









Sazonalidade dos elementos do clima e sua influência na serapilheira em uma floresta sucessional na Amazônia oriental

Seasonality of climate elements and their influence on litter in a successional forest in eastern Amazon

Juliana Cristina Machado-Lima¹  • Vanda Maria Sales de Andrade²  • Valéria Pereira Braz-Homci³ 
 • Beatriz Cordeiro-Costa⁴  • Patrícia Mie Suzuki⁴  • Wanessa Lisandra de Amorim e Souza⁴ 
 • Mario Lima dos Santos⁵  • Francisco de Assis-Oliveira⁶ 

Recibido: 1/6/2020

Aceptado: 1/2/2021

Publicado: 29/7/2021

Abstract

The production and decomposition of litter is important in the functioning and dynamic of a forest ecosystem, associating climatological variables to biomass. With that, the litter stock was investigated due to the seasonality of the climate in a successional forest in eastern Amazon. The study was conducted in a successional forest, in the metropolitan region of Belém (RMB), Pará. In the ecosystem, a random sampling was performed in three transects located along the perpendicular of the 50m border line. The analysis of the effect of the seasonality of the elements of the climate on the litter physical properties (volume, thickness, density and dry mass) and carbon content were carried out using the t Student test and ANOVA of the F test at 5 % significance level. Precipitation (495.2 ± 125 mm and 109.8 ± 60 mm) and relative humidity (89.0 ± 1.7 % and 79.6 ± 2.8 %) showed a statistical difference in seasonality ($p < 0.05$), different from the temperature (27.1 ± 0.2 °C and 27.6 ± 0.3 °C), there was no difference. The litter variables were not influenced by the seasonality of the elements of the climate and did not differ statistically between the rainy and less rainy periods, respectively: amount of accumulated litter (16.46 ± 4.17 Mg.ha⁻¹ and 13.91 ± 7.61 Mg.ha⁻¹), litter carbon stock (7.9 ± 2.0 Mg.ha⁻¹ and 6.6 ± 3.61 Mg.ha⁻¹), volume (26.21 ± 0.92 cm³ and 24.88 ± 0.92 cm³), thickness (4.19 ± 0.92 cm and 3.99 ± 0.95 cm) and density (0.041 ± 0.92 g/cm³ and 0.034 ± 0.92 g/cm³). The seasonality of the elements of the climate did not show considerable variation to the point of altering the litter physical properties and carbon content.

Key words: Climatology, density, phyton mass, precipitation, temperature.

1. Engenheira Agrônoma, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; Brasília-DF; jmachado.agro@gmail.com

2. Pós doutora, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém-PA, Brasil; vandaandrade.ufra@gmail.com

3. Pós Doutora, Departamento Hospitalar de Câncer, Hospital Ophir Loyola; Belém-PA, Brasil; valeriabrazhomci@gmail.com

4. Estudantes de Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém-PA, Brasil; biacordeirocosta@gmail.com; miesuzuki.p@gmail.com; wanessa.amorim10@gmail.com

5. Engenheiro Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; Brasília-DF; mariolimaeng@gmail.com

6 Professor, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia; Belém-PA, Brasil; fdeassis@gmail.com

Resumo

A produção e decomposição da serapilheira é importante no funcionamento e na dinâmica de um ecossistema florestal, associando variáveis climatológicas à biomassa. Com isso, investigou-se o estoque de serapilheira em função da sazonalidade dos elementos do clima em uma floresta sucessional na Amazônia oriental. O estudo foi conduzido em uma floresta sucessional, na Região Metropolitana de Belém (RMB), Pará. No ecossistema foi realizada uma amostragem aleatória em três transectos alocados ao longo da perpendicular da linha de borda de 50 m. A análise do efeito da sazonalidade dos elementos do clima nas propriedades físicas (volume, espessura, densidade e massa seca) e no carbono da serapilheira foram realizadas utilizando o teste t student e ANOVA do teste F a 5 % de significância. A precipitação ($495,2 \pm 125$ mm e $109,8 \pm 60$ mm) e a umidade relativa do ar ($89,0 \pm 1,7$ % e $79,6 \pm 2,8$ %) apresentaram diferença estatística na sazonalidade ($p < 0,05$), diferente da temperatura ($27,1 \pm 0,2$ °C e $27,6 \pm 0,3$ °C) que não houve diferença. As variáveis da serapilheira não foram influenciadas pela sazonalidade dos elementos do clima e não diferiram estatisticamente entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, respectivamente: quantidade de serapilheira acumulada ($16,46 \pm 4,17$ Mg ha⁻¹ e $13,91 \pm 7,61$ Mg ha⁻¹), estoque de carbono da serapilheira ($7,9 \pm 2,0$ Mg ha⁻¹ e $6,6 \pm 3,61$ Mg ha⁻¹), volume ($26,21 \pm 0,92$ cm³ e $24,88 \pm 0,92$ cm³), espessura ($4,19 \pm 0,92$ cm e $3,99 \pm 0,95$ cm) e densidade ($0,041 \pm 0,92$ g/cm³ e $0,034 \pm 0,92$ g/cm³). A sazonalidade dos elementos do clima não apresentou variação considerável a ponto de alterar as propriedades físicas e o carbono da serapilheira.

Palavras-chave: Climatologia, densidade, fitomassa, precipitação, temperatura.

Introdução

A Amazônia é o maior bioma brasileiro com uma área de 4,2 milhões de km², que abrange cerca da metade do território nacional e possui a maior floresta tropical do mundo. O bioma apresenta uma grande biodiversidade e uma quantidade de carbono significativa estocado [38], [33]. Nas florestas tropicais da Amazônia, em diferentes estágios sucessionais representam aproximadamente 30 % de sua área total, sendo importantes sumidouros de carbono (C) devido ao rápido acúmulo de biomassa ao longo do tempo [31]. Apesar da grande importância deste ecossistema, no nordeste do estado do Pará, 90% da cobertura florestal original foi transformada em floresta secundária pelo desmatamento para abertura de fronteiras agrícolas e da pecuária extensiva [42].

A floresta em sucessão consiste na vegetação arbórea e arbustiva que se desenvolve por meio da regeneração natural, após um distúrbio (natural ou antrópico), alterando a composição e dinâmica das comunidades. Devido à grande redução da área de florestas primárias nos trópicos, as florestas em sucessão exercem um papel fundamental na conservação da biodiversidade [44], [45]. A manutenção da produtividade desses ecossistemas está diretamente relacionada à eficiência dos processos de ciclagem de nutrientes, pois a maior parte desses é absorvida pelos vegetais e retornam ao solo através da deposição e posterior decomposição do material orgânico senescente, responsável pela entrada de carbono orgânico no solo [14], [25], [23], [24]. Esse material é denominado serapilheira ou serapilheira [21]. A formação da camada de biomassa depende da taxa de decomposição deste material, pode variar em função da espécie, idade, estágio sucessional, época de coleta, condições edafoclimáticas, entre outros [11], [15]. Esse acúmulo de serapilheira desempenha um papel fundamental no crescimento das plantas, pois disponibiliza nutrientes e matéria orgânica que influencia as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo [40], [18].

Para entender o funcionamento e a dinâmica de uma floresta em estágio sucessional inicial, médio ou avançado, é indispensável estudar a produção e decomposição da serapilheira; associando variáveis climáticas a matriz biogeoquímica, principalmente temperatura e precipitação, é possível estudar o comportamento das florestas sob estresse hídrico [27], [28], [16], [46], [37]. A quantidade total de serapilheira produzida e sua velocidade de decomposição estão relacionadas ao déficit hídrico no ambiente, precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ar, latitude [20], [35], [37], [47], [49].

Entendemos que a condição do ambiente através do tempo e dos elementos do clima podem modificar o acúmulo de matéria orgânica em florestas tropicais. Desta forma, elabora-se a seguinte hipótese: A sazonalidade dos elementos do clima pode influenciar a deposição de serapilheira, promovendo maior acúmulo de biomassa sobre o solo no período chuvoso.

Portanto, objetivamos avaliar o estoque de serapilheira em função da sazonalidade dos elementos do clima em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Material e métodos

O estudo foi conduzido em uma floresta sucessional pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia

(UFRA) localizada na região metropolitana de Belém (RMB) (1°27'5,79"S; 48°26'21,52"W) (Figura 1).

O clima da região caracterizar-se como quente e úmido com classificação Afii segundo Köppen Geiger, com duas estações bem definidas, uma chuvosa que ocorre de dezembro a maio e outra com menor precipitação pluviométrica no período de junho a novembro [3]. A precipitação total anual, conforme normal climatológica é de 2.834 mm com maiores índices pluviométricos nos meses de janeiro a abril. A região apresenta temperatura anual média de 26 °C, variando entre 22,3 °C e 31,4 °C. O solo da região é classificado como Latossolo Amarelo e a vegetação é florestal tropical pluvial [3]. A florestal sucessional da região, apresenta predominância de espécies como *Tapirira guianensis* Aubl; *Jacaranda copaia* (Aubl) D. Don; *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr; *Euterpe oleracea* Mart e *Ocotea fasciculada* (Nees) Mez [52].

No ecossistema foi realizada uma amostragem aleatória em três transectos alocados ao longo da perpendicular da linha de borda de 50 m, afim de minimizar o efeito bordadura, em uma área de aproximadamente 2500 m². A coleta da serapilheira em campo ocorreu nos meses de março (período chuvoso) e setembro (período menos chuvoso) do ano de 2017, com intervalo de 6 meses entre as coletas. A amostragem da biomassa (serapilheira) foi realizada em áreas sem intervenções de mecanização, drenagem imperfeita, clareiras e depressões.

Nas amostras coletadas, foram descartados materiais como: rochas, raízes e material lenhoso (>5 cm de diâmetro), com objetivo de reduzir superestimativa dos resultados [13]. A coleta foi realizada com um amostrador

metálico de 25 x 25 cm, 8 cm de altura, perfazendo 5000 cm³ de volume que permite proceder o corte do material orgânico da serapilheira até a superfície do solo [7]; [9]; [17]. Com isso, foram retiradas 10 amostras aleatórias de serapilheira por transecto, totalizando 30 unidades, sendo o material coletado armazenado em sacos plásticos (Figura 2).

O material coletado foi transferido para sacos de papel e colocados para secar em estufa com temperatura de 65 °C até o peso constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança analítica de precisão 0,01 g para a quantificação da massa seca. A partir da área do amostrador foi determinada a quantidade de fitomassa deposicional (AFD) (Equação 1). Esse atributo foi determinado com base na coleta de 30 amostras pela equação abaixo [19], sendo posteriormente o valor da massa seca (g m⁻²) transformado em Mg.ha⁻¹.

$$AFD = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{M_s}{S} \right)}{n} \quad (1)$$

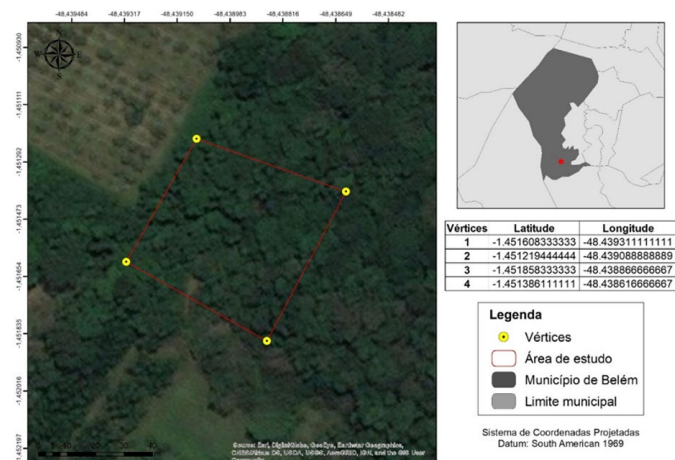


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 1. Location map of the study area in a successional forest in the eastern Amazonia.



Figura 2. Procedimentos de coleta da serapilheira: A) Alocação do coletor de ferro; B) Medição da espessura da serapilheira com régua e lápis; C) Corte do material com a utilização de faca; D) Retirada e armazenamento da serapilheira em saco plástico, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 2. Litter collection procedures: A) Allocation of the iron collector; B) Measuring the thickness of the litter with a ruler and pencil; C) Cutting the material using a knife; D) Removal and storage of the litter in a plastic bag, in a successional forest in the eastern Amazon.

Em que: AFD= armazenamento médio de fitomassa deposicional (Mg/ha); Ms= massa seca (Mg); S= área do coletor (ha); e n= número de amostras da subpopulação.

A densidade global da serapilheira foi determinada a partir de resultados de massa seca (g) e do volume da amostra (cm³) (Equação 2).

$$\sigma = \frac{Msl}{V} \quad (2)$$

Em que: p= densidade global (g cm⁻³); Msl= massa seca da serapilheira (g); e V= volume (cm³) do coletor.

A espessura da serapilheira foi determinada utilizando-se a altura do amostrador, com 4 avaliações por amostra, totalizando 120 por área, considerando 30 amostras no ecossistema [19] (Equação 3).

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n Li}{n} \quad (3)$$

Em que: e= estimativa da espessura (cm) da serapilheira; Li= leitura da espessura em cada lado do amostrado (cm); e n= número de leituras por subparcelas.

O volume da serapilheira (m³) foi determinado levando em consideração a área do amostrador (625 cm²) e a espessura média do material no interior do gabarito metálico. O teor de carbono total (Mg ha⁻¹) foi estimado de acordo com Amaral et al. [2], considerando que 48 % do peso da biomassa seca é carbono.

Os elementos do clima: temperatura (C°), precipitação (mm) e umidade relativa do ar (U%), foram obtidos pela estação OMM-82191 de Belém do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [22].

Para a formulação dos gráficos utilizamos o Software SigmaPlot versão 13.0. Para o teste de normalidade dos resíduos foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, a 95 % de probabilidade, e o teste de

homogeneidade de Levene; a hipótese foi testada no programa SPSS (2002) para as propriedades físicas e o carbono da serapilheira acumulada (ANOVA, teste F, a 95 % de probabilidade), complementando a análise da sazonalidade dos elementos do clima (teste t student, a 95 % de probabilidade).

Resultados y discusión

Através da análise da sazonalidade dos elementos do clima, verifica-se que houve diferença estatística na precipitação pluviométrica ($F_{5\%}=2,205$; g.l=4; p=0,009) e na umidade relativa do ar ($F_{5\%}=0,143$; g.l=4; p=0,004), comparando o período chuvoso e menos chuvoso. O mesmo não foi observado para a temperatura, que não diferiu estatisticamente ($F_{5\%}=0,818$; g.l=4; p=0,118) entre os dois períodos, mantendo-se na média de 27° C (Tabela 1).

A temperatura na estação chuvosa é considerada atípica, apresentando-se 1 °C acima da média histórica de 26 °C. Tal fato pode ser justificado pelo El Niño forte que ocorreu em 2015 [29], pois segundo Silva [39], este fenômeno pode ter influenciado na variação dos elementos do clima até dois anos após sua ocorrência.

Nos anos de 2015, 2016 e 2017, na estação chuvosa, a precipitação manteve-se acima das normais climatológicas com acréscimo de 38 %, todavia na estação menos chuvosa a precipitação manteve-se abaixo das normais climatológicas com decréscimo de 58 % (Figura 3).

No mês de março de 2017 a precipitação registrada foi acima das normais climatológicas, evidenciando a presença do La Niña fraco neste ano [29], e a temperatura de 27,1 °C neste mês foi influenciada pelo El Niño forte que ocorreu em 2015. Portanto, os fenômenos El Niño e La Niña influenciam consideravelmente as flutuações anuais dos elementos do clima, e isso pode ser observado nos últimos três anos.

Tabela 1. Elementos do clima com seus respectivos desvios padrão, nos períodos de menor e maior precipitação pluviométrica na Região Metropolitana de Belém.

Table 1. Weather elements, with their respective standard deviations, in the rainy and less rainy period in the Metropolitan Region of Belém.

| Elementos do clima | Estação Chuvosa | Estação Menos chuvosa |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|
| Precipitação (mm) | 495,2 a ± 125,0 | 109,8 b ± 60,0 |
| Temperatura do ar (°C) | 27,1 a ± 0,2 | 27,6 a ± 0,3 |
| Umidade Relativa do ar (%) | 89,0 a ± 1,7 | 79,6 b ± 2,8 |

Em que: Letras iguais indicam não haver diferença estatística pelo teste t student (p>0,05).

Where: Equal letters show no statistical difference by the student t test (p>0,05).

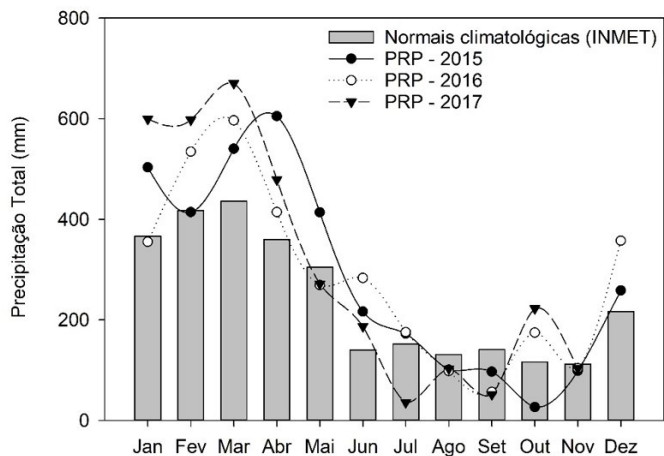


Figura 3. Normais climatológicas (mm) e precipitação-PRP (mm) dos anos de 2015, 2016 e 2017 na região metropolitana de Belém.

Figure 3. Climatological norms (mm) and precipitation-PRP (mm) for the years 2015, 2016 and 2017 in the metropolitan region of Belém.

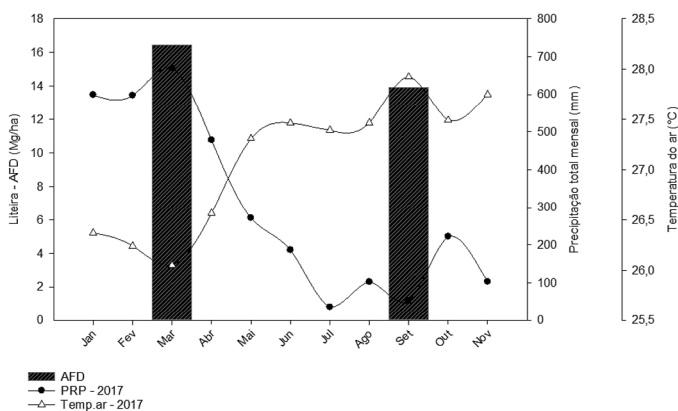


Figura 4. Serapilheira acumulada nos períodos de maior e menor precipitação pluviométrica em função da precipitação total mensal e da temperatura do ar, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 4. Accumulated litter in periods of higher and lower rainfall in function of total monthly precipitation and air temperature, in a successional forest in the eastern Amazon.

A quantidade de serapilheira acumulada na estação chuvosa ($16,46 \pm 4,17 \text{ Mg ha}^{-1}$) é maior em relação a estação menos chuvosa ($13,91 \pm 7,61 \text{ Mg ha}^{-1}$), porém, não diferem estatisticamente entre si ($F_{5\%}=2,594$; $g.l=1$; $p=0,113$), mesmo com a variação significativa da precipitação (Figura 4).

A quantidade semelhante de serapilheira acumulada no período chuvoso e menos chuvoso pode ser explicada pela temperatura que não variou significativamente entre os períodos, pois segundo Schlesinger [36], Medina et

al. [26] e Pires et al. [32] a temperatura é o elemento do clima que possui maior influência sobre a decomposição da biomassa, e isso favoreceu o similar acúmulo de serapilheira nos períodos estudados.

Alguns estudos também realizados na Amazônia apresentam quantidades semelhantes de serapilheira, encontradas por Araújo [4] em Belém-PA ($17,85 \text{ Mg.ha}^{-1}$), por Martins [49] em Paragominas-PA ($11,83 \text{ Mg.ha}^{-1}$), por Almeida et al. [50] no Sul da Amazônia Mato Grosso ($13,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$). Entretanto, em outras regiões do Brasil foram encontrados quantidades de serapilheira, como por Balbinot et al. [5] em Cambará-RS ($17,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$), por Caldeira et al. [10] em Alegre, ES ($14,5 \text{ Mg.ha}^{-1}$), e por Caldeira et al. [8] em Butiá-RS ($13,47 \text{ Mg.ha}^{-1}$). Quantidades de serapilheira também podem ser identificadas em outros trabalhos descritos na Tabela 2.

O carbono na serapilheira acumulada no período chuvoso ($7,9 \pm 2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$), não diferiu estatisticamente ($F_{5\%}=2,594$; $g.l=1$; $p=0,113$) ao período menos chuvoso ($6,6 \pm 3,61 \text{ Mg ha}^{-1}$), demonstrando que a sazonalidade não influenciou o carbono acumulado, mesmo com a variação significativa da precipitação e a baixa variação da temperatura entre os períodos (Figura 5).

A baixa variação da temperatura causa deposição similar da biomassa entre os períodos, não promovendo diferenças no acúmulo de serapilheira e consequentemente um semelhante estoque de carbono nos meses de março e setembro no ano de 2017. Assim como, outros estudos na Amazônia que identificaram o teor de carbono na serapilheira descritos por Almeida e Souza [1] em um ecossistema sucessional em Apeú-PA ($5,22 \text{ Mg ha}^{-1}$) e por Freitas [51] em Esperantina-TO ($4,29 \text{ Mg ha}^{-1}$). Entretanto, em outras regiões do Brasil, em ecossistemas diferenciados, foram encontrados quantidades de carbono na serapilheira por Watzlawick et al. [43] em uma floresta ombrófila mista no Paraná ($6,07 \text{ Mg.ha}^{-1}$), e por Balbinot et al. [5] em Cambará-RS ($7,7 \text{ Mg.ha}^{-1}$).

O volume de serapilheira acumulada no período chuvoso ($26,21 \pm 0,92 \text{ m}^3$) não difere estatisticamente do período menos chuvoso ($24,88 \pm 0,92 \text{ m}^3$) ($F_{5\%}=0,772$; $g.l=1$; $p=0,383$). A espessura da serapilheira acumulada no período chuvoso ($4,19 \pm 0,92 \text{ cm}$) não difere estatisticamente da espessura no período menos chuvoso ($3,99 \pm 0,95 \text{ cm}$) ($F_{5\%}=0,710$; $g.l=1$; $p=0,403$) (Figura 6).

Valores similares de volume e espessura da serapilheira entre os períodos, são justificadas pela baixa variação da temperatura, onde a camada da serapilheira sobre o solo depende da velocidade de decomposição, além da atividade dos decompositores, da temperatura do ambiente [41], da composição da serapilheira e umidade

Tabela 2. Serapilheira acumulada em diferentes ecossistemas e regiões do Brasil.

Table 2. Accumulated litter in different ecosystems and regions in Brazil.

| Local | Ano | Vegetação | Quantidade (Mg.ha ⁻¹) |
|---------------------|------|-----------------------------|-----------------------------------|
| América do Sul | 1997 | Florestas tropicais | 16,50 |
| Rondônia – RO | 2006 | Agroecossistema | 14,61 |
| Rondônia – RO | 2006 | Vegetação Natural | 16,28 |
| Rio de Janeiro – RJ | 2004 | <i>Eucalyptus urophylla</i> | 12,75 |

Fonte: O’Connell e Sankaran [30]; Corrêa et al. [12]; Balieiro et al. [6] (Adaptado pelos autores).

Source: O’Connell e Sankaran (1997) [30]; Corrêa et al. [12]; Balieiro et al. [6] (Adapted by the authors).

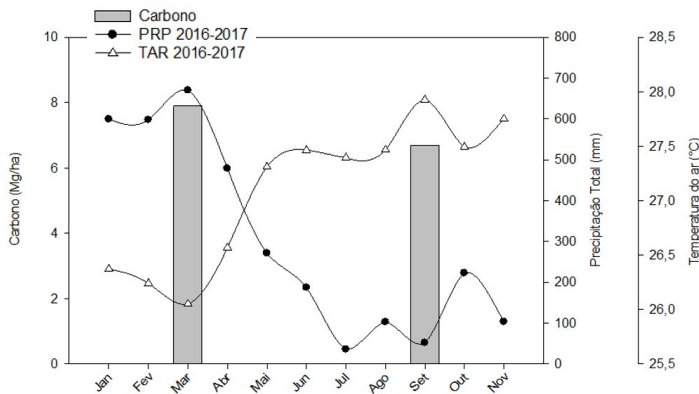


Figura 5. Estoque de carbono da serapilheira acumulada no período chuvoso em função da precipitação total mensal e da temperatura do ar, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 5. Litter carbon stock accumulated in the rainy season as a function of total monthly precipitation and air temperature, in a successional forest in the eastern Amazon.

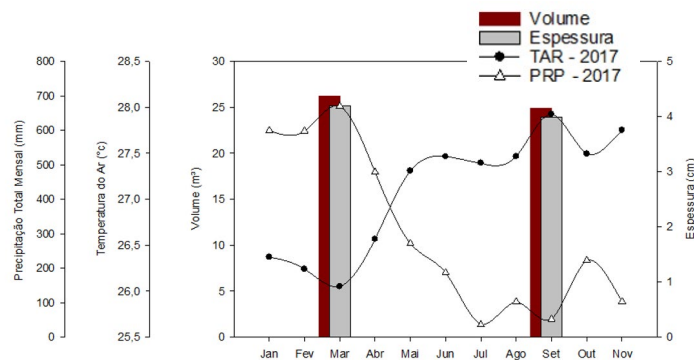


Figura 6. Volume e espessura da serapilheira acumulada no período chuvosos e menos chuvoso em função da precipitação total mensal e da temperatura do ar, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 6. Volume and thickness of the accumulated litter in the rainy and less rainy periods as a function of the total monthly temperature and the air temperature, in a successional forest in the eastern Amazon.

relativa do ar (%). Resultados semelhantes de espessura são descritos por Almeida e Souza [1] em um ecossistema sucessional em Apeú-PA (3,18 cm).

A densidade da serapilheira no período chuvoso ($0,04 \pm 0,92 \text{ g cm}^{-3}$) não difere estatisticamente do período menos chuvoso ($0,034 \pm 0,92 \text{ g cm}^{-3}$) ($F_{5\%}=3,739$; $g.l=1$; $p=0,058$) (Figura 7).

Não foi observada diferença estatística entre as propriedades físicas da serapilheira e o estoque de carbono da biomassa (Tabela 3) levando em consideração a variação sazonal dos períodos, e essa condição vivenciada exige a avaliação de outras variáveis do ambiente.

A variação significativa da precipitação e da umidade relativa do ar não foram suficientes para provocar alterações consideráveis da biomassa entre os períodos, não aceitando a hipótese proposta no presente estudo. O acúmulo semelhante de serapilheira entre os períodos indica a grande influência da temperatura, pois a mesma manteve-se na média de 27°C nos meses de coleta; isso favoreceu o similar estoque da biomassa nos períodos estudados, demonstrando que a quantidade de serapilheira acumulada possui alta sensibilidade em relação a temperatura do ambiente.

Conclusões

O aumento no volume de chuva influenciou a precipitação e a umidade relativa do ar sazonalmente. Porém, não foi suficiente para alterar as propriedades físicas e o estoque de carbono da serapilheira acumulada no ecossistema sucessional.

A temperatura do ar foi semelhante entre os períodos estudados, devido a influência do fenômeno El Niño,

Tabela 3. Propriedades físicas (volume, espessura, densidade e massa seca) e de carbono da serapilheira acumulada na estação chuvosa e menos chuvosa, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Table 3. Physical properties (volume, thickness, density and dry mass) and carbon of the litter accumulated in the rainy and less rainy season, in a successional forest in the eastern Amazon.

| Variáveis | Estação Chuvosa | Estação Menos chuvosa |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Volume (m ³) | 26,21 a ± 0,92 | 24,88 a ± 0,92 |
| Espessura (cm) | 4,19 a ± 0,92 | 3,99 a ± 0,95 |
| Densidade (g cm ⁻³) | 0,04 a ± 0,92 | 0,03 a ± 0,92 |
| Massa Seca (Mg ha ⁻¹) | 16,45 a ± 4,17 | 13,90 a ± 7,61 |
| Carbono (Mg ha ⁻¹) | 7,90 a ± 2,00 | 6,60 a ± 3,61 |

Em que: Letras iguais mostram não haver diferença estatística pela ANOVA ($p>0,05$).

Which: Equal letters show no statistical difference by ANOVA ($p>0,05$).

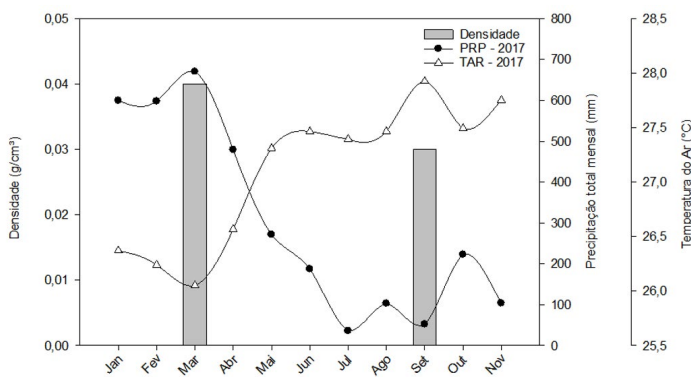


Figura 7. Densidade da serapilheira acumulada no período chuvoso e menos chuvoso em função da precipitação total mensal e da temperatura do ar, em uma floresta sucessional na Amazônia oriental.

Figure 7. Litter density accumulated in the rainy and less rainy season as a function of total monthly precipitation and air temperature, in a successional forest in the eastern Amazon.

o que promoveu similar estoque de serapilheira nos meses de coleta, e não apresentou uma deposição considerável a ponto de alterar as propriedades físicas e o carbono desta.

Referências

[1] R. S. de Almeida and L. F. A. de Souza, "Propriedades físicas e químicas da serapilheira em ecossistemas florestais sucessionais da Amazônia Oriental", unpublished, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2016.

[2] S. S. Amaral, J. A. Júnior Carvalho, M. A. M. Costa, T. G. Soares Neto and J. C. Dos Santos, "Combustão de material lignocelulósico em queimada florestal: método indireto para determinação das emissões de CO e CO₂", In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal-RN, 2016, pp. 9578-9588.

[3] V. M. S. de Andrade, I. M. C. C. Cordeiro, G. Schwartz, L. G. T. R. Vasconcelos, and F. de A. Oliveira, Considerações sobre clima e aspectos edafoclimáticos da mesorregião nordeste paraense. Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA, 2017, p. 323.

[4] N. N. A. Araújo, "Capacidade de retenção hídrica, estoque e macronutrientes (N, P, K) da serapilheira em ecossistemas sucessionais nos tabuleiros costeiros da Amazônia Oriental", M.S. Tese, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2017.

[5] R. Balbinot, M. V. Schumacher, L. F. Waltzlawick, and C. R. Sanquetta, "Inventário do carbono orgânico em um plantio de Pinus taeda aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul", RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais, vol. 5, no. 1, pp. 59-68, Mar. 2003.

[6] F. C. Balieiro, A. A. Franco, M. G. Pereira, E.F.C. Campello, L. E. Dias, S.M. Faria, and B.J.R. Alves, "Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de Pseudosamanea guachapele e Eucalyptus grandis.", Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol.39, no.6, pp.597-601, Jun. 2004.

[7] E. J. Brun, M. V. Schumacher, S. Vaccaro, and P. Spathelf, "Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul", Revista Brasileira de Agrometeorologia. no. 9, pp. 277-285, Aug. 2001.

[8] M. V. W. Caldeira, M. V. Shumacher, L. R. Barichello, and H. L. M. Vogel, "Determinação de carbono orgânico em povoamentos de Acacia mearnsii De Wild. plantados no Rio Grande do Sul", Revista Acadêmica: Ciência Animal, vol. 1, no. 2, pp. 47-54, Jun. 2003.

[9] M. V. W. Caldeira, M. D. Vitorino, S. S. Schaadt, E. Moraes, and R. Balbinot, "Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa", Semina: Ciências Agrárias, vol. 29, no. 1, pp. 53-68, Mar. 2008.

[10] M. V. W. Caldeira, R. D. Da Silva, S. H. Kunz, J. P. F. Zorzanelli, K. C. Castro, and T. de O. Godinho, "Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais," Revista Comunicata Scientiae, vol. 4, no. 2, pp. 111-119, May.

2013.

- [11] D. C. de Carvalho, M. G. Pereira, L. O. Toledo, C. A. Simon, J. da S. Rodrigues, J. C. F. Fernandes, and E. C. Silva Neto, "Ciclagem de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque", *Revista Floresta*, vol. 47, no. 1, pp. 17-27, Nov. 2017.
- [12] F. L. O. Corrêa, J. D. Ramos, A. C. Gama-Rodrigues, and M. W. Muller, "Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil", *Revista Ciência Agrotecnologia*, vol.30, no.6, pp.1099-1105, Mar. 2006.
- [13] W.W. Covington, "Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in northern hardwood", *Ecology*, vol. 62, no. 1, Feb., pp.41-48, 1981.
- [14] F. V. Cunha Neto, P. S. S. Leles, M. G. Pereira, V. G. H. Bellumath, and J. M. Alonso, "Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais", *Revista Ciência Florestal*, vol. 23, no. 3, pp. 379-387, May. 2013.
- [15] C. Feng, Z. Wang, Y. Ma, S. Fu, and H. Y. H. Chen, "Increased litterfall contributes to carbon and nitrogen accumulation following cessation of anthropogenic disturbances in degraded forests", *Forest Ecology and Management*, vol. 432, pp. 832-839, Jan. 2019.
- [16] M. L. Ferreira, J. L. Silva, E. E. Pereira, and A. P. N. Lamano-Ferreira, "Litter fall production and decomposition in a fragment of secondary atlantic forest of São Paulo, SP, southeastern Brazil", *Revista Árvore*, vol.38, no.4, pp. 591-600, May. 2014.
- [17] T. O. Godinho, "Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES", M.S. tese, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.
- [18] Y. Guo, H. Y. H. Chen, A. U. Mallik, B. Wang, D. Li, W. Xiang, and X. Li, "Predominance of abiotic drivers in the relationship between species diversity and litterfall production in a tropical karst seasonal rainforest", *Forest Ecology and Management*, vol. 449, pp. 117452, Oct. 2019.
- [19] G. R. Hillman and D. L. Goulding, "Forest floor characteristics of Marmot and Streeter experimental watershed," Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Center, Alberta, Edmonton, Information Report, NOR-X-234, 1981.
- [20] K. T. Hu and C. Y. Huang, "A metabolic scaling theory-driven remote sensing approach to map spatiotemporal dynamics of litterfall in a tropical montane cloud forest", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 82, pp. 101896, Oct. 2019.
- [21] J. Inkotte, R. C. C. Martins, F. P. Scardua, and R. S. Pereira, "Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática", *Revista Ciência Florestal*, vol. 29, no. 2, pp. 988-1003, Set. 2019.
- [22] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), "Estações e dados", 2017. [Online]. Available: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. [Accessed: Dez.12, 2017].
- [23] R. Jacoby, M. Peukert, A. Succurro, A. Koprivova, and S. Kopriva, "The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions", *Frontiers Plant Science*, vol. 8, pp. 1617, Set. 2017.
- [24] D. W. Johnson and J. Turner, "Tamm review: Nutrient cycling in forests: A historical look and newer developments", *Forest Ecology and Management*, vol. 444, pp. 344-373, Jul. 2019.
- [25] S. Leimer, Y. Oelmann, N. Eisenhauer, A. Milcu, C. Roscher, S. Scheu, A. Weigl, C. Wirth, and W. Wilcke, "Mechanisms behind plant diversity effects on inorganic and organic N leaching from temperate grassland", *Biogeochemistry*, vol. 131, pp. 339-353, Dec. 2016.
- [26] E. Medina, H. Klinge, and C. Jordan, "Soil respiration in Amazonian rainforests in the Rio Negro Basin", *Flora*, vol. 170, pp. 240-250, 1980.
- [27] N. R. Murovhi, S. A. Materechera, and S. D. Mulugeta, "Seasonal changes in litter fall and its quality from three sub-tropical fruit tree species at Nelspruit, South Africa", *Agroforest System*, vol.86, pp.61-71, Mar. 2012.
- [28] F. P. Nunes and M. T. C. Pinto, "Decomposição do folhedo em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais", *Revista Cerne*, vol.18, no.3, pp.423-431, Feb. 2012.
- [29] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "La Niña se muda para o inverno", 2018. [Online]. Available: <https://www.noaa.gov/news/la-nina-moves-in-for-winter>. [Accessed: Jan. 04, 2018].
- [30] A. M. O'Connell and K. V. Sankaran, Organic matter accretion, decomposition and mineralization, In *Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests*, E. K. S. Namviar and A. G. Brown (Ed.), Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997, pp. 443-480.
- [31] Y. Pan, R. A. Birdsey, J. Fang, R. Houghton, P. E. Kauppi, W. A. Kurz, and D. A. Hayes, "Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests", *Science*, vol. 333, pp.988-993, Aug. 2011.
- [32] L. A. Pires, R. M. D. Britez, G. Martel, and S. N. Pagano, "Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil", *Acta Botânica Brasileira*, vol. 20, no. 1, pp. 173-184, Agus. 2006.
- [33] L. P. Pieniz, "O desmatamento no bioma Amazônia brasileira e sua (possível) relação com a expansão dos cultivos de commodities agrícolas", *Estudos Sociedade e Agricultura*, vol. 24, no. 1, Apr. 2016.
- [34] J. H. T. Rocha, J. L. de M. Gonçalves, A. de V. Ferraz, D. A. Poiati, J. C. Arthur Junior, and A. Hubner, "Growth dynamics and productivity of an Eucalyptus grandis plantation under omission of N, P, K Ca and Mg over two crop rotation", *Forest Ecology and Management*, vol. 447, pp. 158-168, Set.2019.
- [35] W. H. Schlesinger, "Carbon Balance in Terrestrial Detritus", *Annual Review of Ecology and Systematic*, vol. 8, pp 51-81, Nov. 1977.
- [36] C. R. See, R. D. Yanai, and T. J. Fahey, "Shifting N and P concentrations and stoichiometry during autumn litterfall: Implications for ecosystem monitoring", *Ecological Indicators*, vol. 103, pp. 488-492, Aug. 2019.
- [37] IBGE, *Produção Agrícola Municipal 2007/2011*, Ministério do

Planejamento, Orçamento e Gestão. 2013.

- [38] V. P. R. Silva, G. F. Maciel, P. Rolando, M. Joseane, and F. Guedes, "Análise do nível de significância da relação entre El Niño e chuva no Nordeste do Brasil", *Revista de SBMET*, 2000. [Online]. Available: <http://www.cbmet.com/cbm-files/13-bf85eab74a04b75d066b8d9f0bb28fa5.pdf>. [Accessed: Nov. 16, 2017].
- [39] W. B. Da Silva, E. Périco, M. S. Dalzochio, M. Santos, and R. L. Cajaiba, "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*, vol. 429, pp. 189–197, Dec. 2018.
- [40] A. V. Spain, "Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests", *Journal of Ecology*, vol.3, pp.947-961, Nov.1984.
- [41] D. K. Wagner, "Mesos e microrregiões ALMEIDA, S. S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de serapilheira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará", *Revista Acta Amazônica*, vol.39, no.3, pp.573-582, Set. 2009.
- [42] L. F. Watzlawick, M. V. W. Caldeira, M. Vieira, M. V. Schumacher, T. O. Godinho, and R. Balbinot, "Estoque de biomassa e carbono na floresta ombrófila mista montana Paraná", *Scientia Forestalis*, vol.40, no.95, pp.353-362, Set. 2012.
- [43] W.H. Xiang, J. Zhou, S. Ouyang, S. L. Zhang, P. F. Lei, J. X. Li, X. W. Deng, X. Fang, and D. I. Forrester, "Species-specific and general allometric equations for estimating tree biomass components of subtropical forests in southern China", *European Journal of Forest Research*, vol. 135, pp. 963–979, Aug. 2016.
- [44] Y. Zeng, M. Gou, S. Ouyang, L. Chen, X. Fang, L. Zhao, W. Xiang, "The impact of secondary forest restoration on multiple ecosystem services and their trade-offs", *Ecological Indicators*, vol. 104, pp. 248–258, Set. 2019.
- [45] H. Zhang, W. Yuan, W. Dong, and S. Liu, "Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide", *Ecological Complexity*, vol.20, pp.240-247, Dec. 2014.
- [46] X. Zhu, W. Liu, H. Chen, Y. Deng, C. Chen, and H. Zeng, "Effects of forest transition on litterfall, standing litter and related nutrient returns: Implications for forest management in tropical China", *Geoderma*, vol. 333, pp. 123–134, Jan. 2019.
- [47] W. B. R. Martins. "Dinâmica da serapilheira em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal, nordeste do Pará", MSc. dissertação, Universidade Federal Rural da Amazônia, PA, 2015.
- [48] E. J. Almeida, F. Luizão, D. J. Rodrigues, "Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas", *Acta Amazonica*, vol. 45, no. 2, pp. 157-166, 2015.
- [49] I. C. Freitas, "Atributos de um Neossolo Quartzarênico da Pré-Amazônia sob agroecossistemas de produção familiar", Ph.D. dissertação, Universidade Federal de Goiás, GO, 2013.
- [50] N. N. A. Araújo, "Capacidade de retenção hídrica, estoque

e macronutrientes (N, P e K) da liteira em ecossistemas sucessionais nos tabuleiros costeiros da Amazônia Oriental", M.S. tese, Universidade Federal Rural da Amazônia, PA, 2017.