

CARBONO DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO BIOMA AMAZÔNIA

JÉSSICA H. GOMES¹, ZIGOMAR M. SOUZA², MILTON C. C. CAMPOS³, JOSÉ M.
DA CUNHA⁴, LUIZA G. A. CABRAL⁵, FELIPPE D. APOLINARIO⁶

¹Bióloga, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, j225221dac.unicamp.br

²Eng. Agrônomo, Professor Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

³Eng. Agrônomo, Professor Associado, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB

⁴Físico, Professor Adjunto, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá-AM

⁵Bióloga, Mestranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁶Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: A intensa ação antrópica por meio da agricultura tem prejudicado a qualidade do solo e a sustentabilidade dos ambientes de produção, resultando na redução significativa do armazenamento de carbono, fundamental para estrutura do solo, mitigação das mudanças climáticas e desenvolvimento das plantas. Assim, o estudo teve como objetivo avaliar o teor de carbono orgânico total e o estoque de carbono em diferentes sistemas agroflorestais, pastagem convencional e floresta natural em um Argissolo Vermelho-Amarelo localizado na região sul do Amazonas. A pesquisa apresenta cinco tratamentos distintos: SAF1 - sistema agrossilvicultural com guaraná; SAF2 - sistema silvipastoril com pastagem + teca + andiroba; SAF3 - sistema agrossilvicultural com cupuaçu e açaí; PA - pastagem convencional; e FN - floresta natural. As coletas de solo foram realizadas nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, a partir da abertura de trincheiras, distanciados 10 metros entre si, ao longo de um “transecto” pré-determinado de acordo com as características e disposições de cada área amostral. Os maiores teores de carbono orgânico e estoque de carbono no solo ocorreram nos tratamentos com floresta natural e sistema agrossilvicultural (SAF1).

PALAVRAS-CHAVE: estoque de carbono, sistema silvipastoril, pastagem

SOIL CARBON IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE AMAZON BIOME

ABSTRACT: The intense anthropic action through agriculture has impaired soil quality and the sustainability of production environments, resulting in a significant reduction in the capacity to store carbon, fundamental for soil structure, climate change and plant development. Thus, the study aimed to evaluate the total organic carbon content and carbon stock in different agroforestry systems, conventional pasture and natural forest in a Red-Yellow Argisol located in the southern region of Amazonas. The research presents five distinct treatments: SAF1 - agroforestry system with guarana; SAF2 - silvipastoral system with pasture + teak + andiroba; SAF3 - agroforestry system with cupuaçu and açaí; PA - conventional pasture; and FN - natural forest. Soil collections were carried out in layers of 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m, from the trench opening, 10 meters apart. between themselves, along a pre-determined “transect” according to the characteristics and arrangements of each sampling area. The highest levels of organic carbon and carbon stock in the soil occurred in treatments with natural forest and agroforestry systems (SAF1 and SAF3), not differing from each other.

KEYWORDS: carbon stock, system silvipastoral, pasture

INTRODUÇÃO: Com as interferências e modificações na estrutura natural da floresta Amazônica, principalmente pela conversão dessas áreas de vegetação natural para áreas agrícolas, apresentam problemas como perda de carbono orgânico e desequilíbrio de nutrientes, eliminando de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano por meio da erosão, reduzindo significativamente a produtividade das culturas e capacidade de armazenar carbono no solo, nutrientes e água (FAO e ITPS, 2015). Agricultura sustentável visa fornecer produtos saudáveis, garantir a segurança alimentar e conservar recursos naturais, sem prejudicar o meio ambiente e minimizando os gases de efeito estufa (HABERERN, 1992). A presença de árvores no sistema pode aumentar o teor de nutrientes no solo, por meio da deposição de serrapilheira (JARAMILLO et al., 2013). Portanto, os sistemas agroflorestais apresentam potencial para reduzir a degradação do solo e diminuir a pressão sobre as áreas de florestas, favorecendo o equilíbrio entre o solo, a água, o ar, o microclima, a paisagem, a flora e a fauna, aumentando a resiliência e a capacidade adaptativa dos agroecossistemas e reduzindo a degradação da estrutura do solo (ARÉVALO-GARDINI et al., 2015). A estrutura do solo melhora com o aumento no teor de matéria orgânica aportado (serrapilheira) e pela ação de descompactação das raízes das árvores e da atividade dos microrganismos (NOTARO et al., 2014). Deste modo, o estudo teve como objetivo avaliar o teor de carbono orgânico e o estoque de carbono em diferentes sistemas agroflorestais, pastagem convencional e floresta natural em um Argissolo Vermelho-Amarelo no Bioma Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado nas áreas localizadas na região Sul do Amazonas, nos municípios de Canutama-AM e Humaitá-AM. As áreas de estudo estão situadas na mesma zona climática, segundo Köppen, pertencendo ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade está limitada pelas isoietas de 2.250 e 2.750 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. Foram selecionadas áreas com diferentes sistemas agroflorestais sob Argissolo Vermelho-Amarelo: SAF1 - sistema agrossilvicultural com guaraná em Canutama-AM; SAF2 - sistema silvipastoril com pastagem, teca e andiroba em Humaitá-AM; SAF3 - sistema agrossilvicultural com cupuaçu e açaí em Canutama-AM; PC - área com pastagem convencional em Humaitá-AM; FN - floresta natural em Humaitá-AM. As coletas de solo foram realizadas nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em trincheiras, distantes 10 m, ao longo de um “transecto” pré-determinado. A densidade do solo (D_s), foi determinada conforme estabelecido por Teixeira et al. (2017). O carbono total foi determinado por combustão via seca utilizando o equipamento elementar LECO-CHN 1000 (NELSON; SOMMERS, 1996). Para cada camada de solo, o estoque de carbono (em $Mg\ ha^{-1}$) foi calculado multiplicando a concentração de carbono (em %) pela densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$) e pela espessura da camada (m). Os valores de estoque de carbono foram corrigidos, de acordo com a metodologia proposta por Ellert e Bettany (1995). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em todos os tratamentos os maiores teores de carbono orgânico no solo (CO) foram verificados nas camadas superficiais (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m), sendo que os valores máximos se encontram na camada de 0,00-0,05 m na FN com valor de $30,66\ g\ dm^{-3}$ (Tabela 1). Os maiores teores de carbono orgânico encontrados nas camadas superficiais do solo sob FN se devem ao maior incremento das substâncias orgânicas no ambiente de mata nativa. Na camada superficial de 0,00-0,05 m, o SAF1 com guaraná apresentou valores de CO similares a FN e maiores do que os outros tratamentos. Esses resultados indicam que o SAF1 tem demonstrado capacidade em recuperar o solo em relação ao SAF2 e PA em processo de degradação. Marçal et al. (2022) avaliando o teor de CO do

solo em agroflorestas tropicais, verificaram que os sistemas agroflorestais tropicais desempenham um papel fundamental no armazenamento de CO do solo. Comportamento semelhante foi observado por Arévalo-Gardini et al. (2015) estudando as mudanças nos atributos físicos e químicos do solo em sistemas de manejo agroflorestal naturais e tradicionais melhorados de longo prazo na Amazônia peruana, onde observaram os maiores teores de matéria orgânica na camada superficial de 0,00-0,20 m. Na camada de 0,00-0,05 m, os maiores estoques de carbono (EC) foram observados na FN que não diferiu do SAF1 com guaraná (Tabela 1). Em ecossistemas florestais, a fonte de substâncias orgânicas solúveis é a deposição de resíduos de plantas, que alcança o solo em forma de folhas, galhos e outros fragmentos orgânicos, bem como substâncias orgânicas derivadas da decomposição de raízes (POHLMAN; MCCOLL, 1988). Os maiores valores de EC foram observados nas camadas superficiais. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Kim et al. (2016), que observaram maiores estoques de C e N nas camadas superficiais do solo (até 0,20 m) sob SAFs, em comparação à agricultura convencional. Os autores explicam este incremento, entre outros fatores, devido a maior assimilação de carbono por plantas perenes lenhosas presentes nos SAFs e pelo acúmulo de biomassa como cobertura do solo. O SAF2 não diferiu da área de pastagem em processo de degradação, demonstrando que esse sistema não foi eficiente na manutenção e aumento do EC (Tabela 1). Resultados contrários foram observados por Rowntree et al. (2020), em um sistema de pastejo rotacionado multiespécies, que empilha simbioticamente várias espécies animais (bovinos, ovinos, suínos e aves), avaliando uma série histórica de 20 anos, observaram um incremento médio anual na ordem de 2,29 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e a pastagem não degradada sob solo fértil obteve um incremento médio anual de 0,46 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. Salimon et al. (2007) relatam que em área com a introdução da pastagem, os EC no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação, no entanto, o estoque deve aumentar nos anos seguintes, até atingir valores próximos ou superiores aos existentes antes da implantação.

TABELA 1. Teor de carbono orgânico no solo e estoque de carbono nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, em áreas com diferentes usos e manejos no sul do Amazonas.

Camada (m)	-----Tratamentos-----					CV (%)	Pr>Fc
	SAF1	SAF2	SAF3	PA	FN		
Carbono orgânico (g dm⁻³)							
0,00-0,05	28,54 a	15,46 b	21,26 b	20,17 b	30,66 a	42,98 %	0,00048**
0,05-0,10	15,62 ab	11,56 c	12,13 c	15,45 b	18,39 a	26,98 %	0,00006**
0,10-0,20	13,89 a	7,88 c	11,53 b	13,56 ab	12,52 ab	25,45 %	0,00001**
0,20-0,40	12,05 a	7,30 d	9,64 c	11,63 ab	10,33 bc	19,72 %	0,00000**
Estoque de carbono orgânico corrigido (Mg ha⁻¹)							
0,00-0,05	16,13 a	8,74 b	12,01 b	11,39 b	17,33 a	42,98 %	0,00048**
0,05-0,10	8,75 b	6,47 c	6,57 c	8,65 b	10,30 a	26,3 %	0,00002**
0,10-0,20	15,43 a	8,74 c	12,79 b	15,05 ab	13,89 ab	25,45 %	0,00001**
0,20-0,40	26,98 a	16,35 d	21,59 c	26,05 ab	23,14 bc	19,73 %	0,00000**

SAF1 = sistema agrossilvicultural com guaraná; SAF2 = sistema silvipastoril com pastagem + teca + andiroba; SAF3 = sistema agrossilvicultural com cupuaçu + açai; PA = pastagem convencional; FN = floresta natural; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo; ** e * = significantes no nível de probabilidade P < 0,01 e P < 0,05, respectivamente, pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES: Os maiores teores de carbono orgânico e estoque de carbono no solo ocorreram nos tratamentos com floresta natural e no sistema agrossilvicultural com guaraná (SAF1), este último contribuindo para a recuperação do solo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2020/08931-7), pelo apoio financeiro e aos proprietários das áreas de pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- ARÉVALO-GARDINI, E.; CANTO, M.; ALEGRE, J.; LOLI, O.; JULCA, A.; BALIGAR, V. Changes in soil physical and chemical properties in long term improved natural and traditional agroforestry management systems of cacao genotypes in Peruvian Amazon. **Plos One**, v.10, n.8, p.1-29, 2015.
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, n.1, p.529-538, 1995.
- FAO; ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR)** – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy, 2015, 608 p.
- HABERERN, J. A soil health index. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.47, n.1, p.6, 1992.
- JARAMILLO, P. M. D.; GUIMARÃES, A. A.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Symbiotic nitrogen-fixing bacterial populations trapped from soils under agroforestry systems in the Western Amazon. **Scientia Agricola**, v.70, n.6, p.397-404, 2013.
- KIM, D. G.; KIRSCHBAUM, M. U. F.; BEEDY, T. L. Carbon sequestration and net emissions of CH₄ and N₂O under agroforestry: Synthesizing available data and suggestions for future studies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.226, p.65-78, 2016.
- MARÇAL, M. F. M.; SOUZA, Z. M.; TAVARES, R. L. M.; FARHATE, C. V. V.; MONTEIRO JÚNIOR, R. E.; LIMA, E. S.; LOVERA, L. H. Potential use of Quartzipsamment under agroforestry and silvopastoral system for large-scale production in Brazil. **Agronomy**, v.12, p.1-15, 2022.
- NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. **Total carbon, organic carbon and organic matter**. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series n° 5. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996. p.963-1010.
- NOTARO, K. A.; MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; SILVA, A. O.; MOURA, P. M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v.71, n.2, p.87-95, 2014.
- POHLMAN, A. A.; MCCOLL, J. G. Soluble organics from forest litter and their role in metal dissolution. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, n.1, p.265-271, 1988.
- ROWNTREE, J. E., STANLEY P. L., MACIEL I. C. F.; THORBECKE, M.; ROSENZWEIG, S. T.; HANCOCK, D. W.; GUZMAN, A.; RAVEN M. R. Ecosystem impacts and productive capacity of a multi-species pastured livestock system. **Frontier in Sustainable Food System**, v.4, p.1-13, 2020.
- SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da formação geológica solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.29-38, 2007.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 573p., 2017.