



## SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM DENDÊ ESTOCAM MAIS CARBONO EM AGREGADOS DO SOLO DO QUE MONOCULTIVO DE DENDÊ

Raimundo Leonardo Lima de Oliveira<sup>1</sup>, Steel Silva Vasconcelos<sup>2</sup>, Mila Façanha Gomes<sup>1</sup>, Débora Cristina Castellani<sup>3</sup>, Osvaldo Ryohei Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA.  
<sup>2</sup>EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, PA.  
<sup>3</sup>NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP.

### Resumo

Os sistemas agroflorestais são considerados sistemas de uso da terra com potencial de melhorar a qualidade do solo e de contribuir na mitigação das mudanças climáticas, por meio do estoque de carbono do solo. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar se sistemas agroflorestais com dendê estocam mais carbono em agregados do solo do que monocultivo de dendê na Amazônia. Coletamos amostras deformadas e indeformadas na camada 0-10 cm do solo, em dois sistemas de uso com dendê (sistema agroflorestal e monocultivo), no município de Tomé Açu, no Estado do Pará, para avaliarmos o estoque de carbono em macro e microagregados do solo. Usamos teste t para testar o efeito dos sistemas sobre as variáveis do solo. Sistemas agroflorestais com dendê estocam mais carbono em macro e microagregados do solo do que o monocultivo. O maior estoque de carbono nos sistemas de uso ocorre na fração macroagregados. Concluímos que o dendê em sistema diversificado possui maior potencial de estocar carbono em agregados do solo do que em monocultivo. Portanto, o cultivo de dendê em sistema diversificado, comparado ao monocultivo, pode ser uma alternativa de agricultura mais sustentável ambientalmente para os agricultores de dendê na Amazônia.

**Palavras-chave:** Amazônia; Atributos físicos; Macroagregados; Sustentabilidade

### INTRODUÇÃO

O Estado do Pará, na Amazônia brasileira, é tradicionalmente o maior produtor de dendê (Sedap, 2021). O cultivo desta oleaginosa de importância mundial é realizado principalmente em sistema de monocultivo na Amazônia. No entanto, o cultivo diversificado de dendê pode representar uma opção mais sustentável à monocultura, porque proporciona maior qualidade do solo, por meio do maior estoque de carbono do solo (Gomes et al., 2021).

Geralmente, o cultivo diversificado de culturas agrícolas tem contribuído para maior prestação de serviços ambientais, por meio da melhoria dos atributos físicos (Polanía-Hincapié et al., 2021) e por estocar mais carbono em agregados do solo do que sistemas de monocultivo (Chen et al., 2017). Como agropecuária e outras formas de uso da terra são uma das principais fontes emissoras de gás carbônico na atmosfera (Ipcc, 2020), os sistemas agroflorestais podem ser uma estratégia importante em tempos de mudanças climáticas.

Os sistemas agroflorestais possuem maior potencial de sequestrar carbono em agregados devido ao maior aporte de serapilheira sobre o solo e a maior diversidade de sistemas radiculares (Chatterjee et al., 2020; Gama Rodrigues et al., 2010). A maior disponibilidade de matéria orgânica pode aumentar a agregação do solo, promovendo inúmeros benefícios, como maior porosidade, infiltração de água e sequestro de carbono no solo (Madari et al., 2005; Wang et al., 2018). O carbono do solo fica protegido fisicamente no interior dos agregados, podendo ser liberado quando o solo sofre distúrbios que rompem os agregados (Hobley et al., 2014; Loss et al., 2015). No entanto, estudos sobre o estoque de carbono em diferentes frações de agregados, em sistemas agroflorestais com dendê em comparação ao monocultivo de dendê, não foram ainda relatados na Amazônia.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar se sistemas agroflorestais com dendê estocam mais carbono em macro e microagregados do solo do que monocultivo de dendê.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em dois sítios experimentais, localizados no município de Tomé-Açu, Estado do Pará, Brasil. O solo das áreas de estudo é caracterizado como Latossolo Amarelo distrófico

(Embrapa, 2018). O estudo foi realizado em plantios de dendê em sistema agroflorestal e monocultivo. O sistema agroflorestal era composto de linhas duplas de dendê (espaçamento de 7,5 m entre linhas e 9,0 m entre plantas) alternadas por faixas de plantio de outras espécies (*Acacia mangium*, *Bixa orellana*, *Cecropia peltata*, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Mangifera indica*, *Piper nigrum*, *Platonia insignis*, *Spondias lutea*, *Swietenia macrophylla*, *Theobroma cacao* e *Theobroma grandiflorum*).

Delimitamos quatro parcelas medindo 30 x 30 m no sistema agroflorestal e no monocultivo para coleta das amostras de solo. As amostras foram coletadas nos sistemas em diferentes zonas de manejo (Gomes et al., 2021; Ramos et al., 2018). Coletamos três amostras simples indeformadas de solo em cilindros volumétricos, duas amostras simples com estrutura preservada na forma de monólitos (10 cm x 10 cm x 10 cm) em trincheiras e cinco amostras simples deformadas, para compor uma amostra composta deformada. Coletamos as amostras nas camadas 0-5 e 5-10 cm do solo; utilizamos a média das camadas para representar a camada 0-10 cm.

Determinamos a estabilidade de agregados por meio do peneiramento via úmida (Yoder, 1936), utilizando um conjunto de sete peneiras de abertura de malha decrescente: 4,0 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,106 mm e 0,053 mm. Após tamisamento via úmida, transferimos as amostras de agregados de cada classe de diâmetro de peneiras para recipientes de alumínio e, em seguida, secamos as amostras em estufa de circulação forçada de ar a 40 °C por 48 h. Determinamos a densidade do solo conforme Embrapa (2017) e o estoque de carbono em macroagregados (agregados de diâmetro igual e superior a 0,25 mm) e microagregados (agregados de diâmetro inferior a 0,25 mm), conforme a seguinte equação (Chatterjee et al., 2020).

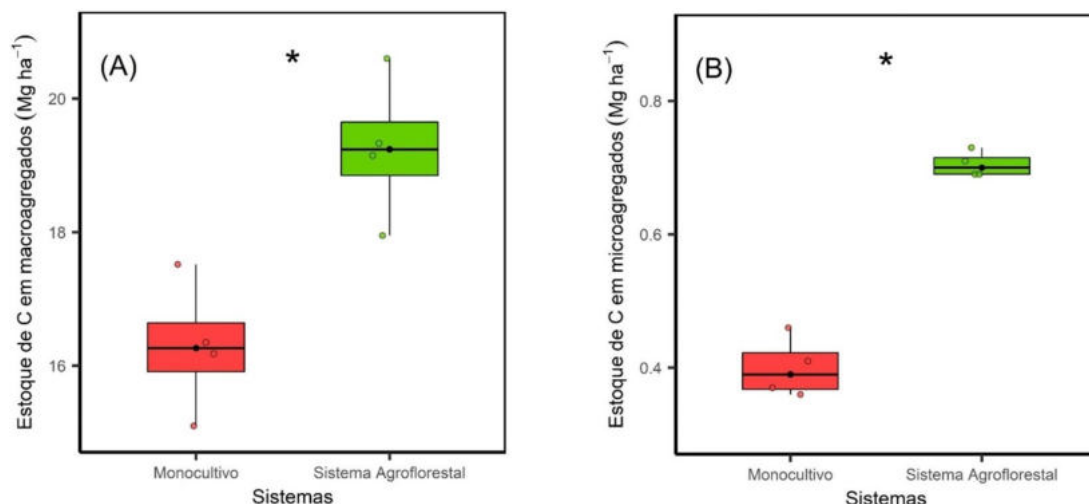
$$\text{Estoque de C} = C \times D_s \times C_{am} \times \text{massa de agregado}$$

Estoque de C: estoque de carbono, em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ; C: teor de carbono, em  $\text{g kg}^{-1}$ ;  $D_s$ : densidade do solo, em  $\text{g cm}^{-3}$ ;  $C_{am}$ : camada do solo, em cm. Massa de macro ou microagregados, em g.

Usamos teste t ( $p \leq 0,05$ ) para testar o efeito dos sistemas sobre as variáveis adotando o delineamento inteiramente casualizados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de carbono em macro e microagregados do solo foi maior estatisticamente no sistema agroflorestal com dendê do que no monocultivo de dendê (Figura 1).



**Figura 1.** Estoque de carbono em macro (A) e microagregados (B) do solo em plantios de dendê em sistema agroflorestal e monocultivo, no Estado do Pará, Brasil.



O maior estoque de carbono em macroagregados do que em microagregados corroboram com outros estudos realizados em sistemas agroflorestais aqui no Brasil e em outras partes do mundo (Chatterjee et al., 2020; Chen et al., 2017; Gama-Rodrigues et al., 2010). O maior estoque de carbono nos macroagregados do solo no sistema agroflorestal provavelmente está relacionado ao maior aporte de serapilheira sobre o solo e à maior diversidade de sistemas radiculares, neste sistema, do que no monocultivo, que aumentam o teor de carbono nos macroagregados (Chatterjee et al., 2020; Gama-Rodrigues et al., 2010). Os sistemas diversificados, no geral, têm maior potencial do que a monocultura de aumentar os teores de matéria orgânica, o que contribui para a formação e a estabilização dos macroagregados e, conseqüentemente, a proteção física do carbono do solo (Loss et al., 2015; Tisdall e Oades, 1982). Os sistemas diversificados promovem aumento do teor de carbono do solo que está associado a maior produção de biomassa (acima e abaixo do solo), o que resulta numa melhor qualidade do solo (Polanía-Hincapié et al., 2021). A ausência de revolvimento do solo no sistema agroflorestal com dendê contribui para aumentar a permanência do carbono no interior dos agregados.

Assim, a diversificação do cultivo, maiores diversidades de sistemas radiculares e o manejo da adubação orgânica podem ter favorecido um maior estoque de carbono no sistema agroflorestal (Figura 1). Vários estudos têm reportado que sistemas agroflorestais sequestram mais carbono em agregados do solo do que monoculturas (Chen et al., 2017; Chen et al., 2020; Gama-Rodrigues et al., 2010), possivelmente por causa do maior aporte de biomassa acima e abaixo do solo que em geral, é maior nos sistemas diversificados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O dendê em sistemas agroflorestais apresenta maior potencial de armazenar carbono em diferentes frações de agregados do solo do que cultivado em monocultivo. Independentemente do sistema de cultivo de dendê, macroagregados armazenam mais carbono do que microagregados.

Portanto, o plantio de dendê em sistema diversificado, comparado ao monocultivo, pode ser uma alternativa de agricultura mais sustentável ambientalmente para os agricultores de dendê na Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- CHATTERJEE, N. *et al.* Depth-wise distribution of soil-carbon stock in aggregate-sized fractions under shaded-perennial agroforestry systems in the Western Ghats of Karnataka, Índia. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 341-358, 2020.
- CHEN, C. *et al.* Effects of rubber-based agroforestry systems on soil aggregation and associated soil organic carbon: Implications for land use. **Geoderma**, v. 299, p. 13-24, 2017.
- CHEN, Y. *et al.* Rotation and organic fertilizers stabilize soil water-stable aggregates and their associated carbon and nitrogen in flue-cured tobacco production. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 192-205, 2020.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, 2017. 573 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, 2018. 356 p.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. *et al.* Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Environmental management**, v. 45, p. 274-283, 2010.
- GOMES, M. F. *et al.* Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. **Land Degradation & Development**, v. 32, p. 4313- 4326, 2021.



HOBLEY, E. *et al.* Stability and storage of soil organic carbon in a heavy-textured Karst soil from south-eastern Australia. **Soil Research**, v. 52, p. 476-482, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Disponível em:. Acesso em: 07 de set. 2021.

LOSS, A. *et al.* Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1212-1224, 2015.

MADARI, B. *et al.* No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 80, p. 185-200, 2005.

POLANÍA-HINCAPIÉ, K. L. *et al.* Soil physical quality responses to silvopastoral implementation in Colombian Amazon. **Geoderma**, v. 386, p. 1-10, 2021.

RAMOS, H. M. N. *et al.* Above-and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry systems**, v. 92, p. 221-237, 2018.

SEDAP. Secretária de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da pesca. Disponível em:. Acesso em: 07 de set. 2021.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

WANG, Y. *et al.* Aggregate stability and associated organic carbon and nitrogen as affected by soil erosion and vegetation rehabilitation on the Loess Plateau. **Catena**, v. 167, p. 257-265, 2018.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Agronomy Journal**, v. 28, p. 337-351, 1936.