

Dinâmica do aporte e decomposição de serapilheira e influência das variáveis meteorológicas em um fragmento de Mata Atlântica (floresta ombrófila) em Alagoas, Brasil

Antonio Marcos Delfino de Andrade¹, Rayonil Gomes Carneiro², José Marcelo Lopes Júnior², Carlos Alexandre Santos Querino³ e Marcos Antonio Lima Moura⁴

¹Universidade Federal do Oeste do Pará. Unidade Tapajós. Rua Vera Paz, S/Nº. Bairro Salé. Santarém-PA, Brasil (CEP 68035-110). E-mail: marcoslaba@hotmail.com.

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Ciências do Sistema Terrestre. Av. dos Astronautas, 1758. Jardim da Granja. São José dos Campos-SP, Brasil (CEP 12227-010).

³Universidade Federal do Amazonas. Rua 29 de Agosto, 786. *Campus* Vale do Rio Madeira. Humaitá-AM, Brasil (CEP 69800-000).

⁴Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Av. Lourival Melo Mota, S/Nº. Tabuleiro do Martins. Maceió-AL (CEP 57072-900).

Resumo. O presente estudo foi desenvolvido em um fragmento de Floresta Ombrófila Aberta que se desenvolve com uma transição para a Floresta Estacional Semidecidual, Município de Coruripe, Alagoas, no período de novembro/2009 a fevereiro/2015, cujo objetivo foi avaliar os efeitos das alterações climáticas sobre os processos de produção e decomposição de serapilheira. Os aportes de serapilheira total e acumulada foram mensurados utilizando-se 10 coletores cada, todos instalados aleatoriamente, sendo um coletado mensalmente e outro trimestralmente. Também foram realizadas medições no local de precipitação, radiação solar global e velocidade do vento em uma torre micrometeorológicas de 26 m de altura (Latitude 10° 00' 37" S; Longitude 36° 17' 60" W; alt. 160 m). Observou-se que as variáveis meteorológicas apresentaram uma variação sazonal bastante forte associadas às estações seca e chuvosa. A produção média mensal de serapilheira durante o período observado foi de 0,618 Mg ha⁻¹, sendo novembro e julho os meses de maior e menor aporte. As variáveis precipitação, radiação solar e velocidade do vento indicaram correlação moderada e inversamente proporcional com a produção de serapilheira. A serapilheira acumulada mostrou padrão sazonal, com maior acúmulo na estação seca, mas o aproveitamento da serapilheira bem como o tempo de meia-vida é relativamente muito abaixo do esperado para ecossistemas tropicais similares.

Recebido
14/09/2020

Aceito
06/12/2020

Disponível *on line*
07/12/2020

Publicado
31/12/2020



Acesso aberto



Palavras-chave: Floresta Tropical; Biomassa; Micrometeorologia.

Abstract. *Leaf litter contribution and decomposition dynamics and influence of meteorological variables in the Atlantic Forest fragment (ombrophilous forest) in Alagoas, Brazil.* The present study was developed in a fragment of open ombrophilous forest that develops with a transition to the seasonal semideciduous forest, Coruripe City, Alagoas (Latitude 10° 00' 37" S; Longitude 36° 17' 60" W; 160 m a.s.l.), from November/2009 to February/2015, with the aim of evaluating the effects of climatic change on leaf litter production and decomposition processes. The contribution of total and accumulated leaf litter were measured using 10 collectors, all randomly installed, one being collected monthly and the other quarterly. Measurements of rainfall, global solar radiation and wind velocity were also carried out in a 26 m high micrometeorological tower. It was observed that the meteorological variables showed a very strong seasonal variation associated with the dry and rainy seasons. The average monthly leaf litter production during the observed period was 0.618 Mg ha⁻¹, with November and July being the months with the highest and lowest contribution. The precipitation, solar radiation and wind speed variables had a moderate and inversely proportional correlation with litter production. The accumulated leaf litter showed a seasonal pattern, with greater accumulation in the dry season, but the use of leaf litter as well as the half-life is relatively below than expected for similar tropical ecosystems.

Keywords: Tropical forest; Biomass; Micrometeorology.

ORCID

0000-0002-2075-7890
Antonio Marcos
Delfino de Andrade

0000-0003-4403-0191
Rayonil Gomes
Carneiro

0000-0001-5744-2561
José Marcelo Lopes
Júnior

0000-0001-5928-9310
Carlos Alexandre
Santos Querino

0000-0002-1523-7647
Marcos Antonio Lima
Moura

Introdução

A importância do bioma Mata Atlântica se estende desde a sua flora e fauna até diversos aspectos relacionados a questões socioeconômicas e climáticas. Estudos mostram a degradação deste bioma com alguns anos apresentando índices de desmatamento mais elevados e outros menos elevados (SOS Mata Atlântica, 2018). Para o estudo de Alagoas, o panorama não é diferente, pois durante sua colonização a Mata Atlântica foi substituída principalmente pela cultura da cana-de-açúcar (Santos et al., 2007). No entanto, esse bioma, mesmo circunscrita à área atual, possibilita em muito para que o Brasil seja considerado um país de megabiodiversidade (Almeida, 2016).

Sabe-se que florestas tropicais armazenam vastas quantidades de carbono, as quais podem ser perdidas após a conversão de ecossistemas florestais em sistemas agrícolas. A serapilheira permite o reaproveitamento no ciclo de nutrientes dos ecossistemas, e se torna indispensável para a manutenção e o equilíbrio florestal de qualquer bioma. Ademais, pode-se defini-la como resíduos orgânicos recém-caídos sobre o solo, podendo está em vários estágios de decomposição, sendo formado principalmente, pelo material vegetal, em forma de folhas, galhos, cascas, sementes, frutos e estruturas reprodutivas e, em menor quantidade, os restos e dejetos de animais e artrópodes (Cunha Neto et al., 2013).

A serapilheira é fonte de energia e nutrientes para o solo, além disto, esta abriga mesofauna e microrganismos decompositores do ecossistema (Facelli e Facelli, 1993),

disponibiliza nutrientes para a sua ciclagem de nutrientes (Schumacher et al., 2004), diminui o impacto das gotas de chuva sobre o solo (Facelli e Pickett, 1991) e evita sua selagem, facilitando a infiltração (Coelho Netto, 2003), reduzindo o processo erosivo (Gonçalves et al., 2003), o que vem a minimizar as taxas de evaporação (Vallejo, 1982), e permite a manutenção da umidade superficial (Melos et al., 2010).

A produção de serapilheira, predominantemente vegetal, pode ser influenciada por vários fatores bióticos e abióticos, como: a latitude (Bray e Gorham, 1964), evapotranspiração (Meentemeyer et al., 1982), aspectos edáficos (Vitousek, 1984), altitude, precipitação (Lonsdale, 1988), estágio sucessional da formação florestal (Delitti, 1989), idade (Leitão Filho et al., 1993), umidade do solo (Burghouts et al., 1994), estoque de nutrientes do solo (Portes et al., 1996), vento (Dias e Oliveira Filho, 1997), composição florística da vegetação (Sundarapandian e Swamy, 1999), grau de perturbação da área (Martins e Rodrigues, 1999), estrutura (Werneck et al., 2001). Segundo Calvi et al. (2009), de acordo com as características de cada ecossistema, pode ser que um determinado fator prevaleça sobre os outros.

Dentre esses fatores a importância do clima tem sido relacionada a produção e decomposição de serapilheira (Mason, 1980; Spain, 1984). Apesar de Fyllas et al. (2009) afirmarem que os fatores edáficos e a vegetação são considerados melhores para prognosticar a referida produção. Então, a quantidade de material depositado está relacionada principalmente as condições climáticas e tende a ser maior em regiões quentes e úmidas (Hattenschwiler et al., 2005). A maior produção pode estar relacionada com períodos secos (Nunes, 1980) ou com períodos úmidos (Hinkel e Panitz, 1999). Uma vez que existem poucas pesquisas relacionadas ao tema proposto, este trabalho objetiva proporcionar uma melhor compreensão da dinâmica da queda da serapilheira influenciadas por fatores meteorológicos em uma floresta tropical úmida do bioma Mata Atlântica no estado de Alagoas.

Material e métodos

A presente pesquisa foi realizada no período de novembro/2009 a fevereiro/2015 em um fragmento de Mata Atlântica localizada na fazenda Capitã A, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) - Lula Lobo I, numa área de 68,6 ha pertencente à usina Coruripe Açúcar e Alcool S/A, no município de Coruripe, Alagoas, distante cerca de 80 km de Maceió, capital do Estado. Essa RPPN, cujo objetivo é conservar a diversidade biológica através da coleta de sementes para a recuperação das áreas degradadas, para programas de educação ambiental e para pesquisa científica. A área de estudo está localizada em uma região de Tabuleiros Costeiros, em terras do Grupo Barreiras, onde a Floresta Ombrófila Aberta se desenvolve com uma transição para a Floresta Estacional Semidecidual, subsistindo em fragmentos de floresta nos tabuleiros, encostas íngremes e poucas áreas de várzea. O patrimônio florístico das matas inclui muitas espécies de alto valor ecológico, econômico e social, como o pau-brasil, pau de Jangada, sapucaia, barbatimão e pau-falha, dentre outras espécies. Maiores detalhes, como o inventário de caracterização realizado no local, são apresentados por Machado et al. (2012).

No sítio experimental foi instalada uma torre micrometeorológica (Latitude 10° 00' 37" S; Longitude 36° 17' 60" W; altitude 160 m) com altura de 26 m para se obter medidas de algumas variáveis atmosféricas acima da copa das árvores como irradiação solar global (Rg), precipitação (PP) e velocidade do vento (VV), cujas medições foram realizadas a cada 20 s e registro de médias a cada 10 min (Figura 1).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As', ou seja, tropical com quadra chuvosa bem definida de abril a julho, períodos secos de novembro a fevereiro e período de transição em março, agosto, setembro e outubro. Segundo Ferreira Júnior et al. (2014) as médias climatológicas anuais da temperatura, umidade relativa do

ar e fração de nebulosidade são 25,4 °C, 81,8% e 42,9%, respectivamente. A caracterização anual do vento apresenta média de 2,0 m s⁻¹, com variações de 1,7 m s⁻¹ (março) e 2,5 m s⁻¹ (janeiro), com direções predominantes de nordeste (outubro a março) e sudeste (abril a setembro). A irradiação solar global média mensal varia de 14,8 MJ m⁻² em julho a 24 MJ m⁻² em novembro (Souza et al., 2005).

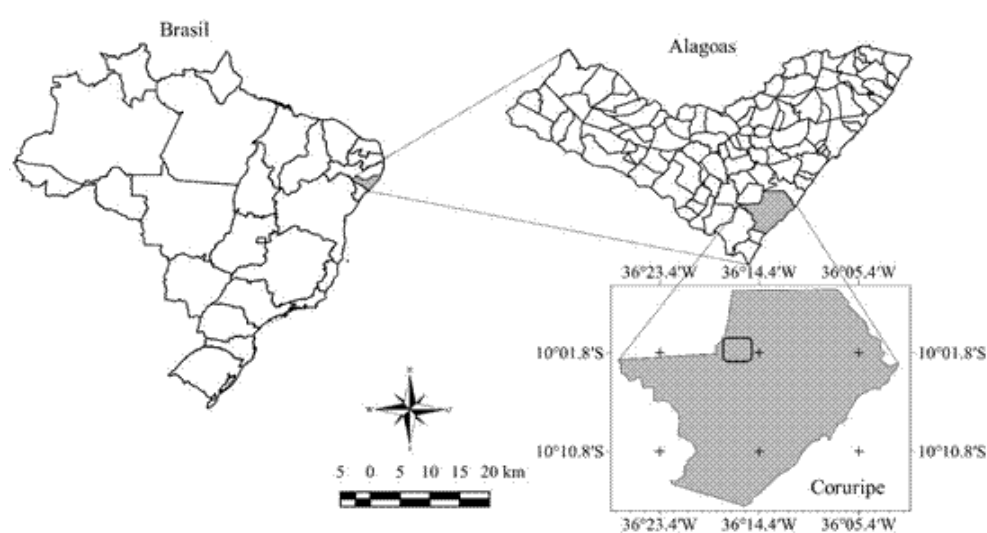


Figura 1. Localização da área experimental. Fonte: Santos et al. (2020).

Para obter o quantitativo de serapilheira normal, proveniente das árvores, foi utilizada uma malha de náilon em suspensão medindo 50 cm de comprimento e largura num total de 10 (dez) unidades. Ao passo que para o acumulado foram utilizados coletores quadrados de metal, medindo 24 cm de comprimento e de largura por 8 cm de altura, sendo que desta altura, 3 cm foram enterrados ao solo. Todos os coletores foram distribuídos aleatoriamente ao longo do transecto entre a borda da reserva até a torre micrometeorológica. O intervalo de tempo de coleta da serapilheira acumulada sobre solo foi a cada 3 meses, enquanto a coleta da serapilheira normal foi realizada mensalmente.

Após a coleta do material, ambos são postos dentro de sacolas de papel enumeradas de 1 a 10. Em seguida a serapilheira é secada, pesada e quantificada em Mg ha⁻¹. De modo contrário a muitas pesquisas, que no processo da secagem da serapilheira, fazem também a separação de elementos fracionados (folhas, detritos, material reprodutivo, etc.), neste estudo não houve a intenção de distinguir os totais dos componentes presentes do material coletado, pois o que se quer analisar é o comportamento do conjunto da serapilheira em relação ao clima.

A taxa de decomposição de serapilheira foi estimada pela equação desenvolvida por Olson (1963): $K = L/X_{ss}$, em que K é a constante de decomposição na condição de equilíbrio dinâmico; L, a produção anual de serapilheira Mg ha⁻¹ e X_{ss} é produção total anual da serapilheira acumulada (Mg ha⁻¹). Por meio desta constante é possível calcular o tempo médio de renovação da serapilheira acumulada sobre o solo (k'), estimado por $1.K^{-1}$. O tempo necessário (em anos) para o desaparecimento de 50% ($T_{0,5}$) e 95% ($T_{0,05}$) da serapilheira foi calculado pela equação de Shanks e Olson (1961): $T_{0,5} = \ln(2/K)$ e $T_{0,05} = 3/K$, respectivamente.

Para uma melhor caracterização da distribuição dos resultados foram confeccionados gráficos de boxplot. Inicialmente, a análise de correlação de Pearson foi realizada com o objetivo de selecionar quais fatores meteorológicos (precipitação, radiação e velocidade do vento) provavelmente influenciaram as respostas da produção de serapilheira. Também foi estimado o Balanço Hídrico Climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather no Município de Coruripe-AL, utilizando-se das médias obtidas durante o período experimental.

Resultados e discussão

A cobertura florestal original de uma determinada localidade é, em certa medida, vinculada as características do clima e solo do local. Pode-se afirmar que a distribuição de plantas no globo terrestre coincide amplamente com a disposição de vários tipos climáticos. A importância da interação entre floresta e clima são bem relatadas desde Salati e Góes Ribeiro (1979). Além de influenciar vários processos de ordem física, química e biológica na superfície da Terra, a redistribuição da precipitação é controlada pela cobertura florestal, em que o dossel das árvores formam um complexo de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas, onde parte é temporariamente retida pela massa vegetal e, em seguida, evaporada para a atmosfera (Oliveira Júnior e Dias, 2005).

Durante o período experimental foi observado total precipitado médio anual de 1.219,5 mm (Tabela 1). Essa quantidade é um pouco acima da normal climatológica da região (1.179,50 mm). Foi verificado que o ano de 2011 registrou maior acumulado médio anual de 1.520,2 mm, enquanto o menor foi de 964,1 mm (2013). Entretanto, estes resultados não foram relacionados a nenhum fenômeno de grande escala como por exemplo *El Niño*, uma vez que o mesmo tem como uma de suas características marcantes, a de provocar chuvas abaixo da média climática no Nordeste do Brasil. Por outro lado, no ano de 2012 foi constatada a ocorrência de uma forte *La Niña*, cuja característica é ocasionar chuvas acima da média na Região Nordeste, inclusive causando enchentes na região costeira.

Tabela 1. Total anual da Precipitação (PP), mm, médias anuais da Radiação Solar Global (Rg), $W m^{-2}$, e Velocidade do Vento (VV), $m s^{-1}$, e total anual de Serapilheira, $Mg ha^{-1}$, e as respectivas médias do período experimental.

Anos	PP (mm)	Rg ($W m^{-2}$)	VV ($m s^{-1}$)	Serapilheira ($Mg ha^{-1}$)
2010	1.264,1	422,949	2,400	8,032
2011	1.520,2	349,807	1,201	7,529
2012	1.104,3	423,293	1,728	7,455
2013	964,1	478,920	1,268	7,650
2014	1.244,9	480,252	1,036	6,449
Média	1.219,5	431,044	1,527	7,423

Quando se analisa os totais mensais médios anuais (Figura 2) nota-se que a quadra chuvosa (abril a julho) apresentou total pluviométrico de 796,33 mm (65,29%) com maior registro em julho (227,98 mm). Ao passo que a quadra seca (novembro a fevereiro) a precipitação foi de 161,66 mm (13,25%) É interessante ressaltar que o mês de dezembro apresentou uma média de apenas 14,65 mm.

É notório que o regime pluviométrico (nebulosidade) exerce grande influência na incidência de radiação solar à superfície. Devido a importância para o desenvolvimento da vida na Terra, destaca-se a necessidade de conhecer o comportamento da Radiação Solar Global (Rg), principalmente em áreas florestais, já que a vegetação é um importante receptor e armazenador de radiação solar, o qual é relevante subsídio para compreender o processo de sucessão.

A média mensal da Rg variou de $327,79 \text{ W m}^{-2}$ (julho) a $532,99 \text{ W m}^{-2}$ (novembro). De maio a julho se percebeu as menores intensidades com valores inferiores a 350 W m^{-2} , o que está associado ao período com maiores taxas de precipitação/nebulosidade da região. Nos meses de novembro e dezembro ocorreram os maiores índices de Rg (superiores a 500 W m^{-2}), em virtude desses meses serem representativos do período seco regional, e com isso pode-se afirmar que a atuação da nebulosidade e precipitação seja menor que no período chuvoso. As médias de Rg encontradas ao longo das estações climáticas, observou-se que entre as estações seca ($498,48 \text{ W m}^{-2}$) e chuvosa ($362,0 \text{ W m}^{-2}$), ocorreu redução 27,37%.

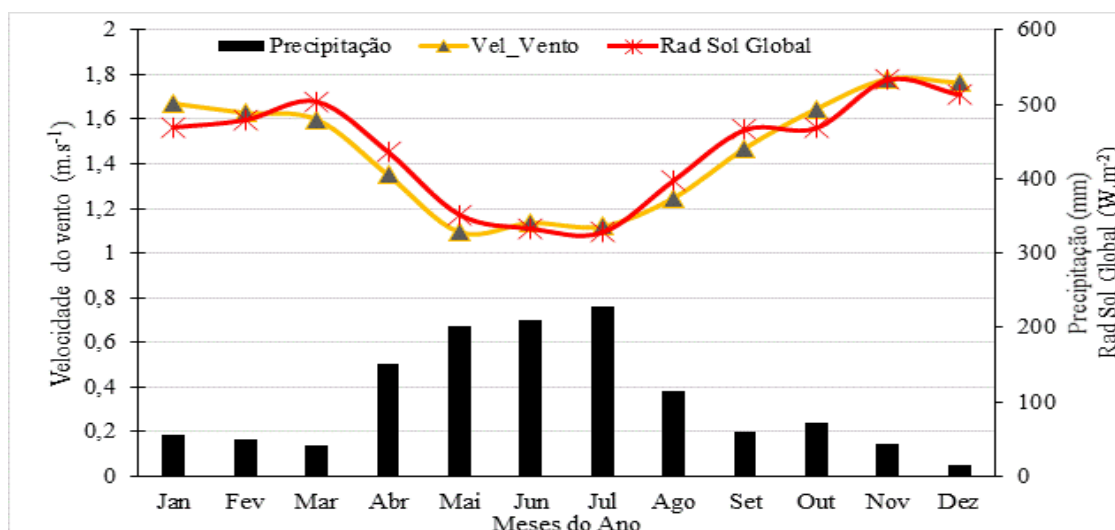


Figura 2. Ciclo anual médio mensal da precipitação (mm), Velocidade do vento (m s^{-1}) e Radiação Solar Global (W m^{-2}) durante o período experimental.

No que tange a velocidade média anual do vento, identificou-se baixas oscilações. No ano em que teve-se forte *La Niña*, o vento foi fraco ($1,2 \text{ m s}^{-1}$), mas o ano com velocidade média maior foi 2010 ($2,4 \text{ m s}^{-1}$). Seria louvável anotar que as medições foram realizadas a 2 m acima do dossel da floresta e a rugosidade do dossel é alta e varia ao longo do tempo, o que obviamente irá influenciar na intensidade do vento (ver Tabela 1).

Foi verificado que a intensidade do vento ao longo do ciclo anual (Figura 2) apresentou a mesma variabilidade (simetria) da Rg, uma vez que o mesmo está associado ao aquecimento/resfriamento da superfície durante o dia, logo há uma tendência de ventos diurnos serem maiores que os noturnos. Em Alagoas, são os ventos alísios, que atuam durante todo o ano na região. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante dos alísios, pode ser maior ou menor. A intensidade da velocidade do vento é maior na estação seca com velocidade média em torno de $1,71 \text{ m s}^{-1}$ e menor na chuvosa ($1,17 \text{ m s}^{-1}$), cuja média anual foi $1,45 \text{ m s}^{-1}$. Em particular, na estação seca a costa

alagoana é dominada pelos Ventos de Nordeste, os quais atuam de outubro-novembro a janeiro-fevereiro e caracteriza-se pela maior intensidade do fluxo durante o dia.

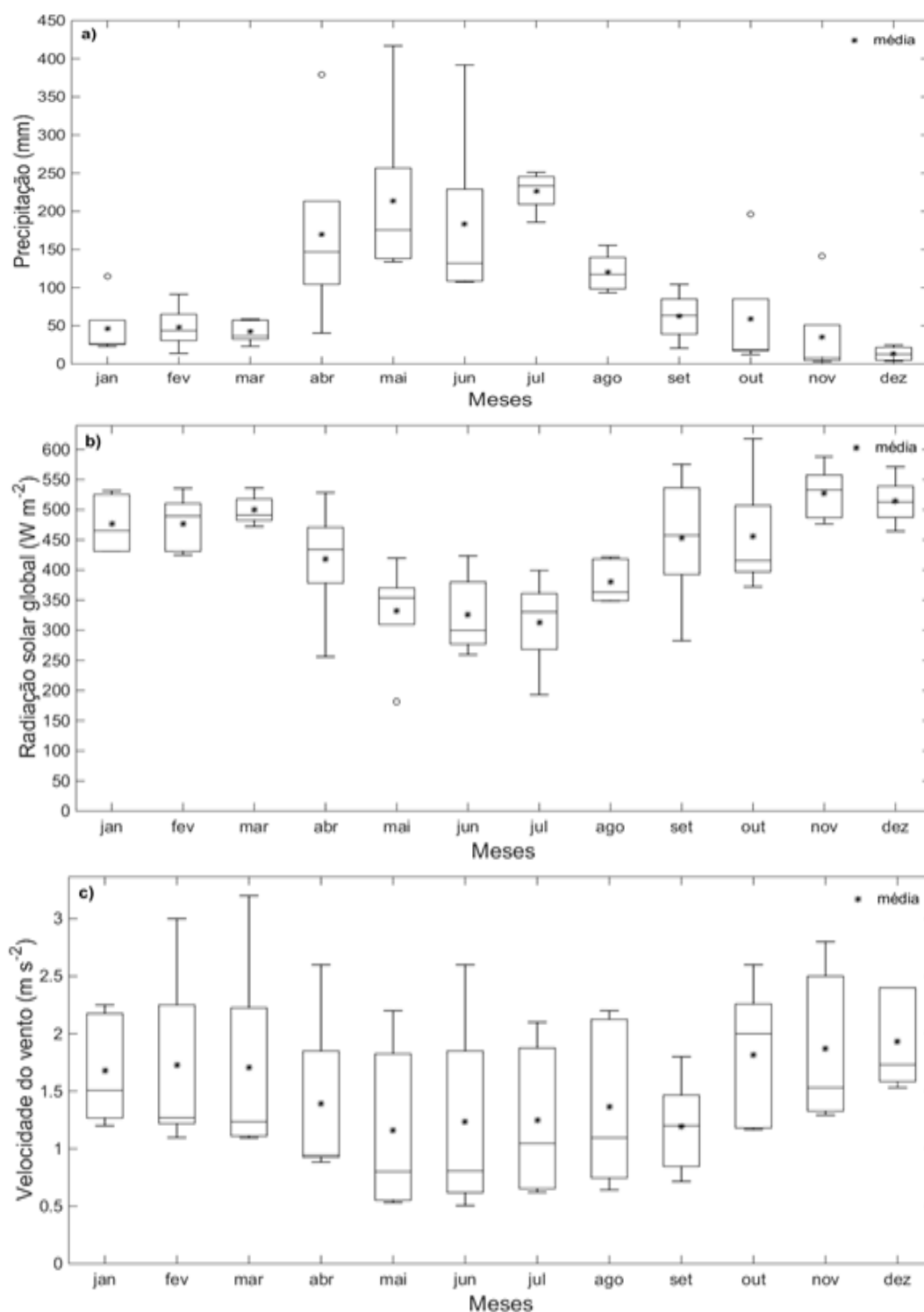


Figura 3. Distribuição mensal de (a) Precipitação (mm), (b) Radiação Solar Global ($W m^{-2}$) e (c) Velocidade do Vento ($m s^{-1}$) para o período de estudo

Em princípio as variáveis meteorológicas indicaram forte variação sazonal vinculada às estações seca e chuvosa da costa leste do Nordeste do Brasil. Quanto a variável precipitação, as dispersões (maiores variações) e amplitudes são pequenas, mas assimétricas, sendo que na quadra chuvosa são maiores; a presença de *outliers* (4 no total) são responsáveis por totais mensais totalmente atípicos, ou seja, valores extremos reforça a variabilidade característica das chuvas mensais, enquanto que os meses da quadra seca apresentaram assimetria positiva. A Rg se mostrou relativamente irregular, pois não apresenta um padrão quanto a assimetria e dispersão em nenhuma estação, o que pode estar associado a variabilidade mensal da nebulosidade; este resultado tão heterogêneo do Rg ressalta as dificuldades inerentes ao domínio do problema e a não-insignificância na identificação adequada dos padrões existentes. Já a velocidade do vento demonstra grande dispersão e amplitude com destaque para os meses de fevereiro-junho-agosto, enquanto praticamente todos os meses apresentam assimetria positiva para quase a totalidade dos meses, uma vez que a mediana está mais próxima do Q1, sendo a mediana mais representativa do que a média aritmética, visto que nestes casos as médias aritméticas sofreram grande influência dos valores extremos (Figura 3 a, b, c).

Apesar de termos somente coletado a serapilheira total sem distinção dos seus componentes, sabe-se que diferentes ecossistemas florestais depositam distintas quantidades de serapilheira que também podem apresentar diversificadas proporções de frações constituintes. Dentre estas componentes, as folhas perfazem a fração mais significativa, conforme Vitousek (1984), 70% do peso total; Espig et al (2009) encontraram 66,9% da fitomassa total; Silva et al. (2009) com 60%; Pimenta et al. (2011) 79% do total; Scheer et al. (2011) compreendem 69% do total; White et al. (2013) foi responsável por 54,6%; Scoriza e Piña-Rodrigues (2014) composta por 65% de folhas; Toscan et al. (2017) corresponde a 58,52%; Sloboda et al. (2017) 73% da serapilheira total produzida.

A produção média anual de serapilheira total no período experimental foi de 7,42 Mg ha⁻¹, sendo que entre os anos estudados o de 2010 tem a maior produção (8,03 Mg ha⁻¹), enquanto 2014 a menor (6,45 Mg ha⁻¹) (Tabela 1). Freitas (1990), apud Espig et al. (2009), estudando 11 matas úmidas costeiras em Pernambuco, encontrou deposição de 8 a 28 Mg ha⁻¹, concluindo que havia variação espacial entre matas. Em floresta Ombrófila foram encontrados os seguintes valores: Britez et al. (1992) 6,52 Mg ha⁻¹; Custódio Filho et al. (1996) 6,05 Mg ha⁻¹; Figueiredo Filho (2003) 7,73 Mg ha⁻¹; Scheer et al. (2011) 6,40 Mg ha⁻¹; Sloboda et al. (2017) 8,44 Mg ha⁻¹. Já em floresta Semidecidual: Pimenta et al. (2011) 8,21 Mg ha⁻¹; Godinho et al. (2013) 9,30 Mg ha⁻¹; Vogel et al. (2014) 6,53 Mg ha⁻¹; Scoriza e Piña-Rodrigues (2014) 6,90 Mg ha⁻¹; Bianchi et al. (2016) 4,70 Mg ha⁻¹; Toscan et al. (2017) 11,90 Mg ha⁻¹; Costa et al. (2019) 6,43 Mg ha⁻¹. Verifica-se que há pequenas variações nos aportes anuais de serapilheira em áreas com florestas Ombrófilas e Semidecidual de diferentes locais, características e graus de conservação.

Estes resultados são atestados pela observação da Figura 4, segundo a qual a deposição de serapilheira apresentou comportamento sazonal, caracterizado por uma maior produção na transição chuvosa-seca (setembro e outubro) e parte da estação seca (novembro e dezembro) e menor deposição na estação chuvosa. De modo geral, alguns meses apresentaram maior percentual de deposição média, como é o caso de setembro 10,83% (0,80 Mg ha⁻¹), outubro 11,99% (0,89 Mg ha⁻¹), novembro 13,15% (0,97 Mg ha⁻¹) e dezembro, 10,58% (0,78 Mg ha⁻¹). Já os meses de junho e julho indicaram menores percentuais de deposição 5,28% (0,39 Mg ha⁻¹) e 4,13% (0,30 Mg ha⁻¹), respectivamente. No geral, a média mensal anual foi de 0,61 Mg ha⁻¹.

Conforme já relatado, a produção de serapilheira está vinculada a aspectos bióticos e abióticos. Logo, alguns fatores abióticos relacionados ao clima apresentaram variação ao longo do ano e, de certa forma, a produção de serapilheira acompanhou este comportamento. Dias e Oliveira Filho (1997) discutiram o efeito da sazonalidade na

deposição da serapilheira, nos quais afirmaram que maior deposição ocorre na transição seca-chuvosa, típico de regiões tropicais e subtropicais. Segundo Farias et al. (2019) a dinâmica da queda de folhas numa caatinga no nordeste do Brasil tem sua variação conforme a transição da estação chuvosa-seca. Para Freire et al. (2014) a resposta da serapilheira às variações climáticas não ocorre no mesmo mês, mas com eventos de precipitações e temperaturas do ar de meses anteriores e que os efeitos de atraso no aporte de serapilheira encontrados podem estar relacionados a respostas fisiológicas das plantas ou ligados aos efeitos físicos da precipitação. A precipitação é considerada o principal fator que pode explicar as diferenças na produção de serapilheira nos biomas tropicais, em que foram encontradas taxas mais altas para ambientes úmidos (Tonin et al., 2017).

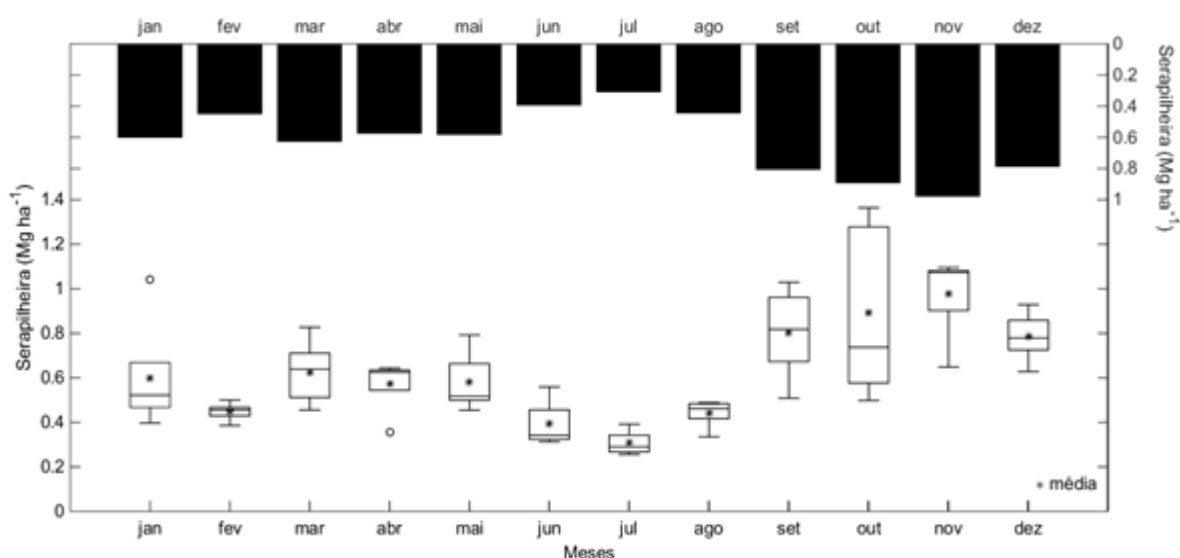


Figura 4. Variação média mensal da serapilheira (Mg ha^{-1}) e o respectivo boxplot da distribuição durante o período experimental.

De acordo com o balanço hídrico climatológico (Figura 5) estimado pelo método de Thornthwaite e Mather na área experimental, é possível observar dois períodos distintos: o período de excedente hídrico (EXC) (maio a agosto), e o período de deficiência hídrica (DEF) (setembro a março). Durante o período de DEF, há também aumento de R_g e VV , em que a VV irá aumentar o efeito mecânico sobre as plantas devido a ocorrência do vento nordeste. Esse conjunto de fatores elevou substancialmente a produção de serapilheira a partir de setembro. Esse comportamento de sazonalidade pode ser justificado pela constante diminuição da disponibilidade de água no solo para as plantas e proporcionando maiores taxas de deposição de serapilheira (Moura et al., 2016; Silva et al., 2017).

Segundo Moreira e Silva (2004) ecossistemas florestais se utilizam do estresse hídrico para diminuir seu consumo de água e aumentar a produção de serapilheira. Complementando, na região Nordeste no momento de ocorrência do déficit hídrico há uma maior demanda evaporativa da atmosfera, potencializando o efeito desse evento. Entretanto, este fato não foi observado neste estudo, uma vez que a potencialização do déficit hídrico ocorreu de forma reversa quanto a produção de serapilheira, já que de dezembro a fevereiro houve uma diminuição de sua produção, enquanto que ocorreu aumento DEF até este atingir seu máximo em fevereiro-março. Uma possível justificativa

para a diminuição da formação de serapilheira em alguns meses do período seco, pode ser relativo à grande perda de material orgânico nos meses anteriores (setembro a novembro), cessando a necessidade da perda das folhas como sistema de defesa pelas plantas. De acordo com Huete et al. (2006), o estresse hídrico do solo não parece ser o fator a acionar o gatilho para a queda das folhas e, sim, o fato de que, com a intensificação do período seco, há uma necessidade de se aumentar o controle de perda de água pelos estômatos e, com isso, aumentar a eficiência fotossintética. Enquanto que, para Ferreira et al. (2015) a relação inversa entre disponibilidade hídrica, menor no período seco, e a grande área foliar em floresta tropical, reflete a importante estratégia de minimizar os efeitos da escassez de água, por meio de intensificação da queda de serapilheira na floresta e produção de folhas novas com mais agilidade para controle das perdas de água.

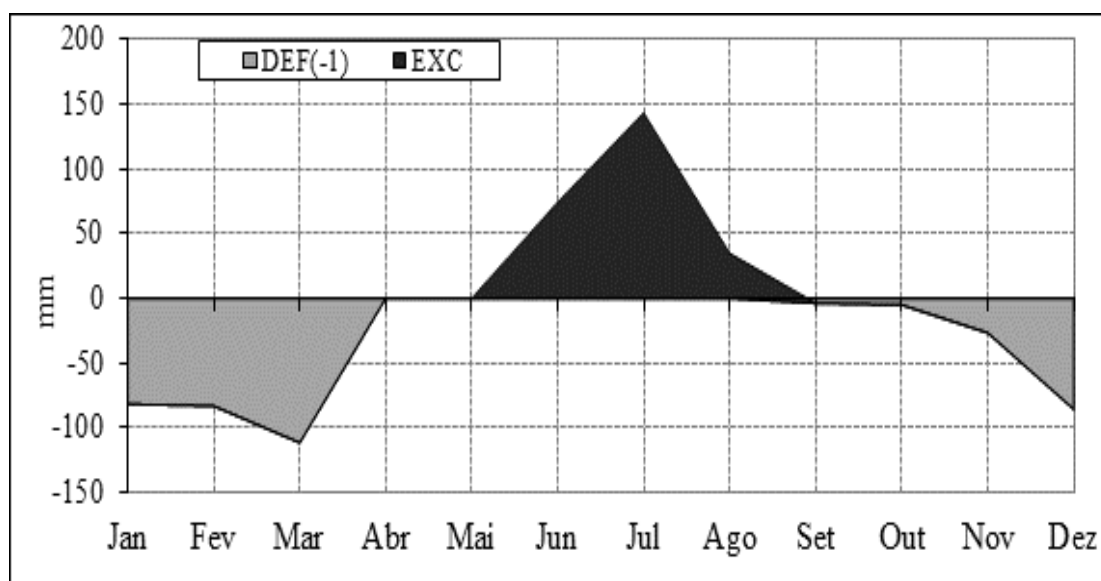


Figura 5. Extrato do Balanço Hídrico médio mensal do período experimental.

Na Figura 4 é possível observar também uma assimetria positiva para quase a totalidade dos meses mais chuvosos (abril a julho), uma vez que a mediana está mais próxima do Q1. De janeiro a agosto os intervalos interquartílicos (3º quartil menos 1º quartil) de cada mês são relativamente pequenos e revelam a dispersão da metade central dos dados, indicando que os dados possuem maior semelhança, ou seja, menos susceptíveis a desvios. Concomitantemente foram constatados somente 2 *outliers* (por estarem fora do range da série considerada neste estudo entre 5 e 95%) que reforça a variabilidade característica da serapilheira e destaca-se alguns meses com deposição excepcional (atípicas) em relação ao habitual, mas relacionados ao conjunto de eventos edafoclimáticos específicos. Percebe-se ainda a maior variabilidade dos dados dos meses de quantitativos elevados de deposição, e anteriormente descrito (setembro a dezembro). Além disso, é bem visível a dispersão do mês de outubro, o que reflete mais notadamente a variabilidade da baixa pluviometria e da deficiência hídrica do solo, o qual foi mencionado. Ademais, gera uma certa imprevisibilidade. Enquanto isso, fevereiro-março-julho-agosto a dispersão é muito pequena, em especial em fevereiro e julho. De certo modo a mediana de cada mês acompanha temporalmente a evolução das médias analisadas, apesar de sabermos que a média é sensível aos valores extremos. A assimetria não segue um padrão,

ora é positiva, ora é negativa, dado que em alguns casos temos conhecimento que *outlier* distorce um pouco mais a questão da simetria. Isso reflete de algum modo a atuação do conjunto de fatores que incidem na deposição.

Apesar de existir frequentemente uma associação visual entre a serapilheira total e algumas variáveis meteorológicas, alguns estudos, por exemplo Scoriza e Piña-Rodrigues, (2014), mostraram uma correlação estatística, positiva ou negativa, consistente entre ambas, o que pode estar combinada a um conjunto de fatores edafoclimáticos, daí, pode ser que nem sempre apresente correlação com todas variáveis meteorológicas. Bianchi et al. (2016) e Arato et al. (2003), acreditam que a correlação melhora quando se considera um atraso de 1-2 meses quanto a resposta da vegetação.

Ferreira et al. (2014) afirmaram que a análise de correlação de Pearson indicou que as variações da produção de serapilheira são estimuladas por alguns fatores meteorológicos. A análise de correlação entre produção de serapilheira e precipitação, radiação solar global e velocidade do vento indicou correlação moderada e inversamente proporcional com a precipitação ($r = -0,696$), positiva forte com radiação solar global ($r = 0,775$) e velocidade do vento ($r = 0,724$), de acordo com classificação proposta por Devore (2006).

Lima et al. (2009) e Farias et al. (2019) também encontraram correlações positivas, só que para a caatinga, enquanto Silca et al. (2009) encontraram para a Amazônia. Isso vem enfatizar a importância das variáveis meteorológicas como desencadeadores do aporte de biomassa, principalmente na região mais próxima do equador. Tanto que Bray e Gorham (1964) sugeriram uma relação linear entre a produção de serapilheira e a latitude, em função da temperatura do ar e da quantidade de insolação recebida.

A serapilheira acumulada apresentou padrão sazonal ao longo do período estudado, concentrando-se durante os períodos de transição e na estação seca ($2,96 \text{ Mg ha}^{-1}$), mas diminuindo na estação chuvosa ($2,22 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 6). Segundo Valentini et al. (2008) o maior acúmulo de serapilheira durante períodos de menor pluviosidade pode estar relacionado ao estresse hídrico, conforme já mostrado anteriormente com a serrapilheira mensal.

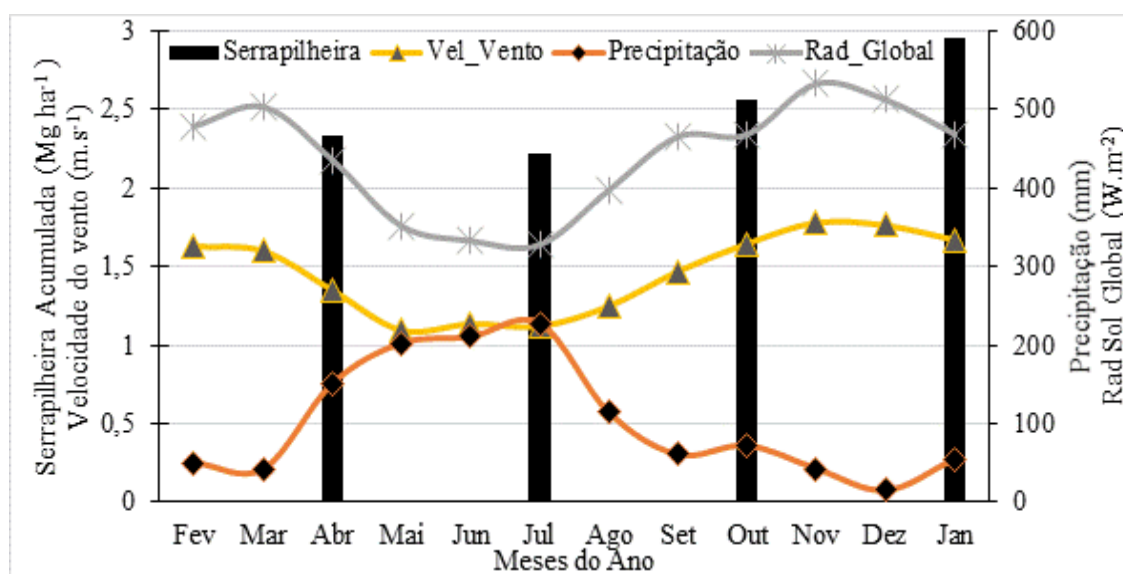


Figura 6. Distribuição mensal média das variáveis meteorológicas (precipitação (mm), radiação solar global (W m^{-2}) e velocidade do vento (m s^{-1}) e estoque de serrapilheira acumulada (Mg ha^{-1}).

O estoque médio de serapilheira foi o mais alto no ano de 2013, cujo acúmulo foi da ordem 11,06 Mg ha⁻¹. Isto coincidiu com um ano seco, com índices pluviométricos 18,26% abaixo da média climatológica (1.179,50 mm). Neste ano a pluviometria acumulada foi de 964,1 mm. Em 2011 obtivemos a menor média anual de serapilheira acumulada (9,76 Mg ha⁻¹), na qual a precipitação anual situa-se na ordem de 28,88% (1.520,2 mm) acima da média climatológica. Já o estoque médio anual de serapilheira acumulada foi de 9,88 Mg ha⁻¹.

Segundo diversos autores (Godinho (2011); Wieder et al. (2009); Dickinson (1974); Jensen (1974)) as variações sazonais das precipitação e temperatura do ar influenciam no acúmulo e decomposição da serapilheira, além da umidade do solo (Bauer et al., 2017; Terror et al., 2011; Campos et al., 2004; Guo e Sims, 2002; Dutta e Agrawal, 2001). Evidentemente que as taxas de decomposição podem variar consideravelmente em relação às características da área de estudo, principalmente, quando associadas conjuntamente as condições ambientais e bióticas.

Embora o local de estudo apresente uma reduzida taxa média de decomposição ($K = 0,75$ ano) durante o período considerado, sendo incomum K menores que 1 em florestas tropicais, se observa um médio acúmulo de serapilheira (9,880 Mg ha⁻¹), no qual o aspecto tempo, relacionado aos fatores microclimáticos e às ações dos microrganismos influenciaram, ocasionando uma variação de 0,69 a 0,82 por ano (Tabela 2), sendo especificamente menor no período em que a chuva se manteve abaixo da média climatológica (por exemplo, 2013). Isso mostra que o aproveitamento da serapilheira é relativamente muito baixo, pois mesmo em anos chuvosos os valores foram menores do que 1 (um), apesar da decomposição ser favorecida nos períodos úmidos, quando a atividade dos organismos decompositores intensificam esse processo (Cianciaruso et al. 2006). Estes resultados contradizem com os valores de K apresentados em tabelas por Costa et al. (2019) e Pires et al. (2006) para diferentes tipos de florestas.

Tabela 2. Coeficiente de decomposição (K), tempo médio de renovação (k'), tempo necessário para o desaparecimento de 50% ($T_{0,5}$) e 95% ($T_{0,05}$), todos em ano, e totais de serapilheira acumulada (Mg ha⁻¹) por ano e as respectivas médias do período experimental.

Variáveis	2010	2011	2012	2013	2014	Média
K	0,822	0,771	0,728	0,691	0,752	0,751
K'	1,215	1,196	1,372	1,445	1,328	1,330
$T_{0,5}$	0,888	0,953	1,009	1,061	0,976	0,979
$T_{0,05}$	3,647	3,890	4,118	4,337	3,984	3,992
Serapilheira acumulada	9,767	9,765	10,234	11,062	8,566	9,880

Além disso, constatou-se que o tempo médio de renovação (k') foi inferior a 1,33 anos (485 dias), que indiretamente representa a velocidade com que os nutrientes, ligados a ela, tornam-se disponíveis, enquanto o tempo necessário médio para a decomposição de 50% da serapilheira acumulada é de aproximadamente 0,98 ano (357 dias) e, para decompor 95% da serapilheira, o tempo médio é de 3,99 anos (1456 dias). Cornu et al. (1997) afirmaram que as taxas de decomposição em florestas tropicais são muito impactadas pelas variações sazonais, criando padrões diferenciados nas estações chuvosa e seca. Em princípio, no ano menos chuvoso, como em 2013, os valores foram os mais extremos ($K = 0,69$; $k' = 1,45$; $t_{0,5}$ (50%) = 1,06; $t_{0,05}$ (95%) = 4,34). Estes resultados concordam com Gonçalves et al. (2011) de que o período de menor ocorrência de chuvas influenciou negativamente a atividade microbiológica do solo, reduzindo a taxa de

decomposição do material vegetal. O oposto foi constatado no ano mais chuvoso, 2011. Mas, segundo Cianciaruso et al. (2006) o coeficiente de decomposição, apesar de seguir um modelo exponencial, não é um indicativo que seria constante ao longo do período analisado, uma vez que a decomposição está ligada a diversos fatores ambientais, químico e físicos do próprio material.

Conclusões

De maneira geral, observou-se que as variáveis meteorológicas revelaram uma variação sazonal bastante forte associadas às estações seca e chuvosa da costa leste do Nordeste do Brasil.

A produção média mensal de serapilheira durante o período observado foi em torno de 0,618 Mg ha⁻¹, sendo novembro e julho os meses de maior e menor aporte, respectivamente, o que caracterizou a influência da sazonalidade climática.

As variáveis precipitação, radiação solar global e velocidade do vento indicaram correlação moderada e inversamente proporcional com a produção de serapilheira.

A serapilheira acumulada mostrou padrão sazonal, com maior acúmulo na estação seca, mas o aproveitamento da serapilheira bem como o tempo de meia-vida é relativamente muito abaixo do esperado para ecossistemas tropicais similares, pois mesmo em anos chuvosos os valores foram menores do que um.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Almeida, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: SciELO-Editus, 2016.
- Arato, H. D.; Martins, S. V.; Ferrari, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.
- Bauer, D.; Führ, C. S.; Schmitt, J. S. Dinâmica do acúmulo e decomposição de serapilheira em floresta estacional semidecidual subtropical. **Pesquisas Botânica**, v. 70, p. 225-235, 2017.
- Bianchi, M. O.; Scoriza, R. N.; Correia, M. E. F. Influência do clima na dinâmica de serrapilheira em uma floresta estacional semidecidual em Valença, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, n.2, p. 97-101, 2016.
- Bray, J. R.; Gorham, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1964. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60331-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60331-1)
- Britez, R. M.; Reissmann, C. B.; Silva, S. M.; Santos Filho, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 3, p. 766-772, 1992.
- Burghots, T. B. A.; Campbell, E. J. F.; Koderman, P. J. Effects of tree species heterogeneity on leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the Ulu Segana Forest Reserve, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, n. 10, p. 1-26, 1994. <https://doi.org/10.1017/S0266467400007677>

- Calvi, G. P.; Pereira, M. G.; Espíndula Júnior, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009. <https://doi.org/10.5902/19805098404>
- Campos, M. L.; Marchi, G.; Lima, D. M.; Silva, C. A. **Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens**. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2004. (Boletim Agropecuário, n. 64).
- Carvalho, T. B. **Eficiência de uso da água no cultivo de cana-de-açúcar, 1ª folha, em diferentes épocas de plantio**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2016. (Dissertação de mestrado).
- Cienciaruso, M. V.; Pires, J. S. R.; Delitti, W. B. C.; Silva, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerrado na Estação Ecológica de Jataí, Município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, p. 49-59, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>
- Coelho Netto, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um modelo de formação e crescimento da rede de canais sob controle estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 2, p. 118-167, 2003.
- Cornu, S.; Luizão, F.; Rouiller, J.; Lucas, Y. Comparative study of litter decomposition and mineral element release in two Amazonian Forest ecosystems: Litter bag experiments. **Pedobiologia**, v. 41, p. 456-471, 1997.
- Costa, S. V.; Pesquero, M. A.; Junqueira, M. H. M. Litterfall Deposition and Decomposition in an Atlantic Forest in Southern Goiás. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.074417>
- Cunha Neto, F. V.; Lales, P. S. S.; Pereira, M. G.; Bellumath, V. G. H.; Alonso, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013. <https://doi.org/10.5902/1980509810549>
- Custódio Filho, A.; Franco, G. A. D. C.; Poggiani, F.; Dias, A. C. Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em floresta pluvial atlântica - Estação Biológica de Boracéia (São Paulo - Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 1996.
- Devore, J. L. **Probabilidade e Estatística**: para Engenharia e Ciências. São Paulo: Thomson Pioneira, 2006.
- Dias, H. C. T.; Oliveira Filho, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.
- Dickinson, C. Decomposition of litter in soil. In: Dickinson, C.; Pugh, G. (Eds.). **Biological of plant litter decomposition**. 2. ed. New York: Academic Press, 1974. p. 633-654.
- Delitti, W. B. C. Ciclagem de nutrientes em cerrados. Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 1998.
- Dutta, R. K.; Agrawal, M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia**, v. 45, p. 298-312, 2001. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00088>
- Espig, S. A.; Freire, F. J.; Marangon, L. C.; Ferreira, R. L. C.; Freire, M. B. G. S.; Espig, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 949-956, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000500017>

- Facelli, J. M.; Facelli, E. Interactions after death: Plant litter controls priority affects in a successional plant community. **Oecologia**, v. 95, p. 277-282, 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00323500>
- Facelli, J. M.; Pickett, S. T. A. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, p. 1-32, 1991. <https://doi.org/10.1007/BF02858763>
- Farias, D. T.; Barreto, F. R. S.; Souza, M. R.; Silva, C. J. Serapilheira em fragmento florestal de caatinga arbustivo-arbórea fechada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 331-337, 2019. <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i2.6378>
- Ferreira, L. S.; Cattânio, J. H.; Jardim, M. A. Efeito da topografia e da precipitação na florística e na produção de liteira em Caxiuanã, Pará. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 995-1005, 2015.
- Ferreira, M. L.; Silva, J. L.; Pereira, E. E.; Lamano-Ferreira, A. P. N. Litter fall production and decomposition in a fragment of secondary Atlantic Forest of São Paulo, SP, Southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 591-600, 2014.
- Ferreira Junior, R. A.; Souza, J. L.; Escobedo, J. F.; Teodoro, I.; Lyra, G. B.; Araújo Neto, R. A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 798-804, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p798-804>
- Figueiredo Filho, A.; Moraes, G. F.; Schaaf, L. B.; Figueiredo, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003. <https://doi.org/10.5902/198050981718>
- Freire, M.; Scoriza, R. N.; Piña-Rodrigues, F. C. M. Influência do clima no aporte de serrapilheira em uma floresta ombrófila densa montana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 427-431, 2014. <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i3a4142>
- Fyllas, N. M.; Patiño, S.; Baker, T. R.; Nardoto, G. B.; Martinelli, L. A.; Quesada, C. A.; Paiva, R.; Schwarz, M.; Horna, V.; Mercado, L. M.; Santos, A.; Arroyo, L.; Jimenez, E. M.; Luizao, F. J.; Neill, D. A.; Silva, N.; Prieto, A.; Rudas, A.; Silviera, M.; Vieira, I. C. G.; Lopez-Gonzalez, G.; Malhi, Y.; Phillips, O. L.; Lloyd, J. Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: Phylogeny, soils and climate. **Biogeosciences**, v. 6, p. 2677-2708, 2009. <https://doi.org/10.5194/bg-6-2677-2009>
- Godinho, T. O.; Caldeira, M. V. W.; Caliman, J. P.; Prezotti, L. C.; Watzlawick, L. F.; Azevedo, H. C. A.; Rocha, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 131-144, 2013.
- Gonçalves, J. L. M.; Nogueira Junior, L. R.; Ducatti, F. Recuperação de solos degradados. In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003.
- Gonçalves, S. L.; Saraiva, O. F.; Torres, E. **Influência de fatores climáticos na decomposição de resíduos culturais de milho e soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 6).
- Gonzalez, M. I. M.; Gallardo, J. F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v. 41, n. 5/6, p. 1129-1157, 1982.

- Guo, L. B.; Sims, R. E. H. Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: II. Internal effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 913-922, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00023-8)
- Hattenschwiler, S.; Tiunov, A. V.; Scheu, S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 36, n. 1, p. 191-218, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932>
- Hinkel, R.; Panitz, C. M. N. Estudo comparativo de serapilheira de uma área de Mata Atlântica e de um povoamento de *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti* na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 1, n. 12, p. 67-93, 1999.
- Huete, A. R.; Didan, K.; Shimabukuro, Y. E.; Ratana, P.; Saleska, S. R.; Huttyra, L. R.; Yang, W. Z.; Nemani, R. R.; Myneni, R. Amazon rainforest green-up with sunlight in dry season. **Geophysical Research Letters**, v. 33, p. 1-4, 2006. <https://doi.org/10.1029/2005GL025583>
- Jensen, V. Decomposition of angiosperm tree leaf litter. In: Dickinson, C.; Pugh, G. (Eds.). **Biological of plant litter decomposition**. 2. ed. New York: Academic Press, 1974. p. 69-104.
- Leitão Filho, H. F.; Pagano, S. N.; César, O.; Timoni, J. L.; Rueda, J. J. Aspectos da ciclagem de nutrientes. In: Leitão Filho, H. F. (Ed.). **Ecologia da mata Atlântica em Cubatão**. 1. ed. Campinas: Editora da Universidade Estadual Paulista/Editora da Universidade de Campinas, 1993. p. 129-163.
- Lima, R. P.; Fernandes, M. M.; Fernandes, M. R. M.; Matricardi, E. A. T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.062013>
- Lonsdale, W. M. Predicting the amount of litterfall in forests of the world. **Annals of Botany**, v. 61, p. 319-324, 1988. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087560>
- Machado, M. A. B. L.; Chaves, L. F. C.; Rosa Neto, J. L.; Lemos, R. P. L. Florística do estrato arbóreo de fragmentos da Mata Atlântica do Nordeste Oriental, Município de Coruripe, Alagoas, Brasil. **Revista Ouricuri**, v. 2, n. 2, p. 55-72, 2012.
- Martins, S. V.; Rodrigues, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041999000300009>
- Mason, C. F. **Decomposição**. São Paulo: EPU, 1980.
- Meentemeyer, V.; Box, E. O.; Thompson, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, v. 32, n. 2, p. 125-128, 1982. <https://doi.org/10.2307/1308565>
- Melos, A. R. M.; Sato, A. M.; Coelho, A. L. Produção, estoque e retenção hídrica da serrapilheira em encosta sob plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*: médio vale do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 66-73, 2010.
- Moreira, P. R.; Silva, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

- Moura, M. M. S.; Costa, G. B. R.; Palácio, H. A. Q.; Araújo Neto, J. R.; Brasil, J. B. Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 5, p. 199-208, 2016. <https://doi.org/10.21438/rbgas.030509>
- Nunes, K. S. **Ciclagem de nutrientes na Mata de Dois Irmãos - Recife**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1980. (Dissertação de mestrado).
- Oliveira Júnior, J. C.; Herly Dias, H. C. T Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.
- Olson, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, p. 223-331, 1963. <https://doi.org/10.2307/1932179>
- Pimenta, J. A.; Rossi, L. B.; Torezan, J. M. D.; Cavalheiro, A. L.; Bianchini, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000100008>
- Pires, L. A.; Brites, R. M.; Martel, G.; Pagano, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100016>
- Portes, M. C. G. O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em floresta ombrófila densa altomontana, Morro Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras, PR**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000. (Dissertação de mestrado).
- Salati, E.; Goes Ribeiro, M. N. Floresta e clima. **Acta Amazonica**, v. 9, n. 4, supl. 1, p. 15-22, 1979. <https://doi.org/10.1590/1809-43921979094s015>
- Santos, A. L.; Pereira, E. C.; Holandal, A. L. A expansão da cana-de-açúcar no espaço alagoano e suas consequências sobre o meio ambiente e a identidade cultural. **Revista de Geografia Agrária**, v. 2, n. 4, p. 19-37, 2007.
- Santos, M. F.; Querino, C. A. S.; Silva Junior, J. R.; Carneiro, R. G. ; Lopes Júnior, J. M.; Moura, M. A. L. Variabilidade estacional do balanço de ondas longas em um ecossistema de Mata Atlântica no Estado de Alagoas-Brasil. **Caminhos da Geografia**, v. 21, p. 201-213, 2020.
- Scheer, M. B.; Gatti, G.; Wisniewski, C. Nutrient fluxes in litterfall of a secondary successional alluvial rain forest in Southern Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 4, p. 1869-1882, 2011.
- Schumacker, M. V.; Brun, E. J.; Hernandez, J. I.; König, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.
- Scoriza, R. N.; Piña-Rodrigues, F. C. M. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de floresta estacional em Sorocaba, SP. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 687-696, 2014. <https://doi.org/10.5380/rf.v44i4.34274>
- Shanks, R.; Olson, J. S. First year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian Forest. **Science**, v. 134, p. 194-195, 1961. <https://doi.org/10.1126/science.134.3473.194>
- Silva, C. J.; Lobo, F. A.; Bleich, M. E.; Sanches, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300014>

- Silva, R. M.; Costa, J. M. N.; Ruivo, M. L. P.; Costa, A. C. L.; Almeida, S. S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300012>
- Silva, W. T. M.; Leonardo, F. A. P.; Souto, S. J.; Souto, P. C.; Lucena, J. D. S.; Medeiros Neto, P. H. Deposição de serapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 12, n. 4, p. 383-390, 2017.
- Sloboda, B.; Marques, R.; Bianchin, J.; Blum, H.; Donha, C.; Silveira, F.; Capretz, R. Litterfall and nutrient dynamics in a mature Atlantic Rainforest in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20160339, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033916>
- SOS Mata Atlântica. Relatório técnico. 2018. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2016-2017_relatorio_tecnico_2018_final.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- Souza, J. L.; Nicácio, R. M.; Moura, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renewable Energy**, v. 30, n. 8, p. 1203-1220, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.09.013>
- Spain, A. V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 3, p. 947-961, 1984. <https://doi.org/10.2307/2259543>
- Sundarapadian, S. M.; Swamy, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v. 123, p. 231-244, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00062-6)
- Terror, V. L.; Sousa, H. C.; Kosovits, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 113-121, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000100014>
- Tonin, A. M.; Gonçalves Junior, J. F.; Bambi, P.; Couceiro, S. R. M.; Feitoza, L. A. M.; Fontana, L. E.; Hamada, N.; Hepp, L. U.; Lezan-Kowalczyk, V. G.; Leite, G. F. M.; Lemes-Silva, A. L.; Lisboa, L. K.; Loureiro, R. C.; Martins, R. T.; Medeiros, A. O.; Moraes, P. B.; Moretto, Y.; Oliveria, P. C. A.; Pereira, E. B.; Ferreira, L. P.; Pérez, J.; Petrucio, M. M.; Reis, D. F.; Rezende, R. S.; Roque, N.; Santos, L. E. P.; Siegloch, A. E.; Tonello, G.; Boyero, L. Plant litter dynamics in the forest stream interface: Precipitation is a major control across tropical biomes. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10576-8>
- Toscan, M. A. G.; Guimarães, A. T. B.; Temponi, L. G. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de floresta estacional semidecidual, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 415-427, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509827725>
- Valentini, C. M. A.; Sanches, L.; Paula, S. R.; Vourlitis, G. L.; Nogueira, J. S.; Pinto, O. B.; Lobo, F. A. Soil respiration and above ground litter dynamics of a tropical transitional forest in Northwest Mato Grosso, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 113, n. G1, G00B10, 2008. <https://doi.org/10.1029/2007JG000619>
- Vallejo, L. R. **A influência do litter na distribuição das águas pluviais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1982. (Dissertação de mestrado).
- Vitousek, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984. <https://doi.org/10.2307/1939481>

Vogel, H. L. M.; Lorentz, L. H.; Oliveira, F. P. Serapilheira produzida em um fragmento de uma Floresta Estacional Subtropical no Estado do Rio Grande do Sul. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 2, n. 3, p. 84-92, 2014. <https://doi.org/10.5902/2316980X16354>

Werneck, M. S.; Pedralli, G.; Gieseke, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000200009>

White, B. L. A.; Nascimento, D. L.; Dantas, T. V. P.; Ribeiro, A. S. Dynamics of the production and decomposition of litterfall in a Brazilian Northeastern Tropical Forest (Serra de Itabaiana National Park, Sergipe State). **Acta Scientiarum Biological Science**, v. 35, n. 2, p. 195-201, 2013. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i2.11920>

Wieder, W. R.; Cleveland, C. C.; Townsend, A. R. Controls over leaf litter decomposition in wet tropical forests. **Ecology**, v. 90, p. 3333-3341, 2009. <https://doi.org/10.1890/08-2294.1>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.