

Estoques de carbono em solos com diferentes usos na Amazônia Central. ⁽¹⁾

Aldilane Mendonça da Silva ⁽²⁾; José Zilton Lopes Santos ⁽³⁾; Marcileia Couteiro Lopes Ferreira ⁽³⁾; João Batista da Silva Ferraz ⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Estudo realizado com recursos do Projeto Jacarandá: Convênio MCT/JICA; ⁽²⁾ Doutoranda em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas (UFAM). E-mail: aldileo01@hotmail.com; ⁽³⁾ Professores da UFAM. E-mail: ziltonlopes@ufam.edu.br; mlopes@ufam.edu.br; ⁽⁴⁾ pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). E-mail: jferraz@inpa.gov.br.

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar se o desmatamento e uso do solo têm causado alterações no teor de carbono no solo e subsolo, em um grau maior ou menor do que a variabilidade natural em ambientes da Amazônia Central. As áreas avaliadas localizam-se no município de Presidente Figueiredo, Km 120 da BR-174, e tem históricos comuns de uso do solo, tendo sido inicialmente ocupadas por floresta, desde 1985 parte dessa área foi reservada para regeneração natural, outra foi ocupada com plantios de pau-de-balsa, outra com pastagem e outra permaneceu com mata nativa, ambas com predominância de Latossolo Amarelo distrófico. Para quantificar o estoque de carbono no solo foram coletadas amostras de solo em oito profundidades. As áreas de mata nativa e de pastagem apresentaram maiores médias de estoque de carbono na profundidade de 40-100 cm, o que pode estar relacionados ao não revolvimento do solo durante longo período, principalmente na mata nativa, o que favoreceu ao acúmulo de material orgânico no solo. Todas as áreas apresentaram % de classe baixa para o estoque de carbono no solo nas profundidades de 40-100 e 100-150 cm. E com maiores % de classes Médias e Boas nas profundidades de 0-05 e 10-20 cm. O desmatamento e uso do solo têm causado alterações no estoque de carbono no solo e subsolo em graus variados de acordo com a variabilidade natural de cada ambiente.

Termos de indexação: Manejo do solo, Carbono, Amazônia.

INTRODUÇÃO

A Amazônia, com sua grande diversidade geológica, aliada ao relevo e clima, é constituída por varias classes de solos, o que resulta em diferentes potenciais de armazenagem de carbono. No entanto, o estoque de carbono no solo tem sido afetado em decorrência do desmatamento das floretas e de outras perturbações.

No âmbito das mudanças climáticas globais, o solo e suas diferentes formas de uso e manejo estão em foco, sobretudo porque o solo é considerado fonte ou sumidouro de CO₂

atmosférico, dependendo do manejo adotado (Carvalho et al., 2009).

Para Young & Ritz (2000) os sistemas de manejo de solos agrícolas podem reduzir ou aumentar o estoque de C do solo de acordo com as suas práticas, e que essa redução é promovida, principalmente, pela aração e gradagem do solo.

No entanto, na conversão de áreas com vegetação natural em agrícolas e florestais, verifica-se, de maneira geral, nas regiões tropicais, uma rápida perda de carbono orgânico do solo, em decorrência da combinação entre calor e umidade, que facilita a decomposição, e o constante revolvimento do solo, o que contribui para acelerar a oxidação do carbono orgânico (Castro filho et al., 1991).

Contudo, mudanças no estoque de C em solos sob áreas desmatadas com pastagem devem ser avaliadas a uma profundidade mínima de 1 m, pois, segundo Batlle-Bayer et al. (2010) em amostragens superficiais, a magnitude de acúmulo de C nos sistemas naturais tem sido maior.

Dessa forma objetivou-se com o presente estudo avaliar se o desmatamento e uso do solo têm causado alterações no teor de carbono no solo e subsolo, em um grau maior ou menor do que a variabilidade natural em ambientes da Amazônia Central.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas áreas da Serraria Teixeira e da Fazenda Santa Claudia, localizadas no Ramal Boa Esperança, km 1, situada no Município de Presidente Figueiredo-AM, km 120 da BR-174 sob as coordenadas geográficas 1° 56'00" S e 60° 02' 15" W, a uma altitude média de 120 m. O clima predominante na região é "Afi", (Clima Tropical Chuvoso) segundo Köppen, com temperaturas variando entre 25 e 35°C e precipitação pluvial média anual de 2000 mm. Nas áreas em estudo predominava Latossolo Amarelo distrófico muito argiloso (Embrapa, 2006), e com um declive de 2 a 5% e com o seguinte histórico de uso: coberta por floresta primária até o ano de 1983, quando foi realizado o corte seletivo da madeira. Em 1985, foi feita uma derrubada, com motosserra, do restante da mata, sendo o material vegetal queimado e a área abandonada por oito

anos. Em 1992, a área encontrava-se recoberta com uma capoeira baixa, sendo realizada uma limpeza manual e queima do material vegetal. Em 1993 a área foi dividida em três lotes, sendo realizado plantios de capim quicuío (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick), banana (1 ha) e mandioca (0,5ha), respectivamente. Devido à baixa produtividade das culturas a área foi abandonada novamente (Mendes, 2001, comunicação pessoal). Em 1998, a área foi dividida em seis parcelas de aproximadamente 3744 m² cada uma e submetidas aos seguintes regimes de manejo:

(A) mata nativa (floresta ombrófila de encosta úmida, sem relato de corte e queimada), adjacente as demais em estudo; (B) Preparo do solo com aração e gradagem a 25 cm de profundidade e plantio de uma espécie clímax ou intermediária, em consórcio com o pau-de-balsa, no espaçamento de 3 x 3m; (C) ausência de preparo do solo e plantio de uma espécie clímax ou intermediária, em consórcio com o pau-de-balsa, no espaçamento de 3 x 3m; (D) implantação de pastagem e criação de gado e (E) área com capoeira intacta. Devido aos aspectos visuais encontrados no ambiente C (pastagem e criação de gado), no momento da avaliação, esta foi considerada como degradada. Nos cenários A e B, as espécies florestais receberam uma correção equivalente a 50g de calcário dolomítico e uma adubação de 150g de fosfato de magnésio por cova.

Cada classe de cobertura foi dividida, ao acaso, em oito pontos de coleta. Em cada ponto foram coletadas três repetições, nas seguintes profundidades: 0-2,5; 2,5-7,5; 7,5-20; 20-40; 40-100 e 100-150 cm. Utilizando-se cilindros de Kopecky (100 cm³) para amostragem de 0 até 7,5 cm) e trado tipo "holandês" para as demais profundidades. As amostras de solos foram homogeneizadas, destorroadas, seco ao ar na sombra (25°C), passado em peneira de 2 mm de e sub-metidas à análises químicas - carbono orgânico do solo (COS).

As propriedades físicas avaliadas foram: A granulometria pelo método da pipeta empregando-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico e agitação por 16 horas, utilizando o agitador de Wagner, sendo a fração areia (2-0,053 mm) separada por meio de tamisagem e densidade do solo (Ds), pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1997).

O teor de carbono orgânico do solo (Corg) foi avaliado pelo método da oxidação por via úmida (Walkley & Black, 1934) e determinado via colorimétrico.

O teor de matéria orgânica do solo foi calculado pela seguinte expressão (RAIJ et al., 1987): MO = C.1,724 (2) em que MO é o teor de matéria orgânica (g dm⁻³) e C é o teor de carbono (g dm⁻³).

O estoque de carbono foi calculado de acordo com a equação $EC = (COS \times Ds \times h) / 10$, em que EC= estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); COS= teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g dm⁻³); Ds= densidade do solo da profundidade amostrada (Kg dm⁻³); e h= espessura da camada considerada (cm). A densidade do solo foi determinada conforme Embrapa (1997).

Os resultados referentes aos estoques de carbono do solo foram analisados através das medidas de estatística descritiva, considerando os parâmetros: média, mediana, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV). Para a distribuição de frequência do estoque de carbono no solo, os dados foram interpretados pela CFSEMG, (1999) para o teor de C no solo nas classes baixo, médio, bom e muito bom. A normalidade dos dados foi verificada a ($p < 0,05$) pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,05$) ao conjunto de dados mostra que o estoque de carbono de todas as áreas avaliadas apresentam distribuição normal (Tabela 1). A proximidade entre os valores de média e mediana sugerem que o conjunto de dados apresenta considerável simetria.

O estoque de carbono foi dependente do tipo de cobertura e profundidade amostrada, no caso da camada mais superficial (0-2,5 cm), onde ocorre a maior deposição de matéria orgânica, verifica-se que os valores médios do estoque de carbono variaram na seguinte ordem decrescente A > C > D > B > E (Tabela 1). Verifica-se que houve uma redução do estoque de carbono da área com capoeira em relação à mata nativa de aproximadamente 50%. De modo geral, Este comportamento foi observado também para as profundidades de 7,5 -20 e 40 -100 cm.

As diferenças entre os valores obtidos para estoque de carbono nas diferentes áreas podem estar associadas à metodologia de estudo, bem como à densidade dos solos encontrados nas diferentes áreas, ou ainda à própria estrutura florestal e profundidades, entre outros.

Com base nos valores médios a área sob mata nativa (A) e sob pastagem (D), foram às que apresentaram maior potencial em estocar carbono, considerando os valores médios observados nas diferentes áreas e profundidades (Tabela 1).

De acordo com Andréa et al. (2004) a pastagem é um sistema promissor em aumentar os estoques de C orgânico do solo, por apresentar variações positivas em relação a mata nativa, em profundidade.

As reduções do estoque de carbono no solo se acentuaram mais nas áreas com plantação de Pau-de-Balsa com preparo do solo (B) e na área com plantação de Pau-de-Balsa sem preparo do solo

(C), sendo observadas principalmente nas profundidades de 0-25; 7,5-20 e 20-40 cm, podendo ser justificadas por se tratar de áreas com diferentes cultivos e uso do solo (Tabela 1). Segundo Viana et al. (2011) o uso do solo consecutivo altera a quantidade de carbono estocado no solo, devido o tipo de uso e manejo do solo.

No caso da pastagem, os valores com médias altas de estoque de carbono no solo em quase todas as profundidades, indica que há possibilidade de acúmulo de carbono em relação à área de floresta natural, a qual é favorecida pelo sistema radicular da (*Brachiaria* sp.). Segundo Reid & Goss, (1980) além de abundante e volumosa, a mesma apresenta contínua renovação e elevado efeito rizosférico. Além disso, a pastagem é considerada eficiente na manutenção do carbono orgânico no solo e, mesmo em situações de cultivo convencional implantado em área previamente ocupada por pastagens, como no caso da área em estudo, pode existir, ainda, uma grande influência da matéria orgânica oriunda das gramíneas, o que ajuda a explicar a maior resistência dessa área em perder carbono orgânico, em comparação com o as outras áreas.

Nas diferentes áreas e profundidades avaliadas, o (ECS) apresentou um elevado coeficiente de variação o que pode ser justificado por se tratar áreas com diferentes condições de uso de acordo com o histórico dessas áreas.

Em relação aos resultados da distribuição de frequência do estoque de carbono orgânico no solo (ECOS) nota-se que as maiores percentagem na classe baixa foram verificadas para as profundidades de 40-100 e 100-150 cm em todas as áreas e maiores porcentagens de classes Médias e Boas nas profundidades de 7,5-20 e 20-40 cm, com exceção da área de capoeira (Tabela 2).

Os maiores valores nesses sistemas podem estar relacionados ao não revolvimento do solo durante longo período, principalmente na mata nativa, o que favoreceu ao acúmulo de material orgânico no solo em detrimento à sua mineralização. De acordo com Andréa et al. (2004) as perdas de carbono no solo pode ser menor na profundidade de 7,5–20 cm, havendo tendência de variação positiva na profundidade de 20–40 cm, por causa da incorporação de resíduos orgânicos e da atenuação das condições que facilitam a decomposição.

Resultados semelhantes ao encontrado nesta pesquisa quanto ao estoque de carbono no solo na profundidade de 20-40 cm foi observado por Paiva & Faria (2007) onde os autores observaram que o estoque de C na camada de 20-40 cm foi maior que aqueles obtidos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Estes resultados confirmam que o desmatamento e uso do solo têm causado

alterações no estoque de carbono no solo e subsolo em graus variados de acordo com a variabilidade natural de cada ambiente. Isso demonstra a necessidade de adoção de práticas que possam iniciar os processos de recuperação destas áreas, com o intuito de amenizar as perdas de carbono no solo.

CONCLUSÕES

As áreas de mata nativa e de pastagem apresentaram maiores médias de estoque de carbono na profundidade de 40-100 cm, o que pode estar relacionados ao não revolvimento do solo durante longo período, principalmente na mata nativa, o que favoreceu ao acúmulo de material orgânico no solo.

Todas as áreas apresentaram % de classe baixa para o estoque de carbono no solo nas profundidades de 40-100 e 100-150 cm. E com maiores % de classes Médias e Boas nas profundidades de 0-05 e 10-20 cm.

O desmatamento e uso do solo têm causado alterações no estoque de carbono no solo e subsolo em graus variados de acordo com a variabilidade natural de cada ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, e a Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉA, A. F. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.
- BATTLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.137, p.47-58, 2010.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PÍCCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. Soil and Tillage Research, v.103, p.342-349, 2009.
- CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. Soil Tillage, v. 20, p. 271-283, 1991.
- CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aprox. Viçosa, 1999. 359p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

PAVA, A. O.; FARIA, G. E., de., Estoque de carbono do solo sob Cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas. V.1, n.1, p.59-65, 2007.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análise química de solo para fins de fertilidade. Campinas: Fund. Cargill, 1987. 170p.

REID, J.B.; GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of a sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perene*). Journal of the Science of Food and Agriculture, v.31, p.325-328, 1980.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA A.C.S. DA.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo vermelho sob diferentes Sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.2105-2114, 2011.

Tabela 1 Valores médios, mediana, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e Teste de Komolgorov-Smirnov (KS) ($p < 0,05\%$) para os estoques de carbono obtidos em áreas sob diferentes sistemas de cobertura na região central do Amazonas.

Medidas	Áreas avaliadas				
	A	B	C	D	E
ECS (Mg ha⁻¹) em 0-2,5 (cm)					
Média	11,64	8,49	9,93	9,25	5,90
Mediana	11,85	8,03	7,83	8,58	5,07
DP ⁽¹⁾	1,73	0,99	3,70	3,14	1,85
CV ⁽²⁾	14,83	11,76	37,26	34,02	31,35
KS ⁽³⁾	0,18*	0,25*	0,31*	0,20*	0,27*
ECS (Mg ha⁻¹) em 2,5-7,5 (cm)					
Média	14,00	14,39	14,20	14,12	9,20
Mediana	13,69	14,76	13,49	13,83	8,63
DP ⁽¹⁾	3,00	3,15	4,19	2,56	1,14
CV ⁽²⁾	17,83	21,94	29,54	18,15	12,39
KS ⁽³⁾	0,19*	0,13*	0,22*	0,18*	0,29*
ECS (Mg ha⁻¹) em 7,5-20 (cm)					
Média	34,03	32,48	33,05	33,41	25,65
Mediana	33,43	31,84	31,69	33,08	25,46
DP ⁽¹⁾	5,77	6,24	8,51	4,36	4,54
CV ⁽²⁾	16,96	19,22	25,77	13,06	17,69
KS ⁽³⁾	0,17*	0,20*	0,15*	0,15*	0,14*
ECS (Mg ha⁻¹) em 20-40 (cm)					
Média	38,07	28,86	32,47	37,33	33,27
Mediana	38,83	30,38	32,53	36,23	31,76
DP ⁽¹⁾	7,04	8,10	3,57	3,14	3,79
CV ⁽²⁾	18,49	28,09	11,01	8,43	11,13
KS ⁽³⁾	0,17*	0,22*	0,18*	0,21*	0,29*
ECS (Mg ha⁻¹) em 40-100 (cm)					
Média	62,88	50,62	46,24	65,72	34,05
Mediana	57,68	52,75	47,72	67,85	33,60
DP ⁽¹⁾	14,85	4,95	8,88	10,01	2,62
CV ⁽²⁾	23,61	9,77	19,21	15,23	7,69

KS ⁽³⁾	0,20*	0,29*	0,20*	0,24*	0,30*
ECS (Mg ha⁻¹) em 100-150 (cm)					
Média	36,19	29,69	31,66	40,86	30,55
Mediana	35,19	30,72	31,94	40,66	31,34
DP ⁽¹⁾	6,43	5,33	3,01	4,20	2,88
CV ⁽²⁾	17,77	17,97	9,50	10,28	9,42
KS ⁽³⁾	0,22*	0,19*	0,14*	0,15*	0,25*

(A) Mata nativa; (B) plantação de Pau-de-Balsa com preparo do solo com; (C) plantação de Pau-de-Balsa sem preparo do solo; (D) pastagem; (E) capoeira. (1) Desvio padrão; (2) Coeficiente de variação; (3) Teste de Komolgorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Distribuição de frequência do estoque de carbono-ECS (%) obtido em diferentes sistemas de cobertura do solo e profundidade na região central do Amazonas.

Classes	Baixo	Médio	Bom	M. Bom
% de COS ⁽¹⁾	≤ 1,16	1,17-2,32	2,33-4,06	≥ 4,06
ÁREA (A)				
Prof. (cm)				
0,0-2,5	1	1	1	97
2,5-7,5	1	1	48	50
7,5-20	1	1	97	1
20-40	1	1	97	1
40-100	97	1	1	1
100-150	97	1	1	1
ÁREA (B)				
0,0-2,5	1	1	1	97
2,5-7,5	1	1	97	1
7,5-20	1	1	97	1
20-40	1	97	1	1
40-100	97	1	1	1
100-150	97	1	1	1
ÁREA (C)				
0,0-2,5	1	1	1	97
2,5-7,5	1	1	97	1
7,5-20	1	25	73	1
20-40	1	50	48	1
40-100	97	1	1	1
100-150	97	1	1	1
ÁREA (D)				
0,0-2,5	1	1	1	97
2,5-7,5	1	1	97	1
7,5-20	1	1	97	1
20-40	1	97	1	1
40-100	97	1	1	1
100-150	97	1	1	1
ÁREA (E)				
0,0-2,5	1	1	97	1
2,5-7,5	1	48	50	1
7,5-20	11	87	1	1
20-40	88	10	1	1
40-100	97	1	1	1
100-150	97	1	1	1

1. Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999); (A) mata nativa; (B) área com preparo do solo com plantação de Pau-de-Balsa; (C) área sem preparo do solo com plantação de Pau-de-Balsa; (D) pastagem; (E) capoeira.