vale ressaltar que a fração húmica (C-HUM) apresentou os maiores teores de C em relação às demais frações, ácidos húmicos (C-AH) e fúlvicos (C-AF) (Tabela 4). Em diversos estudos onde foram avaliados o uso e o manejo dos solos, também se observou predomínio do carbono da fração húmica em relação às outras frações por ser uma fração mais estável de C (Fontana et al., 2010; Campos et al., 2013; Guareschi et al., 2013; Bezerra et al., 2013).

Dentre os clones avaliados, o MDX 624 apresentou menores teores de C-HUM em relação ao FDR 5788 (0,0-0,10 m) e de C-AH quando comparado aos clones FX 3864, PMB 1 e CDC 312 (0,0-0,05 m). Esse resultado pode estar relacionado à menor relação C/N da serapilheira do clone MDX 624 (Tabela 2), a qual pode favorecer uma maior mineralização do C, impedindo a formação de substâncias húmicas mais estáveis. Estudos como o de Kuzyakov & Domanski (2000) demonstram que, quando os componentes vegetais apresentam maiores concentrações de lignina e compostos aromáticos (maior relação C/N), esse material apresenta uma decomposição mais lenta contribuindo para a recalcitrância das substâncias orgânicas no solo. Tal fato fica mais bem evidenciado quando se avalia o C-AF, onde o maior estoque de serapilheira e MOL, bem como, menor relação C/N do

Tabela 4. Carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo sob diferentes plantios de clones de seringueira. Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. COT: C orgânico total; C-SH: C das substâncias húmicas; C-HUM: carbono da fração húmica; C-FAF: carbono da fração ácido fúlvico; C-AH: carbono da fração ácido húmico, C-FAH-FAF: relação entre os teores do C do ácido húmico e ácido fúlvico.

Clones	Carbono das frações húmicas (g kg^{-1})					
	COT	C-SH	C-HUM	C-FAH	C-FAF	C-FAH / C-FAF
Prof. (0,0-0,05 m)						
FX 3864	20,0a	14,9b	7,0ab	3,6a	4,3a	0,84b
FDR 5788	19,9a	15,4ab	8,3a	3,6a	3,5b	0,91a
PMB 1	19,1a	15,0ab	7,5ab	3,6a	3,9ab	0,90a
MDX 624	17,0a	15,6ab	6,9b	3,3b	5,4a	0,60c
CDC 312	18,1a	16,1a	7,1ab	3,7a	5,3a	0,71b
CV%	23,0	24,0	11,4	9,5	11,0	23
Prof. (0,05-0,10 m)						
FX 3864	16,0a	11,8b	6,7b	1,83b	3,3ab	0,55ab
FDR 5788	14,8a	12,7a	7,9a	1,77b	3,0b	0,59ab
PMB 1	16,0a	11,8b	5,3c	2,4a	4,1b	0,61b
MDX 624	16,3a	12,6a	5,9bc	2,0ab	4,7a	0,43c
CDC 312	16,8a	11,4b	6,4b	2,5a	2,5ab	0,92a
CV%	27,0	28,0	9,0	20,3	10,6	18

clone MDX 624, fez com que este apresentasse teores mais elevados dessa fração húmica de maior labilidade quando comparadas aos clones FDR 5788 (0,0-0,10 m) e PMB 1 (0,05-0,10 m). Diante do exposto, percebe-se que o material orgânico aportado ao solo pelo clone MDX 624, favorece a formação de C-FAF em relação ao C-FAH, o que também explica seus menores valores da relação C-FAH / C-FAF na camada 0,0-0,10 m (Tabela 4).

Ainda pela Tabela 4, pode-se verificar maiores valores da relação C-FAH / C-FAF dos clones FDR 5788 e PMB 1 em comparação ao FX 3864, MDX 624 e CDC 312 na camada de 0,0-0,05 m. Esses resultados demonstram que nas áreas com o plantio dos clones FDR 5788 e PMB 1 está ocorrendo no solo um maior equilíbrio na formação entre o C-FAH e o C-FAF, enquanto na área dos demais clones, verifica-se um predomínio na formação de C-FAF em relação ao C-FAH. Diante disso, pode-se considerar que o material orgânico aportado pelos clones FDR 5788 e PMB 1 está proporcionando nessa profundidade do solo uma melhor qualidade do húmus o que pode contribuir para a melhoria dos atributos do solo. Segundo Kononova (1982) a relação FAH/FAF pode ser usada como um indicador da qualidade do húmus, pois expressa o grau de evolução do processo de humificação da matéria orgânica.

No entanto, na camada de 0,05-0,10 m o clone CDC 312 foi o que se destacou com maior relação FAH/FAF, e mais próxima do valor 1, em comparação aos clones PMB 1 e MDX 624 (Tabela 4). Pode-se inferir que nesta profundidade, o material orgânico aportado, pelo sistema radicular, entre outras formas de C, apresente maior relação C/N do que os clones PMB 1 e MDX 624, assim como ocorreu para a serapilheira (Tabela 2), possibilitando uma maior formação de C-FAH e aumentando os valores da relação FAH/FAF. Essa afirmativa pode ser evidenciada também, pelos maiores teores de C-HUM entre esses clones nesta profundidade, ou seja, o material aportado pelo clone CDC 312 nessa profundidade está favorecendo a formação de substâncias húmicas mais estáveis, quando comparado aos clones PMB 1 e MDX 624.

Na literatura, são escassos os trabalhos que avaliem as frações húmicas da MOS em áreas com plantio de seringueira. Diante disso, torna-se necessário o incentivo da criação de novos trabalhos de pesquisa nestas áreas, visando elucidar a dinâmica destas frações no solo, visto que são de grande importância para o entendimento da fertilidade dos solos brasileiros. Perante a falta de dados para a comparação dos resultados deste trabalho, buscou-se realizar um paralelo entre dados de frações húmicas de outros trabalhos, com diferentes espécies florestais sob mesmas condições edafoclimáticas, visando demonstrar possíveis similaridades ou divergências nos padrões dos dados.

Estudando o C das substâncias em solo de florestas plantadas com 14 anos de idade na Baixada Litorânea do estado do Rio de Janeiro, Miranda et al. (2007) quantificaram teores de (C-AF), (C-AH) e (C-HUM) iguais a 1,8; 1,1 e 8,1 g kg⁻¹ na camada de 0,0-0,10 m de solo. Verifica-se que os valores de (C-AF) e (C-AH) do presente estudo são superiores e o (C-HUM) é semelhante aos valores encontrados por Miranda et al.

(2007), apesar de possuir apenas a metade do tempo de plantio do que a floresta plantada o plantio de seringueira apresenta um grande potencial em sequestrar C nas substâncias húmicas podendo contribuir para o sequestro de C no solo.

Em áreas de floresta secundária com mais de 30 anos de idade Giacomio et al. (2008) quantificaram teores de C referentes a 5,27 g kg⁻¹ (C-HUM), 4,37 g kg⁻¹ (C-AH) e 3,77 g kg⁻¹ (C-AF) na camada de (0,0-0,05 m) e 6,20 g kg⁻¹ (C-HUM), 3,93 g kg⁻¹ (C-AH) e 4,17 g kg⁻¹ (C-AF) na camada de (0,05-0,10 m). Os valores médios do (C-HUM) nas camadas de (0,0-0,05) e (0,05-0,10 m) nos plantios de seringueira em Silva foram superiores aos relatados por Giacomio et al. (2008), porém para o (C-AH) na área de floresta secundária foram quantificados valores superiores quando comparados aos observados no plantio de seringueira em ambas as camadas avaliadas. Em relação ao (C-AF) os plantios de seringueira apresentaram maiores teores em relação à floresta secundária na camada de (0,0-0,05 m), já na camada de (0,05-0,10 m) na área de floresta foram quantificados maiores valores em comparação a área dos clones.

Estudando os teores de C das substâncias húmicas, Fontana et al. (2010) quantificaram os teores de C das substâncias húmicas em área de fragmento de floresta de Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro, quantificaram para a camada de (0,0-0,05 m) valores de (C-AF), (C-AH) e (C-HUM) iguais a 1,2; 0,8 e 3,7 g kg⁻¹ e para a camada de (0,05-0,10 m) valores iguais a 1,3; 0,9 e 1,9 g kg⁻¹.

Em solos sob sistema agroflorestal com 5 anos de idade no estado do Rio de Janeiro, Loss et al. (2010b), quantificaram teores na ordem 6,6 g kg⁻¹ (C-HUM), 1,10 g kg⁻¹ (C-AH) e 1,15 g kg⁻¹ (C-AF) na camada de (0,0-0,05 m) e 5,43 g kg⁻¹ (C-HUM), 0,90 g kg⁻¹ (C-AH) e 1,20 g kg⁻¹ (C-AF) na camada de (0,05-0,10 m).

Pode-se verificar que comparativamente os clones de seringueira apresentaram teores de C das substâncias húmicas semelhantes e até superiores as áreas de florestas naturais e plantadas localizadas no estado do Rio de Janeiro, indicando a contribuição da cultura nos processos de humificação da matéria orgânica do solo.

CONCLUSÃO

Após 7 anos de plantio, os clones de seringueira não alteraram os teores de COT e das frações granulométricas da matéria orgânica do solo na área avaliada. No entanto, a diferença na quantidade (estoque de serapilheira) e qualidade (relação C/N) do material vegetal estocado pelos diferentes clones, proporcionou alterações no conteúdo de matéria orgânica leve em água e no teor de carbono das substâncias húmicas.

O clone MDX 624 apresenta melhor crescimento da parte aérea contribuindo para a maior produção e estoque de serapilheira. Porém, os resíduos deste clone apresentam uma menor relação C/N, favorecendo a rápida taxa de mineralização do C mais lábil, e com isso, uma menor porção do C permanece associado à fração húmica. Já o clone FDR 5788 também apresenta um bom potencial de crescimento nas condições climáticas da região do estudo, mas o estoque de

serapilheira foi menor em relação ao clone MDX 624. Entretanto, as frações húmicas da matéria orgânica associada ao clone FDR 5788 apresentam uma maior relação entre C-FAH / C-FAF, contribuindo para a conservação do carbono no solo.

A cultura da seringueira pode estocar quantidades similares ou superiores de C nas substâncias húmicas do solo em relação às florestas naturais e plantadas, constituindo uma boa alternativa de plantio para incremento dos níveis de C do solo em áreas de pastagens degradadas. No entanto, para que ocorram melhorias na qualidade da matéria orgânica são necessários novos estudos que busquem a seleção de materiais genéticos de seringueira que sejam mais eficientes no processo de humificação da matéria orgânica e que sejam mais bem adaptados às diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós Graduação em Agronomia – Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelas análises de laboratório e pelo financiamento das despesas com as coletas de campo, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos do primeiro autor e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RJ) por fornecer a área de pesquisa e informações para elaboração do artigo.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, J. M. & J. S. I. Ingram. 1989. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Ed. Wallingford: CAB International. 171 pp.

Benites, V. M., B. Madari & P. L. O. A. Machado. 2003. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16. 6p.

Bezerra, R. P. M., A. Loss, M. G. Pereira & A. Perin. 2013. Formas de carbono em Latossolo sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no cerrado, Goiás. *Semina* 34:2637-2654.

Caldeira, M. V. W., R. Marques, R. V. Soares & R. Balbinot, R. 2007. Quantificação de serapilheira e de nutrientes–Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. *Revista Acadêmica* 5:101-116.

Cambardella, C. A. & E. T. Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* 56:777-783.

Campos, L. P., L. F. C. Leite, G. A. Maciel, E. L. Brasil & B. F. Iwata. 2013. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48:304-312.

Carmo, C. A. F. S., J. F. Lumbreras, U. J. Naime, A. O. Gonçalves, E. C. C. Fidalgo, M. L. D. Áglio & J. A. S. Lima. 2004. Aspectos culturais e zoneamento da seringueira no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento N° 60. 48 p.

Carvalho, J. L. N., J. C. Avanzi, M. L. N. Silva, C. R. Melo & C. E. P. Cerri. 2010. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Solo* 34:277-290.

Chang, M. Y. 2004. Sequestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: Sanquetta, C. R., R. Balbinot & M. A. Zilliotto, Eds., Anais Simpósio latino americano sobre fixação de carbono, 2. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. Parte 1. Curitiba, Brasil. pp.15-37.

Christensen, B. T. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*. 52:345–353.

Compton, J. E. & R. D. Boone. 2002. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction organic matter in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 34:933-943.

Coutinho, R. P., S. Urquiaga, R. M. Boddey, B. J. R. Alves, A. Q. A. Torres & C. P. Jantalia. 2010. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45:95-203.

Cunha, G. M., A. C. Gama-Rodrigues, E. F. Gama-Rodrigues, A. C. X. Velloso. 2009. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33:1175-1185.

EMBRAPA Solos. 1997. Manual de métodos de análise de solos, Rio de Janeiro, Brasil. 212 p.

EMBRAPA Solos. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Brasil. 306 p.

Fernandes, T. J. G., C. P. B. Soares, L. A. G. Jacovine & A. P. Alvarenga. 2007. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na zona da mata mineira. *Revista Árvore* 31:657-665.

Ferreira, R. L. C., M. A. Lira Junior, M. S. Rocha, M. V. Santos, M. A. Lira & L. P. Barreto. 2007. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). *Revista Árvore* 31:7-12.

Fontana, A., R. J. Brito, M. G. Pereira, A. Loss & V. M. Benites. 2010. Caracterização de substâncias húmicas da camada superficial do solo sob diferentes coberturas vegetais. *Magistra* 22:49-56.

Giácomo, R. G., M. G. Pereira & F. C. Balieiro. 2008. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3:42-48.

Golchin, A.; J. M. Oades J. O. Skjemstad & P. Clarke. 1994. Soil structure and carbon cycling. *Australian Journal of Soil Research* 32:1043-1068.

Guareschi, R. F. & M. G. Pereira. 2013. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. *Pesquisa Florestal Brasileira* 33:109-114.

Guareschi, R. G., M. G. Pereira & A. Perin. 2013. Frações da matéria orgânica em áreas de Latossolo sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado do estado de Goiás. *Semina* 34:2615-2628.

- IBGE.** 2006. Censo agropecuário 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, Brasil. 146 p.
- Janzen; H. H., C. A. Campbell, S. A. Brandt, G. P. Lafond & L. Townley-Smith.** 1992. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. *Soil Science Society of America Journal* 56:1799-1806.
- Kindel, A., C. A. F. S. Carmo, J. A. S. Lima, B. Simões, A. P. Alvarenga & D. V. Pérez.** 2006. Ciclagem de nutrientes e estoque de carbono na serapilheira de seringais e fragmentos da Mata Atlântica. Em: de Pádua Alvarenga A. & C. A. F. S. Carmo, Eds., *Sequestro de Carbono – Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural*. Viçosa, Brasil. pp.135-158.
- Kononova, M. M.** 1982. *Matéria orgánica del suelo; su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Oikos-tau. Barcelona, España, 365 p.
- Kuzyakov, Y. & G. Domanski.** 2000. Carbon input by plants into the soil. *Journal Plant Nutrition and Soil Science* 163: 421-431.
- Lal, R.** 2006. Soil Carbon Sequestration in Latin America. In: Lal, R., C. C. Cerri, M. Bernoux, J. Etcheves & E. Cerri, Eds., *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. Food Products Press. New York, EEUU. pp. 49-64.
- Li, H., Y. Ma, W. Liu & W. Liu.** 2012. Soil Changes induced by rubber and tea plantation establishment: comparison with tropical rain forest soil in Xishuangbanna, SW China. *Environmental Management* 50:837-848.
- Loss, A., A. G. L. Moraes, M. G. Pereira, E. M. R. Silva & L. H. C. Anjos.** 2010a. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. *Comunicata Scientiae* 1:57-64.
- Loss, A., M. G. Pereira, N. Schultz, L. H. C. Anjos & E. M. R. Silva.** 2010b. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia* 69:913-922.
- Loss, A., M. G. Pereira, N. Schultz, L. H. C. Anjos & E. M. R. Silva.** 2011. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. *Idesia* 29:35-43.
- Maggiotto, S. R., D. Oliveira, C. J. Marur, S. M. S. Stivari, M. Leclerc & C. Wagner-Riddle.** 2014. Potential carbon sequestration in rubber tree plantations in the northwestern region of the Paraná State, Brazil. *Acta Scientiarum Agronomy* 36:239-245.
- Marin, A. M. P., R. S. C. Menezes, E. D. Silva & E. V. S. B. Sampaio.** 2006. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:555-564.
- Mendonça, E. S. & E. S. Matos.** 2005. *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 107p.
- Miranda, C. C., L. P. Canellas & M. T. Nascimento.** 2007. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de mata atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31:905-916.
- Naime, U. J., J. F. Lumberras & P. E. F. Motta.** 2009. Zoneamento agroecológico da seringueira no estado do Rio de Janeiro. En: de Oliveira, A. B., C. A. F. S. Carmo, & R. B. Cruz, Eds., *A cultura da seringueira no estado do Rio de Janeiro: Perspectivas e recomendações técnicas*. PESAGRO. Niterói, Brasil. 136p.
- Pandey, R. R., G. Sharma, S. K. Tripathi & A. K. Singh.** 2007. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management* 240:96-104.
- Pinheiro, E. F. M., D. V. B. Campos, F. C. Balieiro, L. H. C. Anjos & M. G. Pereira.** 2015. Tillage systems effects on soil carbon stock and physical fractions of soil organic matter. *Agricultural Systems* 132:35-39.
- Portugal, A. F., I. Jucksch, C. E. G. R. Schaefer & B. Wendling.** 2008. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32:2091-2100.
- Pulrolnik, K., N. F. Barros, I. R. Silva, R. F. Novais & C. B. Brandani.** 2009. 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* 33:1125-1136.
- Rangel, O. J. P., C. A. Silva, P. T. G. Guimarães & L. R. G. Guilherme.** 2008. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciência e Agrotecnologia* 32:429-437.
- Santos, L. L., J. J. J. Lacerda & Y. L. Vzinn.** 2013. Partição de substâncias húmicas em solos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 37:955-968.
- Schumacher, M. V., E. J. Brun, J. I. Hernandez & F. G. König.** 2004. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore* 28:29-37.
- Setzer, J.** 1946. *Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo*. Escolas Profissionais Salesianas. São Paulo, Brasil. 239 p.
- Siqueira Neto, M., M. C. Piccolo, C. Costa Jr., C. C. Cerri & M. Bernoux.** 2011. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35:63-76.
- Sperandio, H. V., R. A. Cecílio, V. H. Silva, G. F. Leal, I. B. Brinate & M. V. W. Caldeira.** 2012. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre-ES. *Floresta e Ambiente* 19:460-467.
- Wauters, J.B., S. Coudert, E. Grallien, M. Jonarda & Q. Ponettea.** 2008. Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil). *Forest Ecology and Management* 255:2347-2361.
- Yeomans, J. C. & J. M. Bremner.** 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Science. Plant Analysis* 19:1467-1476.
- Zhang, H., G. L. Zhang, Y. G. Zhao, W. J. Zhao & Z. P. Qi.** 2007. Chemical degradation of a Ferralsol (Oxisol) under intensive rubber (*Hevea brasiliensis*) farming in tropical China. *Soil & Tillage Research* 93:109-116.