



MAGNITUDE DIFERENCIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA LITEIRA EM ECOSISTEMAS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

Luana Rodrigues Vieira^{1*}, Julia Isabella de Matos Rodrigues¹, José Rozendo de Lima Silva¹, Juliana Monteiro Favacho¹, Marcos Alexandre Vieira Nascimento Filho¹, Francisco de Assis Oliveira¹, Walmer Bruno Rocha Martins²

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Belém, Pará - CEP 66077-530.

Autor Correspondente: Julia Isabella de Matos Rodrigues, juliaisabellarodrigues@gmail.com

²Universidade Federal Rural da Amazônia, Travessa Pau Amarelo, s/n, Capitão Poço, Pará – CEP 68650-000.

RESUMO: Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) e os ecossistemas sucessionais de florestas (ESF) são alternativas sustentáveis para mitigar os efeitos negativos da produção agrícola e pecuária desenvolvida em grande escala no município de Marabá, Pará. Quantificar a liteira armazenada no solo e avaliar suas propriedades físicas são técnicas indispensáveis para compreender o funcionamento do ecossistema e, por conseguinte, identificar a necessidade de intervenção. Portanto, o objetivo desse trabalho foi comparar o estoque e a capacidade de retenção hídrica (CRH) da liteira em um sistema agroflorestal e uma floresta secundária no município de Marabá, Amazônia Oriental. Para isso, foram instaladas de modo aleatório 5 parcelas de 100 m² em cada ecossistema, onde foram coletadas 8 amostras de liteira estocada no solo no mês de abril de 2021. Por meio do teste t de Student ($p < 0,05$), constatou-se que o estoque de liteira não diferiu entre os ecossistemas, embora tenha variado de $8,90 \pm 1,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $10,59 \pm 2,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ para SAF e ESF, respectivamente. Ademais, o ESF apresentou a maior CRH da liteira ($161,93 \pm 23,57\%$). A abundância de espécies florestais no SAF avaliado pode justificar a semelhança no estoque, somado à inserção de espécies do gênero *Theobroma*, cuja característica principal é a elevada produção de liteira. Constatou-se ainda que os galhos e troncos podem ser os principais responsáveis pelo aumento da capacidade de retenção hídrica da liteira nos ecossistemas avaliados. Dessa maneira, evidenciou-se o potencial de automanutenção dos sistemas agroflorestais na Amazônia.

PALAVRAS CHAVE: Sistemas agroflorestais; florestas secundárias; estoque de liteira; retenção hídrica da liteira.

DIFFERENTIAL MAGNITUDE OF PHYSICAL PROPERTIES OF LITTER IN FOREST ECOSYSTEMS IN THE AMAZON

ABSTRACT: Agroforestry Systems (AFS) and successional forest ecosystems (SFE) are sustainable alternatives to mitigate the negative effects of agricultural and livestock production developed on a large scale in the municipality of Marabá, Pará. Quantifying the litter stored in the soil and evaluating its physical properties are indispensable techniques for understanding ecosystem functioning and, consequently, identifying the need for intervention. Therefore, the objective of this work was to compare litter stock and water retention capacity (WRC) in an agroforestry system and a secondary forest in the municipality of Marabá, Eastern Amazon. For this, 5 plots of 100 m² were randomly installed in each ecosystem, where 8 samples of litter stored in the soil on April 2021 were collected. Using Student's t test ($p < 0.05$), it was found that litter stock did not differ between ecosystems, although it varied from $8.90 \pm 1.70 \text{ Mg ha}^{-1}$ to $10.59 \pm 2.98 \text{ Mg ha}^{-1}$ for AFS and SFE, respectively. Furthermore, the SFE had the highest WRC of the litter ($161.93 \pm 23.57\%$). The abundance of forest species in the evaluated AFS explain the similarity in the stock, added to the insertion of species of the genus *Theobroma*, whose main characteristic is the high production of litter. It was found that branches and trunks may be the main responsible for increasing the water retention capacity of the litter in the evaluated ecosystems. In this way, the self-maintenance potential of agroforestry systems in the Amazon was evidenced.

KEYWORDS: Agroforestry systems; secondary forests; litter stock; litter water retention.

Aceito para publicação em 10/03/2024

Publicado em 15/04/2024.

INTRODUÇÃO

A riqueza de fauna e flora da Amazônia inclui espécies e recursos indispensáveis para a manutenção e provisão de bens e serviços ecossistêmicos (Vilela et al., 2019). No entanto, o aumento da demanda por recursos naturais e, conseqüentemente, a expansão dos grandes empreendimentos resultam na intensificação das taxas de desmatamento no bioma (Arraes et al., 2012). Os impactos são ainda mais intensos no estado do Pará, devido aos grandes empreendimentos de mineração, pecuária e agricultura instalados. O município de Marabá no estado paraense é o 3º maior produtor de cabeças de gado do Brasil (IBGE, 2020), o que contribui para o crescimento e desenvolvimento regional.

Apesar dos aspectos econômicos positivos, os impactos ambientais gerados por essas atividades englobam, principalmente, a redução da biodiversidade, perda de nutrientes do solo, erosão, interrupção de ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, e a intensificação das mudanças climáticas (Martins et al., 2017). A substituição de florestas nativas por ecossistemas sucessionais de floresta (florestas secundárias) também é uma consequência, formando mosaicos de vegetação com diferentes estágios sucessionais (López, 2022). Embora essa conversão resulte em prejuízos para a biodiversidade e para o equilíbrio das funções ecossistêmicas, a manutenção destes ecossistemas vem desempenhando um importante papel frente a mitigação das mudanças climáticas, tendo em vista seu rápido crescimento e, por conseguinte, a elevada demanda por carbono (Jones et al., 2019; Rosa e Marques, 2022).

Somado às florestas sucessionais, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) destacam-se neste cenário, pois a associação de espécies florestais com cultivos agrícolas contribui para a recuperação das características funcionais do ecossistema e gera emprego e renda para o produtor (Farias et al., 2022). Uma característica comum a ambos os ecossistemas é a possibilidade de automanutenção por meio da ciclagem de nutrientes, processo este que é direcionado pela decomposição da liteira, a qual é constituída pelo material de origem vegetal e animal estocado sobre o piso florestal (Hillman e Golding, 1981; Longhi et al., 2011). Além disso, contribui para uma maior retenção hídrica, que por sua vez, auxilia na umidade do solo, favorecendo a atividade

microbiana e a germinação de sementes (Camara et al., 2019; Reyes et al., 2019). Todavia, fatores como a diversidade florística e o estágio sucessional podem influenciar tanto o estoque quanto a capacidade de retenção hídrica da liteira (Santos et al., 2017; Silva et al., 2018), evidenciando a necessidade de intensificar as pesquisas sobre o tema na Amazônia.

Sendo assim, elaboramos a seguinte questão científica: Qual a magnitude diferencial do estoque e capacidade de retenção hídrica da liteira entre um ecossistema sucessional de floresta e um sistema agroflorestal, ambos localizados no município de Marabá, na Amazônia Oriental? Com a hipótese de que se o ecossistema sucessional de floresta dispõe de uma maior diversidade de espécies, logo no sistema agroflorestal haverá menor estoque e capacidade de retenção hídrica da liteira. Portanto, o objetivo desse trabalho foi comparar o estoque e a capacidade de retenção hídrica da liteira de um sistema agroflorestal com uma floresta secundária na Amazônia Oriental.

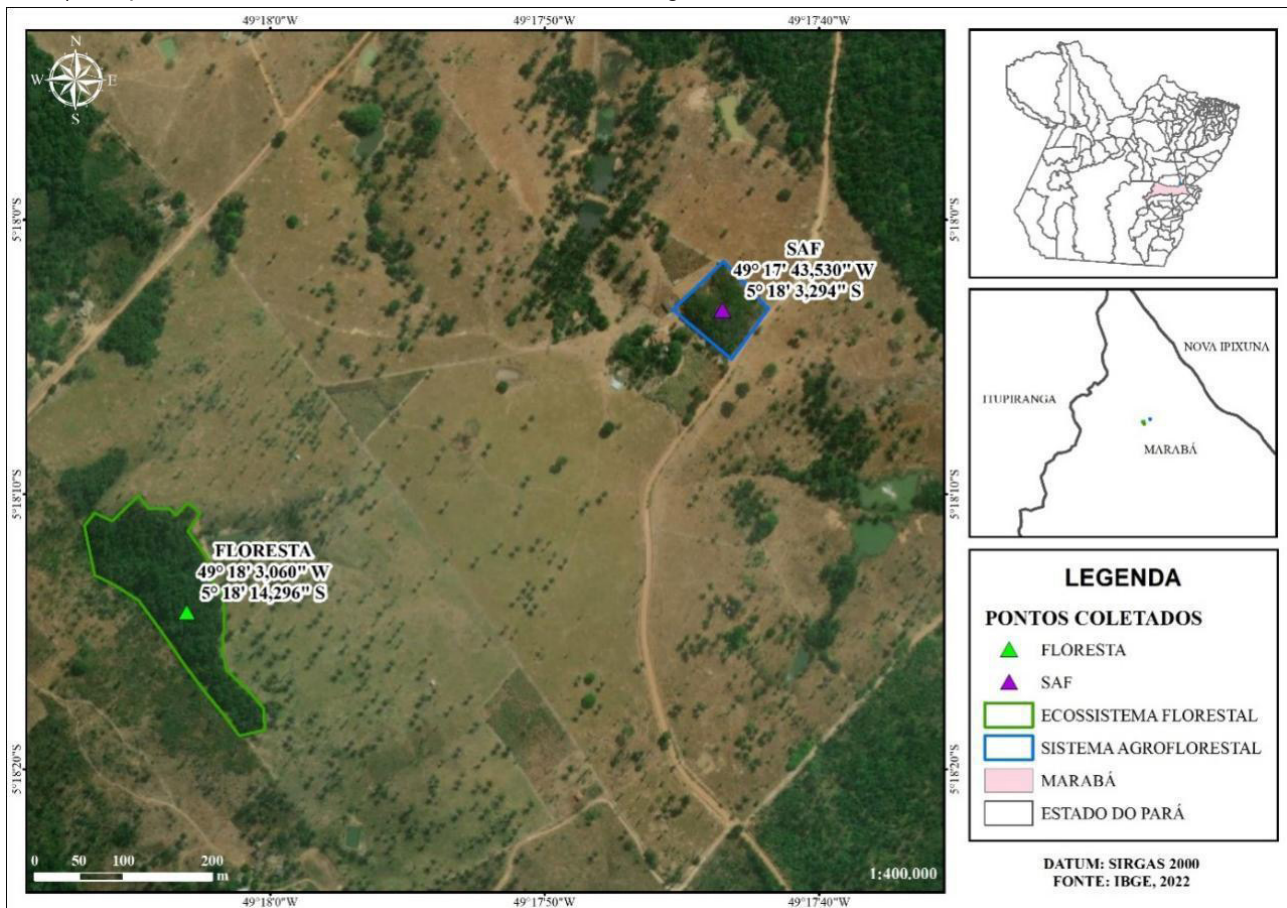
MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma propriedade privada no município de Marabá – Pará (5°18'03.3"S, 49°17'43.5"W) (Fig. 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima do município é tropical semiúmido do tipo Aw (Alvares et al., 2013). A temperatura média anual é de 26,0 °C, com volume médio de precipitação elevado, próximo aos 2.200 mm anuais, sendo os meses mais chuvosos, março (421 mm) e fevereiro (405 mm), enquanto os meses menos chuvosos correspondem aos meses de agosto e julho, com média mensal de apenas 15 mm e 24 mm, respectivamente (Ramos et al., 2009). A umidade relativa do ar é elevada durante todo o ano, com médias entre 75% a 90%.

As unidades geomorfológicas desenvolveram-se, predominantemente, sobre os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras (Sedimentos arenosos com níveis conglomeráticos, processos de laterização e superfícies de aplainamento) (Felipe, 2012). A pedologia no município é composta por um sistema de Latossolo, Cambissolo e Gleissolo (Reis et al., 2007). Atualmente, a região compõe florestas primárias densas (>100 anos), fragmentos de florestas em estágios sucessionais, agroecossistemas e áreas de pastagem.

Figura 1. Sistema Agroflorestal (SAF, 5° 21' S 49° 09' W) e Ecosistema sucessional de floresta (ESF, 5° 21' S 49° 09' W) nos planaltos interfluviais do médio rio Tocantins, região de Marabá, Pará.



Ecosistemas de estudo

a) Sistema agroflorestal (SAF)

O SAF tem uma área de 5.066,26 m² e foi implantado há cerca de 10 anos, onde a adubação pré-plantio foi feita com aproximadamente 100g de calcário e esterco de gado na cova. Para o plantio, quatorze espécies foram selecionadas de acordo com a necessidade do produtor e plantadas de maneira aleatória (sem espaçamento padrão), sendo elas: castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham.), jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f.), jenipapo (*Genipa americana* L.), mangueira (*Mangifera indica* L.), tamarindo (*Tamarindus indica* L.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.), embaúba (*Cecropia* sp.), paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum. Mart.).

b) Ecosistema sucessional de floresta (ESF)

Ecosistema alterado pela agricultura e

posteriormente pela pecuária, onde após o abandono não houve interferência humana. Atualmente, tem idade aproximada de 30 anos e ocupa uma área de 19.786,44 m², sem floresta adjacente nas proximidades.

Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde 5 parcelas de 10 m x 10 m (100 m²) foram distribuídas de maneira aleatória em cada ecossistema. No interior de cada parcela, 8 coletas de serapilheira foram realizadas de maneira aleatória, totalizando 40 pseudo-repetições por ecossistema.

a) Procedimentos de campo

Coletamos as amostras com o auxílio de um coletor de madeira 0,25 m x 0,25 m (0,0625 m²), onde retiramos e armazenamos em sacos plásticos devidamente identificados toda a liteira amostrada (Fig. 2). As coletas foram realizadas no mês de abril do ano de 2021 e posteriormente, as amostras foram levadas para Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas (LABECOS) localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Figura 2. Procedimentos de avaliação do estoque de liteira e avaliação da capacidade de retenção hídrica de ecossistemas florestais no município de Marabá-PA, Amazônia Oriental, seguindo as etapas de coleta (A), triagem manual em laboratório (B-C), submersão das amostras em água (D), secagem e pesagem de massa seca (E-F).



b) Procedimentos laboratoriais

Em laboratório, inicialmente realizamos a triagem das amostras em duas frações: lenhosa (galhos, sementes e material mais enrijecidos) e não lenhosa (folhas e material menos enrijecidos) com o intuito de sabermos o percentual de contribuição de cada uma para os ecossistemas. Posteriormente determinamos a capacidade de retenção hídrica (CRH) da liteira, onde distribuimos cada fração de uma amostra em bandeja plástica e adicionamos água até que cobrisse todo o material, ficando neste estado por cerca de 90 minutos. Em seguida, retiramos a água e deixamos as bandejas inclinadas a 45° por 30 minutos, para escoamento do líquido. Após esse tempo, pesamos as amostras em balança de precisão de 0,01 g para obtenção da massa úmida e, em seguida, levamos as amostras à estufa a uma temperatura de 65 °C por 48 h para determinação da massa seca e, conseqüentemente estoque de liteira. Com os valores de massa úmida e massa seca calculamos a CRH (Eq. 1) e também transformamos as variáveis para o Sistema Internacional de Unidades (SI), que é megagramas por hectare (Eq. 2).

$$CRH (\%) = \frac{(MU-MS)}{MS} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: CHR = Capacidade de Retenção Hídrica (%); MU = Massa úmida após submersão em água (g); MS = Massa seca (g).

$$E = \left(\frac{MS}{1000000} \right) / A \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: E = Estoque de liteira (Mg ha⁻¹); MS = massa seca (g); A = Área do coletor (ha).

Análise de dados

Submetemos as variáveis de estoque e CRH a normalidade e homoscedasticidade de variância utilizando os testes de Shapiro-Wilk ($p \geq 0,05$) e Bartlett ($p \geq 0,05$), respectivamente. Atendidos a estes pressupostos, comparamos os valores médios entre os ecossistemas e entre as frações por meio do teste t de Student ($p \leq 0,05$) para o teste de hipóteses. Realizamos todas as análises estatísticas e plotagem gráfica por meio do Software estatístico R, versão 4.0.5 (R Development Core Team, 2021).

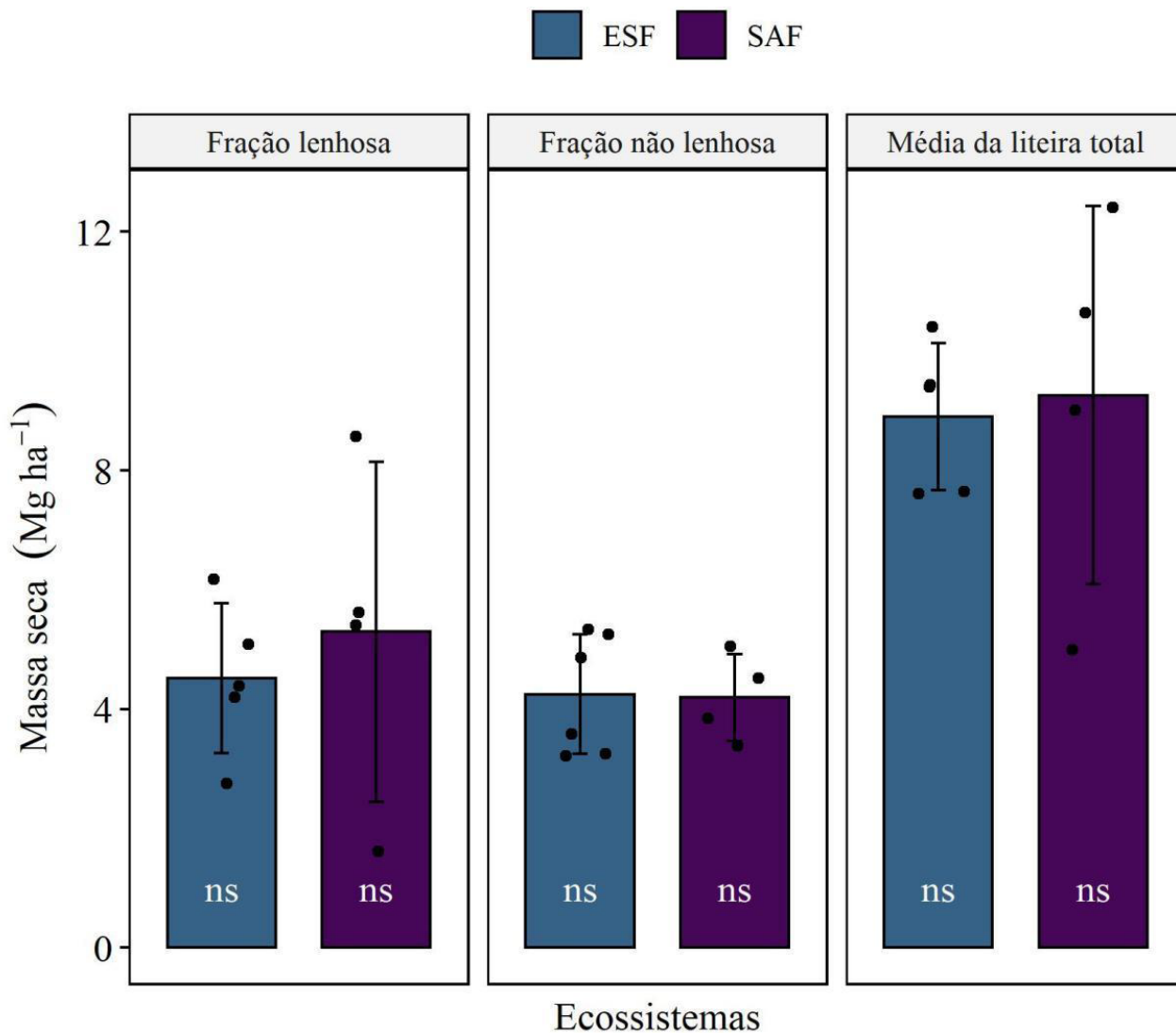
RESULTADOS

Estoque de liteira

O estoque médio da liteira variou de $8,90 \pm 1,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $10,59 \pm 2,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ para SAF e ESF, respectivamente. Na fração lenhosa, as médias foram de $4,52 \pm 1,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $6,52 \pm 3,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ para ESF e SAF, nesta ordem. Na fração não lenhosa, as médias

variaram entre $4,07 \pm 0,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $4,38 \pm 0,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ para SAF e ESF, respectivamente. No entanto, não houve diferença estatística tanto para o total quanto para as frações da liteira estocada (Fig. 3). Tanto no SAF (61,54%) quando no ESF (50,76%), a fração lenhosa foi a que mais contribuiu para o peso seco total da liteira.

Figura 3. Média \pm sd do estoque de liteira em dois ecossistemas florestais localizados no município de Marabá - PA, Amazônia Oriental, sendo um ecossistema sucessional de floresta (ESF) e um sistema agroflorestal (SAF). ns = indica que não houve diferença significativa entre as médias de acordo com o teste t de Student ($p < 0,05$).

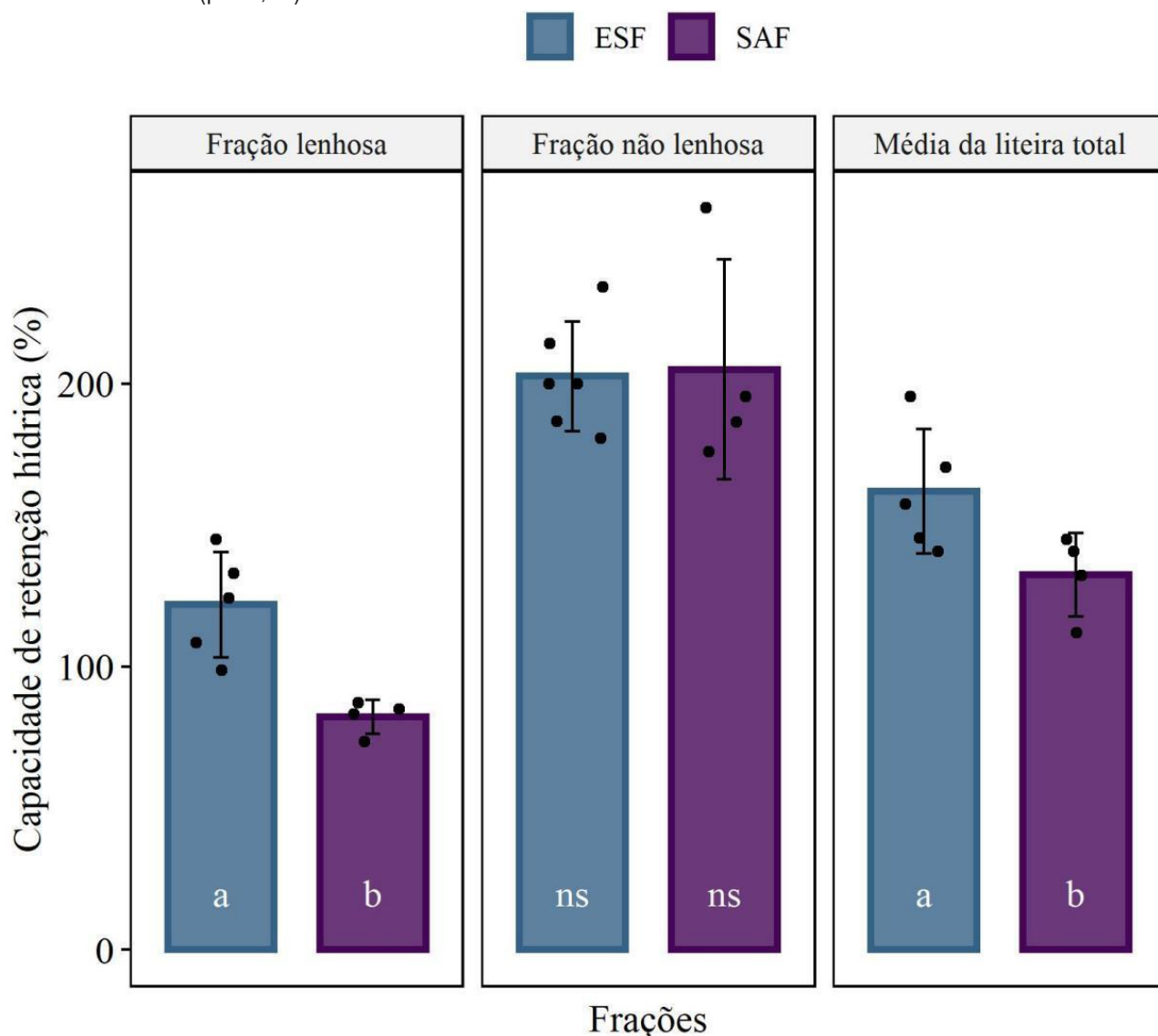


Capacidade de retenção hídrica

Os valores médios para capacidade de retenção hídrica (CRH) total da liteira variaram de $132,02 \pm 10,12\%$ a $161,93 \pm 23,57\%$ para SAF e ESF respectivamente. Para a fração lenhosa, a média foi de $82,02 \pm 9,42\%$ para SAF e $121,88 \pm 34,83\%$ para ESF, enquanto que na fração não lenhosa, as médias ficaram entre $203,09 \pm 26,05\%$ e $203,96 \pm 85,04\%$ para SAF e

ESF, nesta ordem. No entanto, as médias das frações lenhosa e o total diferiram estatisticamente, visto que a capacidade de retenção hídrica da fração lenhosa foi estatisticamente maior ($p < 0,05$) para o ESF ($121,88 \pm 34,83\%$) do que para o SAF ($82,02 \pm 9,42\%$). Já as médias para a fração não lenhosa não apresentaram diferença estatística (Fig. 4).

Figura 4. Média \pm sd da capacidade de retenção hídrica em dois ecossistemas florestais localizados no município de Marabá - PA, Amazônia Oriental, sendo um ecossistema sucessional de floresta (ESF) e um sistema agroflorestal (SAF). ns = indica que não houve diferença significativa entre as médias de acordo com o teste t de Student ($p < 0,05$).



DISCUSSÃO

Por meio do teste t de Student ($p < 0,05$) não aceitamos a hipótese de que o estoque e a capacidade de retenção hídrica da liteira seriam menores no SAF, pois neste caso, a diferença estatística foi observada apenas para a capacidade de retenção hídrica, respondendo a questão inicial de estudo. De maneira geral, sistemas agroflorestais apresentam maior quantidade de liteira estocada no solo (Tabela 1), possivelmente, devido à menor umidade do solo e, conseqüentemente, menor ação da fauna edáfica. Neste estudo, os valores médios de liteira estocada no SAF estudado não diferiu do ESF, além de serem maiores do que os encontrados em outros ecossistemas amazônicos (Correia et al., 2016; Martins

et al., 2021; Pimentel et al., 2021). Isso responde à questão inicial, evidenciando que não há magnitude diferencial para o estoque de liteira nos ecossistemas, embora variáveis como diversidade de espécies e tempo de sucessão possam interferir (Carvalho et al., 2019; Queiroz et al., 2019; Rani et al., 2016) covered by vegetation exhibiting a great diversity of species, which have morphological and physiological characteristics determined by environmental conditions. These attributes define quantity and quality litterfall deposition on the soil. The litterfall deposition seasonality was monitored a fragment of Caatinga vegetation, located in the semiarid region of Brazil, from 2016 to 2017. The decomposition rate, mean residence time for litterfall (50 and 95%.

Tabela 1. Estoque médio de liteira em ecossistemas de Sistemas Agroflorestais e Florestas secundárias na Amazônia.

Ecossistema	Município	Estado	Estoque (Mg ha ⁻¹)	Fonte
Sistema Agroflorestal	Aurora do Pará	PA	8,19	Silva et al., 2011
	Nova Califórnia	AC	8,71	McGrath et al., 2000
	Manaus	AM	6,75	Tapia-Coral et al., 2005
	Belterra	PA	10,2	Pimentel et al., 2021
	Uruará	PA	3,18	Silva et al., 2018
Floresta Secundária	Manaus	AM	4,07	Martius et al., 2004
	Belém	PA	5,9	Oliveira, 2005
	Uruará	PA	4,12	Silva et al., 2018

O fato da coleta ter sido realizada no período mais chuvoso pode justificar esse resultado devido ao encharcamento e, conseqüentemente, maior abscisão de galhos (Almeida et al. 2015). Na Amazônia, as intensas e frequentes chuvas acompanhadas de rajadas de vento também são fatores determinantes para o maior fluxo e, conseqüentemente, maior estoque de liteira (Martins et al., 2018). Somado a isso, os resultados observados podem estar relacionados à composição florística (Zhang et al., 2014; Godinho et al. 2014; Caldeira et al., 2020), visto que no SAF estudado o predomínio de espécies florestais possivelmente resultou na semelhança com a floresta secundária avaliada.

Acreditamos ainda que a inserção de espécies do gênero *Theobroma* (*T. cacao* e *T. grandiflorum*) no SAF, provavelmente aumentou o fluxo de liteira, contribuindo para o estoque elevado. Além dos benefícios para a ciclagem de nutrientes, os SAFs que dispõem de espécies deste gênero, sobretudo *T. cacao*, tendem a uma maior abundância de macrofauna (Suárez et al., 2021). Por outro lado, os efeitos alelopáticos de *B. excelsa* (Lima et al., 2018) podem ter inibido a ação da entomofauna edáfica e, por conseguinte, interferido na CRH. Isso porque a degradação da liteira reduz as partículas, aumentando a superfície de contato e a porosidade, permitindo a maior absorção de água (Xia et al., 2019).

Ainda para a CRH, apesar de constataros semelhança entre os ecossistemas para a fração lenhosa, o estoque médio no ESF foi superior ao SAF, assim como para a fração não lenhosa. Sendo assim, constatamos que os galhos e troncos podem ser os principais responsáveis pelo aumento da capacidade de retenção hídrica da liteira nos ecossistemas amazônicos. Uma possível explicação está relacionada à elevada umidade em ecossistemas florestais,

favorecendo a reprodução de fungos saprofitos, os quais são os principais responsáveis pela decomposição de galhos e troncos na Amazônia (Monteiro et al, 2019).

Dessa maneira, a semelhança no estoque de serapilheira constatada neste trabalho evidencia o potencial de automanutenção dos sistemas agroflorestais, dependendo das espécies inseridas. Inferimos também que a composição da liteira influencia a capacidade de retenção hídrica nos ecossistemas florestais, a qual pode ser regulada pela quantidade de troncos estocada.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Adão Alvez Filho e Sra. Maria do Socorro de Almeida por ceder a propriedade para a realização desta pesquisa. Ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas, pelo apoio logístico e estrutural para o processamento das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, E. J.; Luizão, F.; Rodrigues, D. J. Litterfall production in intact and selectively logged forests in southern of Amazonia as a function of basal area of vegetation and plant density. *Acta Amazonica*, **2015**, 45, 157-166.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes Gonçalves, J. L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **2013**, 22, 711–728.
- Arraes, R. De A. E; Mariano, F. Z.; Simonassi, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, **2012**, 50, 119–140.

- Caldeira, M. V. W.; Sperandio, H. V.; Godinho, T. O.; Klippel, V. H.; Delarmelina, W. M.; Gonçalves, E. O.; Trazzi, P. A. Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica. *Advances in Forestry Science*, **2020**, 7, 961–971.
- Camara, R.; Silva, V. D.; Correia, M. E. F.; Villela, D. M. Impacto da remoção de serapilheira sobre a comunidade de artrópodes edáficos em plantios abandonados de *Corymbia citriodora*. *Ciência Florestal*, **2019**, 29, 14-26.
- Carvalho, H. C. De S.; Ferreira, J. L. S.; Calil, F. N.; Silva-Neto, C. D. M. E. Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado em Goiás, Brasil. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal – ENFLO*, **2019**, 7, 01-11.
- Correia, G. G. S.; Martins, S. V.; Miranda Neto, A.; Silva, K. A. Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em floresta atlântica de tabuleiro no sudeste brasileiro. *Revista Arvore*, **2016**, 40, 13–20.
- Farias, L. F.; Soares, J. P. G.; Moura, D. A. Manejo sustentável da produção orgânica em sistemas agroflorestais (SAFs) na agricultura familiar. *COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional*, **2022**, 19, 292–309.
- Felipe, L. B. Geologia, geomorfologia e morfotectônica da região de Marabá - PA. 156 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro. **2012**.
- Godinho, T. O.; Caldeira, M. V. W.; Rocha, J. H. T.; Caliman, J. P.; Trazzi, P. A. Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. *Cerne*, **2014**, 20, 11-20.
- Hillman, G. R.; Golding, D. L. Forest floor characteristics of marmot and streeter experimental watersheds, Alberta. Canadian Forestry Service, Edmonton, Alberta, Canadá. **1981**, 21.
- IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal **2020**. URL (<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/pesquisa/18/16459?localidade1=15&localidade2=0&indicador=16533&tipo=ranking>)(10 de março de 2022).
- Jones, I. L.; Dewalt, S.J.; Lopez, O. R.; Bunnefeld, L.; Pattison, Z.; Dent, D. H. Above- and belowground carbon stocks are decoupled in secondary tropical forests and are positively related to forest age and soil nutrients respectively. *Science of the Total Environment*, **2019**, 697, 1-10.
- Lima, L. W.; Pilin-Smiths, E. A. H.; Sachiavon, M. Mechanisms of selenium hyperaccumulation in plants: A survey of molecular, biochemical and ecological cues. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)*, **2018**, 1862, 2343- 2354.
- Longhi, R. V.; Longhi, S. J.; Chami, L. B.; Watzlawick, L. F.; Ebling, A. A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. *Ciência Florestal*, **2011**, 21, 699–710.
- López, S. Deforestation, forest degradation, and land use dynamics in the Northeastern Ecuadorian Amazon. *Applied Geography*, **2022**, 145, 1-15.
- Martins, A. P. F.; Erto, R. S.; Lima, J. R. Oliveira, E. Estudo de impactos ambientais na comunidade quilombola Serra Feia -Cacimbas, PB. ACSA, Patos-PB. **2017**, 13, 121-129.
- Martins, W. B. R.; Ferreira, G. C.; Souza, F. P.; Dionísio, L. F. S.; Oliveira, F. A. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. *Floresta*, **2018**, 48, 37–48.
- Martius, C.; Höfer, H.; Garcia, M. V. B.; Römbke, J.; Hanagarth, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **2004**, 68, 137-154.
- McGrath, D. A.; Comeford, N. B.; Duryea, M. L. Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in an Amazonian agroforest. *Forest Ecology and Management*, **2000**, 131, 167-181.

- Monteiro, J. S.; Sarmiento, P. S. M.; Sotão, H. M. P. Saprobic conidial fungi associated with palm leaf litter in Eastern Amazon, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **2019**, 91, 1-19.
- Oliveira, F. A. Biogeoquímica comparativa de ecossistemas de floresta sucessional e virola surinamensis na região dos tabuleiros costeiros do estuário guajarinó, amazônia oriental, Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará-UFGPA, Belém, Pará. **2005**, 183.
- Pimentel, C. R.; Pauletto, D.; Rêbello, A. G. De M.; Silva, A. F. Da; Peleja, V. L.; Palomino, E. C. Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira em três sistemas agroflorestais no Oeste do Pará. *Advances in Forestry Science*, **2021**, 8, 1291–1300.
- Queiroz, M. G. De; Silva, T. G. F. Da; Zolnier, S.; Souza, C. A. A. De; Souza, L. S. B. De; Neto, S.; Araújo, G. G. L. De; Ferreira, W. P. M. Seasonal patterns of deposition litterfall in a seasonal dry tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, **2019**, 279, 1-16.
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria. **2021**.
- Ramos, A. M.; Santos, L. A.; Fortes, L. T. G. (Ed.). Normas climatológicas do Brasil, 1961-1990. **2009**.
- Rani, V.; Sreelekshmi, S.; Preethy, C. M.; Bijoyandan, S. Phenology and litterfall dynamics structuring Ecosystem productivity in a tropical mangrove stand on South West coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, **2016**, 8, 400–407.
- Reis, M. S.; Fernandes, A. R.; Grimaldi, C.; Sarrazin, M.; Grimaldi, M. Variação da composição granulométrica e orgânica do solo em uma topossequência da microrregião de Marabá-PA. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **2007**, 2, 33-44.
- Rosa, C. M.; Marques, M. C. M. How are biodiversity and carbon stock recovered during tropical forest restoration? Supporting the ecological paradigms and political context involved. *Journal for Nature Conservation*, **2022**, 65, p. 1-9.
- Santos, A. F. A.; Carneiro, A. C. P.; Martinez, D. T.; Caldeira, S. F. Capacidade de Retenção Hídrica do Armazenamento de Serapilheira de Eucalipto. *Floresta e Ambiente*, **2017**, 24, 9.
- Silva, A. K. L.; Vasconcelos, S. S.; Carvalho, C. J. R.; Cordeiro, I. M. C. C. Litter dynamics and fine root production in Schizolobium parahyba var. amazonicum plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. *Plant and Soil*, **2011**, 347, 377-386.
- Silva, K.; Martins, S. V.; Neto, A. M.; Lopes, A. T. Litter stock in a forest in process of restoration after bauxite mining. *Rodriguesia*, **2018**, 69, 853–861.
- Silva, W. B.; Périco, E.; Dalzochio, M. S.; Santos, M.; Cajaiba, R. L. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, **2018**, 429, 189-197.
- Suárez, L. R.; Salazar, J. C. S.; Casanoves, F.; Bieng, M. A. N. Cacao agroforestry systems improve soil fertility: Comparison of soil properties between forest, cacao agroforestry systems, and pasture in the Colombian Amazon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **2021**, 314, 1-15.
- Tapia-Coral, S. C.; Luizão, F. J.; Wandelli, E.; Fernandes, E. C. M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. *Agroforestry Systems*, **2005**, 65, 33-42.
- Vilela, E. F.; Callegaro, G. M.; Fernandes, G. W. Biomass E Agricultura. Oportunidades e Desafios. – Rio de Janeiro: *Vertente edições*, **2019**, 304.
- Xia, L.; Song, X.; Fu, N.; Cui, S.; Li, L.; Li, H.; Li, Y. Effects of forest litter cover on hydrological response of hillslopes in the Loess Plateau of China. *CATENA*, **2019**, 181, 1-11.
- Zhang, H.; Yuan, W.; Dong, W.; Liu, S. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. *Ecological Complexity*, **2014**, 20, 240-247.