

DISTRIBUIÇÃO DO CARBONO NAS FRAÇÕES DO SOLO SOB ÁREA DE FLORESTA

J.D.O. Marques¹, F.J. Luizão², W.G. Teixeira³, E.M. Araújo⁴

¹Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus de Manaus Centro – IFAM. E-mail: jdomarques@hotmail.com; ²Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA. E-mail: fjluizao@inpa.gov.br; ³Pesquisador da EMBRAPA SOLOS. E-mail: wenceslau.teixeira@embrapa.br; ⁴Professora da Universidade Federal do Amazonas, UFAM, E-mail: elizalanemarques@gmail.com

Artigo submetido em 30 de junho de 2013 e aceito em setembro/2013

RESUMO

As transformações dos sistemas naturais nas regiões tropicais, geralmente cobertas por florestas com grande biomassa representam uma importante causa do aumento da concentração de CO₂ atmosférico. Estimou-se a estocagem e a suscetibilidade potencial do carbono no solo do ecossistema sob floresta, até 2 m de profundidade, a partir da determinação da qualidade e a da quantidade do carbono orgânico nas diversas frações do solo em área de floresta primária na Amazônia Central. Fracionou-se a matéria orgânica do solo (MOS) por densidade e granulometria, obtendo-se: FLF (fração leve livre), FLIA (fração leve intra-agregada), F-areia (fração areia), F-argila (fração argila) e F-silte (fração silte). As amostras de solo para o fracionamento e análises físicas foram coletadas em

posições topográficas distintas (platô, vertente e baixo), em parcelas de 20 m x 40 m, nas camadas entre 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-160 e 160-200 cm de profundidade. Na superfície, o carbono está estocado na fração leve livre (FLF) e em profundidade na fração pesada (F-argila). A distribuição do carbono nas frações do solo foram de 112,6 Mg ha⁻¹ (FLF), 2,5 Mg ha⁻¹ (FLIA), 40,5 Mg ha⁻¹ (F-silte), 56,2 Mg ha⁻¹ (F-argila) e 28,3 Mg ha⁻¹ (F-areia). O carbono orgânico do solo (COS) estocado no platô (Latosolo), vertente (Argissolo) e baixo (Espodosolo) foi de 86,1 Mg ha⁻¹, 72,6 Mg ha⁻¹ e 81,4 Mg ha⁻¹, respectivamente, potencializando uma capacidade de emissão para a atmosfera de 240,1 Mg ha⁻¹

PALAVRAS-CHAVE: Fracionamento, Carbono Orgânico, Floresta Amazônica

DISTRIBUTION OF CARBON FRACTIONS IN SOIL UNDER FOREST AREA

ABSTRACT

The transformations of natural systems in the tropics, generally forested with large biomass represent an important cause of the increase in atmospheric CO₂ concentration. Estimated the storage and the potential susceptibility of carbon in soil under forest ecosystem, up to 2 m depth, from the determination of the quality and the amount of organic carbon in different soil fractions in primary forest in Central Amazonia. Fractionated to soil organic matter (SOM) for density and particle size, obtaining: FLF (free light fraction), FLIA (intra-aggregate light fraction), F-sand (sand fraction), F-clay (clay) and F-silt (silt). Soil samples for fractionation and physical analyzes were collected at different topographic positions (plateau, slope and valley) in plots of 20 mx 40 m, in layers 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 , 40-60, 60-80, 80-100, 100-160 and 160-200 cm. On the surface, the carbon is stored in the free light fraction (FLF) and at depth in the heavy fraction (F-clay). The distribution of carbon in soil fractions were 112.6 Mg ha⁻¹ (FLF), 2.5 Mg ha⁻¹

(FLIA), 40.5 Mg ha⁻¹ (F-silt), 56.2 Mg ha⁻¹ (F-clay) and 28.3 Mg ha⁻¹ (F-sand). The soil organic carbon (COS) stored on the plateau (Oxisol), strand (Ultisol) and lowland (Spodosol) was 86.1 Mg ha⁻¹, 72.6 Mg ha⁻¹ and 81.4 Mg ha⁻¹, respectively, increasing a capacity of air emission of 240.1 Mg ha⁻¹.

KEY-WORDS: organic carbon, carbon stock, Amazonian forests.

INTRODUÇÃO

O seqüestro de carbono pelos ecossistemas naturais é considerado como importante mitigador das mudanças climáticas globais, já que áreas cultivadas geralmente seqüestram menos carbono e há uma limitada extensão espacial para as possíveis substituições de manejo do uso da terra. Por isto, cada vez mais se estudam métodos alternativos de uso do solo, que sejam os mais conservacionistas possíveis (Soares, 2007). Uma grande ênfase vem sendo concedida ao papel ambiental da matéria orgânica do solo, principalmente, à sua função como depósito de CO₂ atmosférico no processo de seqüestro de carbono (Swift, 2001), uma vez que o solo representa o principal compartimento de carbono na biosfera, estimado em 1550 Pg (Follet, 2001). Mudanças no ambiente do solo, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, podem levar a um rápido declínio destes estoques, colaborando para o aumento das emissões de CO₂ para a atmosfera (Lal, 1999).

Nos últimos anos, o C orgânico do solo vem sendo sistematicamente quantificado tanto na forma de teores totais quanto em seus diferentes compartimentos. Isto se dá pelo alto potencial que o solo tem, por meio do seu manejo, de evitar que o C seja transferido para a atmosfera, permanecendo retido no material do solo, e, assim, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Watson et al., 2000).

Estimou-se a estocagem e a suscetibilidade potencial do carbono no solo do ecossistema sob floresta, até 2 m de profundidade, a partir da determinação da qualidade e a da quantidade do carbono orgânico nas diversas frações do solo em área de floresta primária na Amazônia Central.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo encontra-se na Reserva Biológica do Cuieiras, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, que abrange uma área de aproximadamente 22.700 ha, localizada a 60 km ao Norte de Manaus, no km 34 da estrada vicinal ZF-2 (coordenadas geográficas aproximadas: 2°35'21,08''S e 60°06'53,63''W). Esta Reserva abrange uma larga área de floresta úmida ainda primitiva, distribuindo-se entre duas bacias hidrográficas: a oeste, a bacia do rio Cuieiras (13.414 ha); à leste a bacia do rio Tarumã-Açu (9.321 ha) (Ranzani, 1980). A topografia do transecto incluído no presente estudo apresenta uma seqüência de platô, vertente e baixo (Luizão et al., 2004). Em cada posição topográfica, foram utilizadas três parcelas de 20 x 40 m, onde se coletaram amostras das camadas do solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-160, 160-200 cm) para análises do fracionamento da matéria orgânica do solo, carbono orgânico do solo (COS), estoque de carbono do solo (ECOS) e de atributos físicos do solo.

As análises das amostras foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA, seguindo a metodologia proposta por Sohi et al., (2001), utilizando amostras de solo TFSa (Figura 2), com as devidas modificações para solos tropicais (Roscoe & Machado, 2002; Campos, 2003), já que esta metodologia tem aplicação para uma variedade de solos e regiões.

Estoques de carbono (em Mg ha⁻¹), a partir do fracionamento da matéria orgânica, foram obtidos multiplicando a concentração de C, pela densidade do solo na camada estudada e pela espessura da camada do solo. Estoques totais até 2 m de profundidade, em cada fração orgânica foram obtidos somando-se os estoques de carbono das frações.

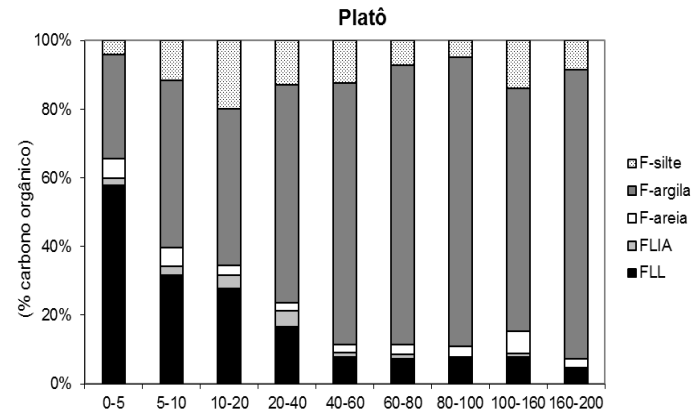
“One way” ANOVA foi utilizada para identificar diferenças significativas entre os parâmetros analisados no solo sob o ambiente do platô, vertente e baixo. O teste de Tukey HSD foi utilizado para comparação das médias, enquanto que o teste t foi utilizado para comparação do carbono no solo nas camadas associado às diferentes posições topográficas, ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

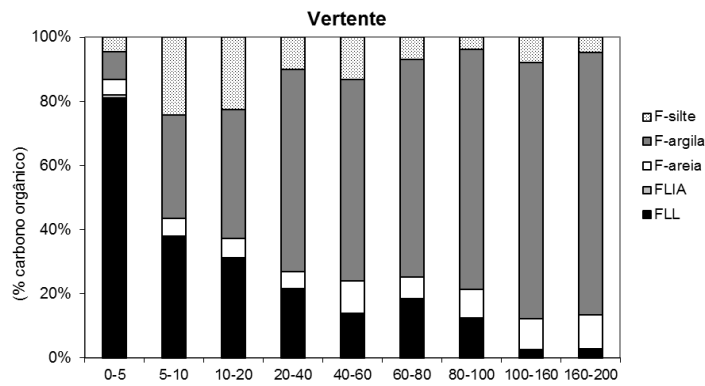
As concentrações de carbono nas camadas superficiais (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) foram mais altas nas frações leve livre do que nas frações pesadas (F-argila, F-silte e F-areia); entretanto, em profundidade a fração argila reteve mais carbono. No geral, os teores de carbono no solo nas frações mais lábeis (FLF e FLIA), ao longo do gradiente topográfico, diminuíram em profundidade, pois somente os horizontes superficiais são mais enriquecidos em carbono devido à proximidade do local de acúmulo de resíduos orgânicos. A maior parte do carbono do solo presente nas camadas superficiais está associada à fração leve livre (FLF), variando de 26 % a 57 %, no Platô (Figura 1a), de 20 % a 80 %, na vertente (Figura 1b) e de 49 % a 66 % no Baixo (Figura 1c). Por outro lado, em profundidade, o carbono existente na fração pesada (argila) foi responsável por 66 % a 80 % no Platô (Figura 1a), de 56 % a 74 % no Vertente (Figura 1b) e de 0,5 % a 2,5 % no Baixo (Figura 1c).

Os maiores estoques de carbono ocorreram no platô ($86,1 \pm 17 \text{ Mg ha}^{-1}$) e no baixo ($81,4 \pm 8,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) não havendo diferença significativa entre eles, diferenciando-os da vertente que apresentou $72,6 \pm 5,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Tabela 1). A FLF estoca em torno de $23,12$, $5,30 \text{ Mg ha}^{-1}$, $26,32$, $3,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $63,27$, $7,83 \text{ Mg ha}^{-1}$, conforme a transição platô, vertente e baixo, respectivamente (Tabela 1). O potencial total de emissão de carbono da FLF é de $112,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ devido essa fração ser mais sensível ao manejo inadequado e facilmente liberada do solo (Soares, 2007), tornando-se uma importante fração na avaliação da qualidade do sistema de manejo no curto prazo (Conceição et al., 2005). As maiores proporções de carbono nas frações lábeis diferencia o ecossistema de floresta estudado de ambientes manejados, que apresentam um enriquecimento de carbono nas frações finas. Nota-se que a área de floresta estudada apresenta o carbono mais contido nas frações labéis do solo o que é comum em áreas bem preservadas, sendo este essencial para a manutenção do ciclo do carbono terrestre. A conversão de floresta para outro tipo de uso pode reduzir os estoques de COS, dependendo das propriedades do solo, clima e manejo (Koning et al., 2003). Awiti et al. (2008) mostraram que alteração da floresta para outras formas de uso reduzem o carbono e nitrogênio do solo devido à modificação da entrada da biomassa e liteira, principalmente na superfície.

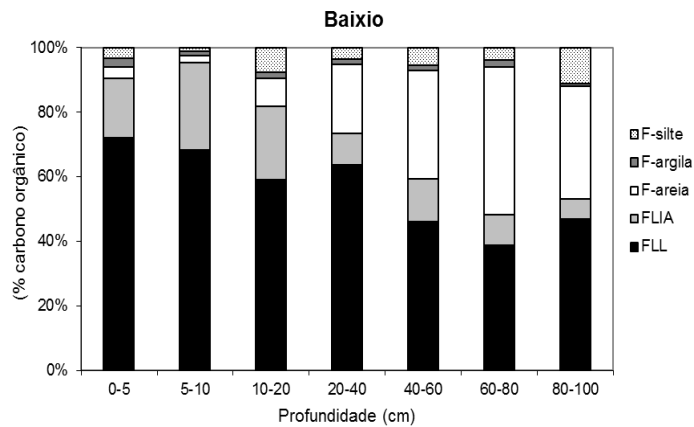
Os maiores estoques de carbono na fração pesada estão armazenados na argila, em solos do platô ($41,10 \pm 7,6 \text{ Mg ha}^{-1}$), na F-silte, nos solos da vertente, com $21,2 \pm 0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C e na F-areia, nos solos do baixo, atingindo $10,0 \pm 0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$. Considerando as frações pesadas (F-argila, F-silte e F-areia), observa-se que o potencial de emissão dessas frações são: $56,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, $40,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $28,3 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente (Tabela 1). O maior teor de argila nas posições mais elevadas do relevo estabiliza e protege grande parte do carbono (Volkoff et al., 1984). Em agroecossistemas, Hassink and Whitmore (1997) comprovaram uma maior estabilidade e preservação do carbono sob fração pesada. O carbono contido na fração pesada demoraria mais tempo para ser liberado, já que essa fração é menos sensível ao manejo.



a



b



c

Figura 1 – Carbono orgânico nas frações do solo em diferentes posições topográficas sob Floresta Primária

Tabela 1 - Estoques totais de carbono (Mg ha^{-1}) nas frações da matéria orgânica do solo até 2 m de profundidade nas três posições topográficas.

Posição	FLL	FLIA	F-silte	F-argila	F-areia	Total
Platô	23,1 ± 5,3 b	0,4 ± 0 b	14,0 ± 2,6 b	41,1 ± 7,6 a	7,5 ± 1,5 b	86,1 ± 17 a
Vertente	26,3 ± 3,9 b	1,0 ± 0 a	21,2 ± 0,7 a	13,3 ± 0,5 b	10,8 ± 0,3 a	72,6 ± 5,4 b
Baixio	63,2 ± 7,8 a	1,1 ± 0 a	5,3 ± 0,3 c	1,8 ± 0,2 c	10,0 ± 0,6 a	81,4 ± 8,9 a
Total	112,6 ± 17	2,5 ± 0	40,5 ± 3,6	56,2 ± 8,3	28,3 ± 2,4	240,1 ± 31,3

Comparações entre as médias pelo teste Tukey (HSD). Valores seguidos da mesma letra numa mesma coluna não são significativamente diferentes pelo Teste F da análise de variância ($p < 0,05$).

A exposição do platô, vertente e baixio sob a floresta tropical estudada a qualquer outro uso do solo poderia resultar na emissão de até emitiria 240 mg ha^{-1} de c contido até 2 m de profundidade para a atmosfera. as maiores proporções de carbono nas frações lábeis diferencia o ecossistema de floresta estudado de ambientes manejados, que apresentam um enriquecimento de carbono nas frações finas. Nota-se que a área de floresta estudada apresenta o carbono mais contido nas frações labéis do solo o que é comum em áreas bem preservadas, sendo este essencial para a manutenção do ciclo do carbono terrestre.

CONCLUSÃO

O carbono estocado nas frações do solo reforça a precaução atual em reduzir as explorações de áreas de floresta tropicais.

Em Floresta Primária, o carbono do solo está alocado principalmente na FLL e na F-argila.

A exposição desse carbono em função de práticas de exploração aliado ao efeito das mudanças no clima pode conduzir a perdas substanciais do carbono estocado no solo.

AGRADECIMENTOS

AOS PROJETOS LBA, PPG7, PELD E CNPQ PELO FINANCIAMENTO DA PESQUISA

REFERÊNCIAS

AWITI, A.O., WALSH, M.G., KINYAMARIO, J. DYNAMICS OF TOPSOIL CARBON AND NITROGEN ALONG A TROPICAL FOREST-CROPLAND CHRONOSEQUENCE: EVIDENCE FROM STABLE ISOTOPE ANALYSIS AND SPECTROSCOPY. AGRICULTURE ECOSYSTEM. AND ENVIRONMENT. 127: 265-272, 2008.

CAMPOS, D.V. USO DA TÉCNICA DE ^{13}C E FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS SOB COBERTURA DE PASTAGENS E CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DA MATA ATLÂNTICA. SEROPÉDICA. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, 2003. (TESE DE DOUTORADO).

CONCEIÇÃO, P.C., AMADO, T.J.C., MIELNICZUK, J., SPAGNOLLO, E. QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE MANEJO AVALIADA PELA DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA E ATRIBUTOS RELACIONADOS. REV. BRAS. CI. SOLO, 29:777-788, 2005.

FOLLETT, R.F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Till. Res.* 64: 77-92, 2001.

HASSINK, J., WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison 61: 131-139, 1997.

KONING, G.H.J., VELDKAMP, E., LOPEZ-ULLOA, M., 2003. Quantification of carbon sequestration in soils following pasture to forest conversion in north-western Ecuador. *Global Biogeochem. Cycles* 17, 1098-1108.

LAL, R., FOLLETT, R.F., KIMBLE, J., COLE, C.V. Managing US cropland to sequester carbon in soil. *J. Soil Water Cons.*, 54: 374-381, 1999.

LUIZÃO, R.C.C., LUIZÃO, F.J., PAIVA, R.Q., MONTEIRO, T.F., SOUZA, L.S., KRUIJT, B., 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biol.*, 22:592-600, 2004.

RANZANI, G Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. *Acta Amaz.*, 1(10):7-51, 1980.

ROSCOE, R., MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento Físico do Solo em Estudos da Matéria Orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

SOARES, R. Agregação e Distribuição da Matéria Orgânica em Solos de Terra Preta de Índio da Amazônia Central. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2007. 107p. (Tese de Mestrado).

SOHI, S., MAHIEU, N., ARAH, J. R. M., POWLSON, D. S. P., MADARI, B., GAUNT, J. L., 2001. Procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65, 1121-1128.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.*, 166: 835-858, 2001.

WATSON, R.T., NOBLE, I.R., BOLIN, B., RAVINDRANATH, N.H., VERARDO, D.J., DOKKEN, D.J. Land use, land use change and forestry: a special report of the IPCC. Cambridge: Cambridge, University Press, 2000. 377p.