



**II SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS
NA AMAZÔNIA**

**ANAIS
Artigos Aprovados – 2013
Volume I**

ISSN: 2316-7637

**Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e
Tecnologia
19, 20 e 21 de novembro de 2013**

ESTOQUE DE CARBONO NAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DE LATOSSOLO AMARELO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Walmir Ribeiro de Carvalho¹, Steel Silva Vasconcelos², Livia Gabrig Turbay Rangel-Vasconcelos³, Cleo Marcelo de Araujo Souza⁴, Ivana do Socorro Reis da Silva⁵, Carolina Baker de Carvalho⁶

⁽¹⁾Doutorando em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, Belém, PA, CEP 66.077-901. E-mail: walricar@ig.com.br, ⁽²⁾Pesquisador A, Embrapa Amazônia Oriental. Caixa Postal 48, Belém, PA, CEP 66095-100. E-mail: steel@cpatu.embrapa.br, ⁽³⁾Pesquisadora, Doutora, bolsista. Caixa Postal 48, Belém, PA, CE, ⁽⁴⁾Ms. C., Analista A, Embrapa Amazônia Oriental. Caixa Postal 48, Belém, PA, CEP 66095-100. E-mail: cleo@cpatu.embrapa.br, ⁽⁵⁾Graduanda do curso de Agronomia, UFRA, Belém –Pa, CEP 66.0771-901 E-mail: ivana.reis1@hotmail.com, ⁽⁶⁾Graduanda do curso de Letras, UEPA, Belém-Pa, E-mail: carol_bcarvalho@hotmail.com

Resumo: As alterações no estoque de carbono em Latossolo Amarelo distrófico resultantes da conversão de florestas secundárias em sistemas agroflorestais na Amazônia não são muito bem entendidas. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da sucessão de floresta secundária em sistemas agroflorestais, no armazenamento de carbono nas frações particuladas (> 53µm) e associada a silte+argila (<53µm) de um Latossolo Amarelo distrófico da Amazônia Oriental. O estudo foi realizado no Nordeste do Pará, município de Tomé-Açu. Três sistemas agroflorestais com palma de óleo; Adubadeiras, Biodiverso mecanizado, Biodiverso manual foram comparados com um sistema de referência representado por uma floresta secundária. Utilizou-se técnica de preparo de área de corte-e-trituração, amostras de solo foram coletadas em diferentes profundidades para determinação da concentração de carbono nas frações granulométricas associada a matéria orgânica e analisadas por combustão em analisador elementar. Os resultados mostraram que os maiores teores de carbono e densidade no solo foram alcançados pelos manejos que receberam a trituração da floresta e os maiores estoques de carbono total de 0-20 cm de profundidade foi observado no sistema de uso Adubadeiras. Os maiores estoques de carbono por fração foram verificados na fração particulada, mostrando que a fração lábil é mais sensível ao manejo do solo.

Palavras-chave: Floresta secundária, estoque de carbono, palma de óleo, matéria orgânica, Amazônia.

1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia a prática tradicional da derruba-e-queima da vegetação secundária é comumente empregada na agricultura familiar como forma de preparo de área para cultivo. Essa prática tem resultado em perdas significativas de matéria orgânica e nutrientes do solo (Sommer et al., 2004). Para o restabelecimento dessas perdas, há necessidade que o tempo de descanso do solo entre dois períodos de cultivo (pousio) seja o suficiente para o restabelecimento das propriedades física, química e biológica do solo. Todavia, com o aumento da população e a demanda por alimentos esse tempo de descanso tem diminuído e o acúmulo de matéria orgânica no solo não é o suficiente para prover o próximo ciclo de cultivo, tornando essa prática insustentável (Kato et al., 2004).

Sistemas alternativos à derruba-e-queima têm sido testados recentemente na Amazônia Oriental. Tais sistemas envolvem a intensificação de sistemas de produção familiares por meio de tecnologias de corte-e-trituração da vegetação secundária que consiste pelo corte e trituração da vegetação secundária, com deposição na superfície do solo da vegetação triturada como forma de cobertura morta (Denich et al. 2005). O sistema de corte-e-trituração apresenta vantagens relacionadas ao balanço de nutrientes (Sommer et al. 2004) e emissão de gases de efeito estufa (Davidson et al., 2008) em comparação com a prática do sistema de derruba-e-queima. Áreas preparadas com corte-e-trituração da vegetação secundária estão sendo usadas para a introdução de sistemas agroflorestais multiestratificados com espécies frutíferas e madeiras no Nordeste Paraense. Também estão sendo testados sistemas agroflorestais multiestratificados que incluem palma de óleo (*Elaeis guineensis*) e cacau (*Theobroma cacao*) tendo em vista a necessidade de desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis das culturas.

O impacto do sistema de corte-e-trituração sobre os estoques de matéria orgânica do solo tem sido pouco estudado na Amazônia (Rangel-Vasconcelos, 2011). Da mesma forma, existem poucas estimativas de mudanças nos estoques de matéria orgânica do solo em função da conversão de florestas em sistemas agroflorestais na região. Mudanças nos estoques das frações leves e pesadas da matéria orgânica do solo têm, respectivamente, implicações importantes sobre a qualidade do solo (Bayer et al., 2006) e o potencial de mitigação de mudanças climáticas.

A separação das frações da matéria orgânica do solo pode ser realizada pelos métodos densimétrico (Golchin et al., 1994) ou granulométrico (Cambardella & Elliott, 1992), ou ainda pela combinação de ambos, isto é, o método densimétrico-granulométrico (Six et al., 1998). Pelo método densimétrico, separam-se os resíduos vegetais de baixa densidade, que podem estar parcialmente decompostos (fração leve livre) ou resistentes à decomposição (fração leve oclusa), dos complexos organo-minerais do solo. Já no método granulométrico, os compostos organo-minerais encontrados nas frações mais finas dos solos podem ser isolados e fracionados por tamisagem, sedimentação e/ou centrifugação. A combinação do fracionamento densimétrico e granulométrico foi estudada por Sohi et al. (2001), em que são separadas a fração leve livre, a fração leve oclusa (intra-agregados), a fração areia e fração associada a silte e argila.

Nesse contexto, o objetivo foi avaliar o efeito da sucessão de floresta secundária em sistemas agroflorestais, no armazenamento de carbono nas frações particuladas (> 53µm) e associada a silte+argila (<53µm) de um Latossolo Amarelo distrófico da Amazônia Oriental.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado em um experimento coordenado pela EMBRAPA, desde 2007, em propriedade de agricultor familiar situado a 10 km do distrito de Quatro Bocas, município de Tomé-Açu, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião Tomé-Açu, entre as coordenadas geográficas 02° 20' 59" de latitude sul e 48° 15' 36" de longitude a oeste de Greenwich. O solo é classificado como Latossolo Amarelo, textura franco areno argilosa, com elevado incremento dos minerais de argila a partir de 20 cm de profundidade, com 638, 136 e 226 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente, na camada de 0-30 cm.

O clima é classificado como tropical quente úmido (Am segundo a classificação de Köppen), com uma estação seca de agosto a outubro, A precipitação pluviométrica anual é de 2.439,5 mm, com alta incidência de chuvas de dezembro a maio, correspondendo a 81,2 % do total da precipitação anual. A temperatura média anual é 26,3 °C, variando mensalmente entre 21,0°C (agosto) e 33,8 °C (outubro) com brilho solar anual de 2.372,3 horas. Estas informações das variáveis meteorológicas foram coletadas na Estação Climatológica da Embrapa Amazônia Oriental localizada em Tomé-Açu-Pa, e compreendem valores médios do período de 1985 a 2010.

Anteriormente à instalação do experimento, a respectiva área de estudo era coberta por floresta sucessional, com idade aproximada de 10 anos, formada após repetidos ciclos de corte e queima, para agricultura de subsistência (arroz – *Oriza sativa*, mandioca – *Manihot esculenta*, milho – *Zea mays* e feijão-caupi – *Vigna unguiculata*). Em setembro e outubro de 2007, aproximadamente seis hectares de floresta sucessional foram cortados e triturados. Quatro ha foram triturados mecanicamente, enquanto que dois ha foram triturados manualmente usando-se motosserra e facão. deixando-se o material vegetal sobre o solo.

Após o preparo de área, foram instalados três sistemas cultivo de dendezeiro denominados de: (1) Adubadeiras, (2) SAF Biodiverso Mecanizado e (3) SAF Biodiverso Manual. Nos três sistemas, foram plantadas linhas duplas de dendezeiro –*Elaeis guineensis*- (espaçamento 7,5 x 9 metros) intercaladas por faixas (15 metros) com espécies herbáceas,

arbustivas e arbóreas (Figura 1). O efeito do corte-e-trituração mecanizado e manual nos estoques das frações de C do solo foi avaliado em comparação a 2 ha de floresta secundária, adjacente aos tratamentos, com aproximadamente 10 anos de idade, com altura média do dossel de 15 m, densidade média de 520 árvores por hectare (árvores com DAP > 10 cm).

Coleta de solo - A coleta das amostras deformadas de solo foi realizada em agosto de 2010. Em cada tratamento, estabeleceram-se, ao acaso, 5 parcelas medindo aproximadamente 22,5 m x 18 m, cujas dimensões incluíram duas linhas de dendê e a faixa utilizada para plantio das demais espécies frutíferas, madeireiras e adubadeiras. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20 cm, utilizando-se trado tipo sonda, em diferentes locais, as amostras de solo foram coletadas na projeção da copa de dendê, na linha de dendê e na faixa dos SAFs. Foram coletadas 3 amostras simples por local de coleta em cada parcela, homogeneizadas, e transformadas em uma amostra composta. Na floresta secundária foi realizado coleta ao acaso em 5 parcelas, sendo 3 amostras simples por local de coleta, as quais foram, homogeneizadas, e transformadas em uma amostra composta.

Amostras indeformadas para determinação da densidade do solo foram coletada. Para isso, em cada tratamento escavaram-se 4 trincheiras medindo 120 cm de comprimento, 50 cm de largura e 50 cm de profundidade. Retiraram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 20 cm de três faces internas da trincheira com auxílio de trado extrator e anéis de aço (Kopeck) de bordas cortantes com volume interno conhecido. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), em que amostras indeformadas com volume conhecido foram colocadas em estufa a 105°C até atingir peso constante, sendo os valores de densidade de solo utilizados no cálculo dos estoques de C no solo.

Para determinação do C_{total} cerca de 20g de solo foram triturados em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25 mm (60 mesh), adquirindo características de pó. Em seguida foram pesados aproximadamente 0,200g com precisão de quatro casas decimais, para determinação da concentração de C por combustão a seco em analisador elementar da marca LECO, modelo CNS 2000. O estoque de carbono total do solo foi calculado segundo pela equação: $EstC = (CO \times Ds \times e)/10$, onde: Est C = estoque de carbono total em determinada profundidade ($Mg\ ha^{-1}$); CO = teor de C_{total} na profundidade amostrada ($g\ kg^{-1}$); Ds = densidade do solo da profundidade amostrada ($kg\ dm^{-3}$); e = espessura da camada considerada (cm). Na comparação dos estoques com as áreas de referencia (FS) os cálculos foram realizados por equivalência de massa da área de referência.

O fracionamento granulométrico da MO foi realizado segundo Cambardella & Elliott (1992). Pesaram-se aproximadamente 15g de solo e 70 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) agitados durante 16 horas em agitador horizontal, em seguida foram peneirados em malha de 53 µm de diâmetro para separar a fração areia (F >53 µm) da fração silte + argila (F < 53 µm). A massa seca de todas as frações foi determinada após secagem em estufa a 65 °C por 72 horas.

As amostras, após fracionamento, foram maceradas em almofariz (pilão de porcelana) e tamisados em peneira de 0,25 mm (60mesh), adquirindo características de pó. Em seguida foi pesado aproximadamente 0,200g para determinação do C das frações areia e silte + argila por combustão a seco, com analisador elementar da marca LECO, modelo CNS 2000.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, a comparação entre as médias foi realizado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (alguns valores foram transformados, na apresentação das tabelas foram utilizados os dados brutos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Densidade e concentração de C no solo - A densidade do solo (Figura 1B), de maneira geral é diretamente proporcional ao aumento da profundidade em todas as camadas, isso ocorre na maioria dos Latossolos em consequência da sobreposição das camadas com relativo adensamento dos perfis inferiores. Os sistemas agroflorestais apresentaram densidades semelhantes estatisticamente e a floresta densidade significativamente menor do que os sistemas com palma de óleo. Possivelmente esta diferença em todas as profundidades é associado à vegetação de cobertura do solo da floresta, onde observa-se intensa espécies de plantas com sistema radicular abundante.

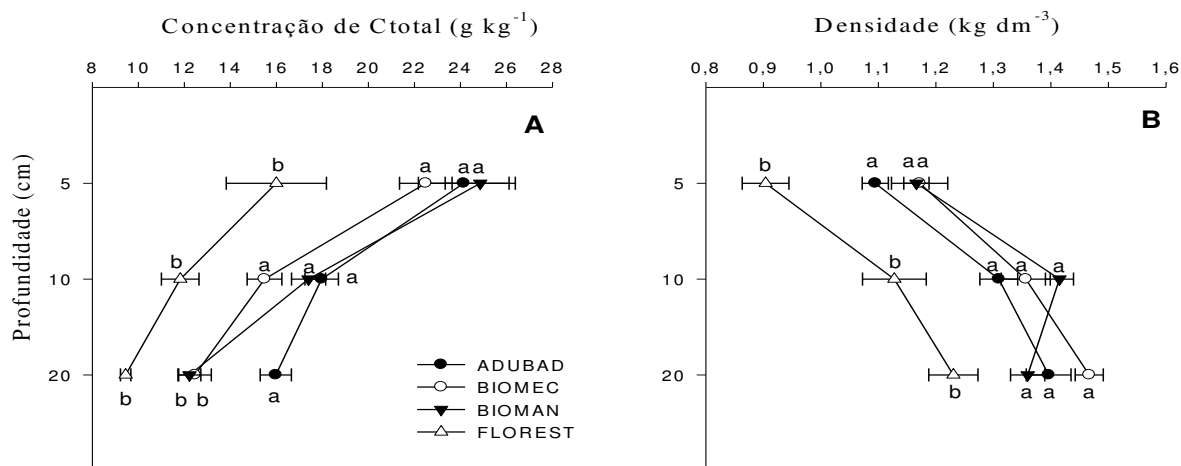


Figura 1. Concentração de Carbono total (A) e Densidade do solo (B) em diferentes sistemas de uso e cobertura do solo na Amazônia oriental. Médias seguidas da mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras de erro representam erro padrão. ADUBAD = sistema adubadeiras, BIOMECA = sistema biodiverso mecanizado, BIOMAN = sistema biodiverso manual e FLOREST = floresta secundária.

Entre os sistemas com palma de óleo, não houve diferença significativa em relação à densidade do solo. Isso prova que embora haja sido utilizado o maquinário na trituração mecanizada, esse manejo não foi capaz de prejudicar a estrutura do solo entre os sistemas com palma de óleo. De forma geral, a densidade do solo variou de 0,90 kg dm⁻³ (FOREST) e 1,46 kg dm⁻³ (BIOMECA), dados dentro desta margem foram encontrados por Desjardins et al. (2004) em Latossolos de floresta primária na Amazônia Oriental de: 1,20, 1,36 e 1,37 kg dm⁻³ para as profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm respectivamente. Para Reinert et al (2008) a densidade crítica para o crescimento de raízes de um solo é dependente de sua classe textural. Reichert et al (2003) propuseram a densidade crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos. Portanto, a densidade ficou abaixo da faixa a partir da qual o crescimento radicular é restringido.

Diferenças significativas da densidade do solo, nos sistemas agroflorestais em relação à floresta, demonstram que o corte raso e a trituração da vegetação; há ligeira alteração estrutural do solo, compactação, causada possivelmente pelo desmatamento e mecanização no preparo de área. Castro Filho et al. (1998) e Hamza & Anderson (2005) afirmam que o uso do solo com práticas agrícolas, cultivo intensivo, sistema de manejo inadequado, com movimento de máquinas, implementos agrícolas, pessoas e animais, promovem uma modificação na estrutura do solo em relação a condição original.

No entanto, a densidade do solo no sistema de cultivo de palma de óleo sem mecanização (BIOMAN) não diferiu significativamente dos sistemas com mecanização, provavelmente devido a maior porcentagem de areia na camada 0-10 cm do tratamento BIOMAN ou segundo Braida et al. (2006), os quais afirmam que a alta quantidade de resíduos sobre a superfície reduz o efeito negativo do tráfego de máquinas por absorverem parte da pressão exercida na superfície.

A concentração de carbono do solo fora influenciada pela profundidade em todos os sistemas de uso (Figura 1A), conforme vai se aprofundando no perfil do solo vai diminuindo os teores de carbono. Esse padrão está de acordo com os dados de Desjardins et al. (2004), que encontraram teores de carbono na floresta primária de 14,4 ($\pm 1,3$), 10,9 ($\pm 1,4$) e 9,6 ($\pm 1,1$) g kg⁻¹ nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm respectivamente em Latossolo Amarelo na Amazônia Oriental.

De maneira geral a concentração de carbono foi significativamente menor no sistema de referência, sobretudo até 10 cm de profundidade. Essa diferença estatística entre os sistemas agroflorestais e a floresta é devido ao grande aporte de vegetais pela trituração e podas de manejo, assim como as adubações orgânicas de cobertura.

Os sistemas agroflorestais, foram significativamente diferentes entre si somente nas profundidades 10-20 cm, com concentração de carbono significativamente maior no sistema ADUBAD em relação aos demais sistemas. Possivelmente, deve-se alguma relação com o histórico de uso da área. Esse sistema, no delineamento experimental, ficou próximo à estrada e antes da formação da floresta, provavelmente houve revolvimento da camada solo fazendo com que material orgânico tenha sido incorporado nessa profundidade.

Estoques de C nas frações da Matéria orgânica - Os sistemas agroflorestais apresentaram desempenho semelhantes (Figura 2A), com maior estoque de carbono na fração particulada na camada mais superficial do solo, sendo esta camada a mais ativa do solo com um “turnove” de material orgânico considerado curto (3 a 4 meses) a fração particulada é responsável por 80% da ciclagem de nutrientes é o mais importante reservatório lábil (John et al. 2005).

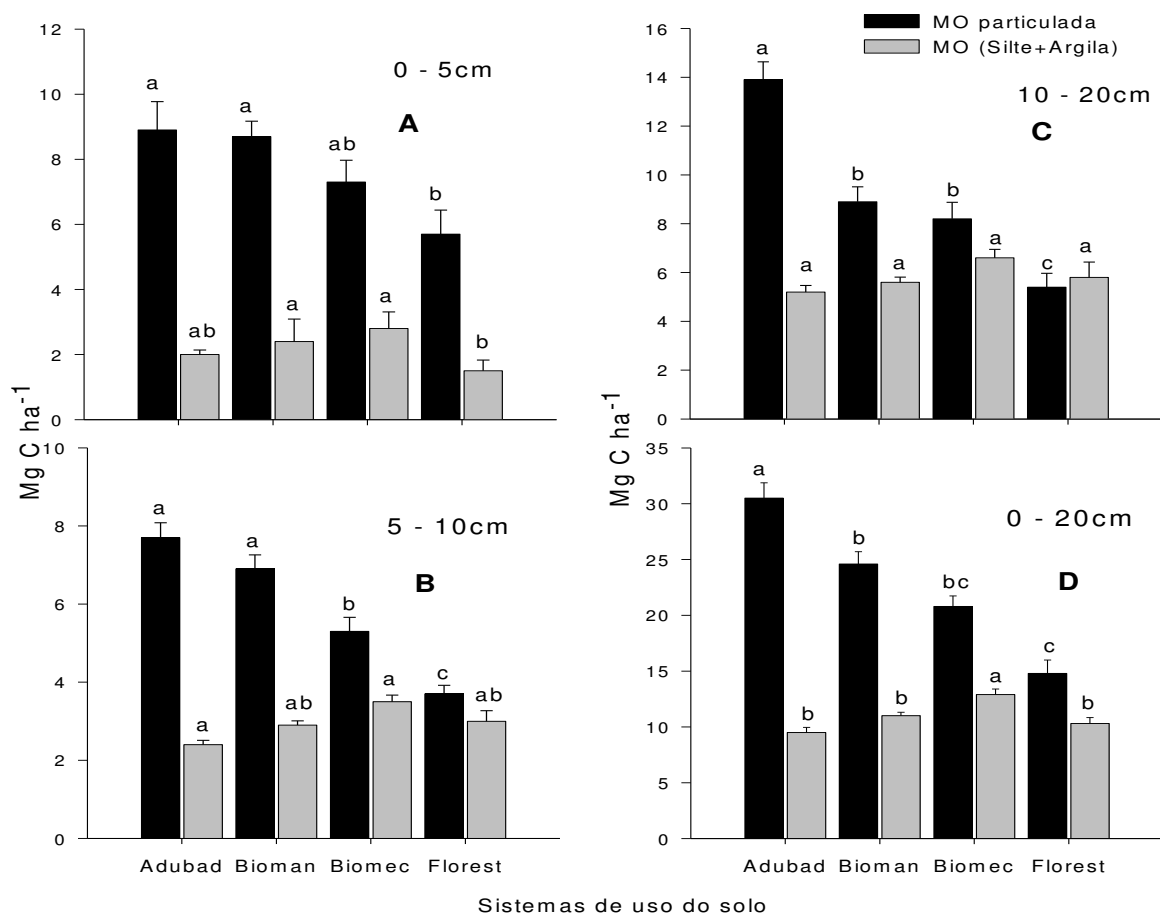


Figura 2. Estoques de carbono corrigido nas frações particulada ($MO > 53 \mu m$) e fração silte+argila ($MO < 53 \mu m$) da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo nas profundidades de 0–5(A), 5–10(B), 10–20(C) e 0–20cm(D) em diferentes sistemas de uso do solo: ADUBAD = sistema adubadeiras, BIOMECH = sistema biodiverso mecanizado, BIOMAN = sistema biodiverso manual e FLOREST = floresta secundária. Médias seguidas da mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras de erro representam erro padrão.

Já na profundidade de 5 -10cm e 10-20 (Figura 2B e 2C), os sistemas ADUBAD, BIOMAN e ADUBAD respectivamente apresentaram os maiores estoques em relação aos demais. Essa elevação do estoque de C em ADUBAD nessa profundidade vem corroborar as informações de manejo anteriores à formação da capoeira com o revolvimento do solo no primeiro sistema e utilização intensiva do monocultivo de pimenta do reino (*Piper nigrum*). Portanto, essa fração é responsável pelas principais mudanças de acordo com o manejo e cultivo dos solos. Isso mostra que a fração particulada poderá ser utilizada como indicador sensível para detectar mudanças na qualidade do solo com diferentes usos e manejos (Six et al., 2002) o que requer investigação mais detalhadas em estudos futuros.

O estoque de C associado à fração silte+argila foi afetado pelos sistemas de manejo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade do solo, apesar do pequeno espaço de tempo entre o aporte de biomassa pela trituração e a coleta das amostras (3 anos) já verifica-se diferenças no estoque dessa fração em relação a referência, indo de encontro a estudos de Bayer et al. (2004) em que não foi observado efeito dos sistemas de manejo da MO associada a minerais em condução de sistemas jovens de plantio direto (6 anos). O mesmo autor justifica a não ocorrência de variação provavelmente ligado ao manejo, ruptura e formação dos agregados.

Analisando-se as variações dos estoques de C na matéria orgânica particulada de 0-20cm nos sistemas agroflorestais em relação à floresta (Figura 3A), foi observado aumento de 15,7; 9,8; e 6 Mg ha⁻¹ de Carbono em ADUBAD, BIOMAN e BIOMECC, respectivamente. Essa variação positiva demonstra que o sistema está armazenando carbono da atmosfera. Provavelmente o sistema ADUBAD apresenta um maior estoque de C, pelo maior aporte de biomassa proveniente da renovação das plantas adubadeiras. A figura 3B apresenta os estoques totais de carbono sem fracionamento e os estoques da soma das frações particulada e silte+argila. Observa-se que aproximadamente 90% do carbono foi recuperado pela metodologia de fracionamento utilizada.

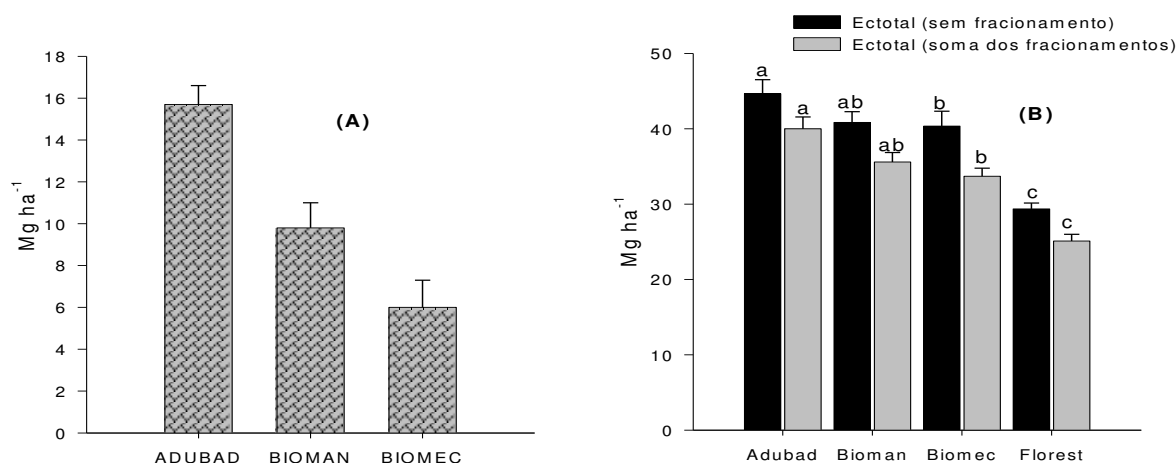


Figura 3. (A) Variação no estoque nas frações particulada (MO > 53 μm) em relação a floresta secundária (Florest) na profundidade de 0-20cm. (B) Estoque de carbono total do solo em leitura direta e estoque pela soma das frações da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo na profundidade 0–20cm em diferentes sistemas de uso do solo: ADUBAD = sistema adubadeiras, BIOMECC = sistema biodiverso mecanizado, BIOMAN = sistema biodiverso manual e FLOREST = floresta secundária. Médias seguidas da mesma letra em cada profundidade não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras de erro representam erro padrão.

CONCLUSÃO

1. Os sistemas agroflorestais implantados após a trituração da floresta secundária aumenta os teores de carbono e densidade do solo nas profundidades estudadas em comparação ao sistema de referência.
2. O acúmulo do estoque de carbono no solo, Latossolo Amarelo areno-argiloso distrófico, sob a trituração da floresta secundária em todas as profundidades apresenta os maiores efeitos na fração particulada, porém há aumentos significativos na fração silte+argila.

REFERÊNCIAS

- BAYER, C. MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.677-683, 2004.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E.; MARTIN-NETO, L.; PAVINATO, A. Tillage effects on particulate and mineral-associated organic matter in two tropical Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, p.389-401, 2006.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Procto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.605-614, 2006.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Methods for physical separation and characterization of soil organic-matter fractions. **Geoderma**, v.56, p449-457, 1993.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3 p.527-538, 1998.
- DAVIDSON, E.A.; SÁ, T.D.D.A.; CARVALHO, C.J.R.; FIGUEIREDO, R.D.O.; KATO, M.D.A.; KATO, O.R.; ISHIDA, F.Y. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global Change Biology**, v.14 p.1-10, 2008.
- DENICH, M.; VLEK, P. L. G.; SÁ, T. D. D.; VIELHAUER, K.; LUCKE, W. G. A. Concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. **Agriculture Ecosystems Environment**, v.110 p.43-58, 2005.
- DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture Ecosystems Environment**, v.103, p.365-373, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FREIXO, A. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, P. L. O. de A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.445-453, 2002.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Tillage and Research*, v.82, p.121-145, 20

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soil by solid state ¹³C ICP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, v.32, p.285-309, 1994.

HOLSCHER, D.; MOLLER, R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting agriculture in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.47, p.49-57, 1997.

JOHN, B.; YAMASHITA, T.; LUDWIG, B.; FLESSA, H. Organic carbon storage in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. **Geoderma**, v.128, p.63–79, 2005.

KATO, O. R.; KATO, M. do S.A.; SÁ, T. D. de .A.; FIGUEIREDO, R. D. O. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**, v.29. P.99-111, 2004.

RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T. **Biomassa, estoques de nutrientes e matéria orgânica leve do solo de vegetação de pousio sob diferentes manejos em sistemas de corte-e-trituração na Amazônia oriental**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; RICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelo. **Revista Brasileira de ciências do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

RICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; & BRADA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciências do Ambiente*, v.27, p.29-48, 2003. SILVA, G. L. **Qualidade física de um Luvissole cultivado com sistemas agroflorestais e convencional no semiárido cearense**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A. & PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, 241:155–176, 2002.

SIX, J.; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p.1367-1377, 1998.

SOHI, S.P.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POWLSON, D.S.; MADARI, B.; GAUNT, J.L.
A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.1121-1128, 2001.

SOMMER, R.; VLEK, P.L.G.; SÁ, T.D.D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R.D. R.;
FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon – evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, p.257-271, 2004.