

INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS METEOROLÓGICOS PRECIPITANTES SOBRE A PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM MANGUEZAL DA COSTA AMAZÔNICA

INFLUENCE OF PRECIPITATING METEOROLOGICAL SYSTEMS ON THE PRODUCTION OF LITTERFALL IN AMAZON COAST MANGROVE

Hyago Elias Nascimento Souza 

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico A (engenheiro ambiental) na Universidade do Estado do Pará – Belém (PA), Brasil.

Maria Isabel Vitorino 

Doutora em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Professora adjunta da UFPA – Belém (PA), Brasil.

Steel Silva Vasconcelos 

Doutor em Recursos e Conservação Florestal pela University of Florida. Pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental – Belém (PA), Brasil.

Eduardo Ribeiro Marinho 

Mestre em Ciências Ambientais pela UFPA. Professor de Química – Belém (PA), Brasil.

Carlos José Capela Bispo 

Mestre em Ciências Ambientais pela UFPA. Docente na Universidade do Estado do Pará – Belém (PA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Hyago Elias Nascimento Souza – Avenida Dezesesseis de Novembro, 581, Cidade Velha – CEP 66023-220 – Belém (PA), Brasil – E-mail: eng.hyagosouza@gmail.com

Recebido em: 31/10/2019

Aceito em: 30/01/2020

RESUMO

Manguezais são ecossistemas com significativa relevância ambiental e socioeconômica, e o conhecimento da relação ecológica desse ecossistema com a atmosfera é de fundamental importância para sua preservação e para o uso sustentável dos recursos naturais. Diante disso, este estudo tem como objetivos analisar os sistemas meteorológicos precipitantes e sua variação pluviométrica sazonal sobre a costa amazônica, bem como examinar sua influência na variabilidade da produção de serapilheira de floresta de mangue. Delimitaram-se três parcelas amostrais com 12 coletores de serapilheira de 1 m² no manguezal do Sítio Experimental de Cuiarana. Classificaram-se as coletas realizadas mensalmente em folha, lenhoso, material reprodutivo e miscelânea. Utilizaram-se dados de precipitação pluvial com base na Torre Micrometeorológica e na técnica *CPC MORPHing Technique* (CMORPH). Utilizaram-se as análises *two-way* e *one-way* de variância (ANOVA) ($p < 0,05$) e análise de regressão linear ($p < 0,05$). Os resultados indicam que a variação temporal da precipitação é modulada por diferentes sistemas meteorológicos. A produção total anual de serapilheira foi de $9,4 \pm 0,06$ Mg ha⁻¹ ano⁻¹, da qual 67% compunha-se de fração folha. As análises da fração folha total e folha da espécie *L. racemosa* apresentaram correlação significativa com a precipitação ($r^2 = 0,36$ e $r^2 = 0,72$; $p < 0,05$), respectivamente. Diante dos resultados, conclui-se que a produção de serapilheira do manguezal possui direta relação com os sistemas precipitantes.

Palavras-chave: precipitação; *Rhizophora mangle*; *Avicennia germinans*; *Laguncularia racemosa*; *CPC MORPHing Technique*.

ABSTRACT

Mangroves are ecosystems with significant environmental and socioeconomic relevance and knowledge of the ecological relationship between this ecosystem and the atmosphere is of fundamental importance for its preservation and sustainable use of natural resources. In this sense, this study aims to analyze the precipitating meteorological systems and their seasonal rainfall variation on the Amazon coast and their influence on the variability of litterfall production in the mangrove forest. 3 plots were delimited with 12 collectors of 1 m² litterfall in the experimental site of Cuiarana. The collections were performed monthly and were classified into leaf, woody, reproductive material and miscellaneous. Rainfall data from the Micrometeorological Tower and *CPC MORPHing technique* (CMORPH) were used. Two-way and one-way ANOVA ($p < 0,05$) and linear regression analysis ($p < 0,05$) were used. The results indicate that the temporal variation of precipitation is modulated by different meteorological systems. In the production of litterfall there was significant difference between the monthly production values and between the fractions of litterfall. The total annual production of litterfall was 9.4 ± 0.06 Mg ha⁻¹ year⁻¹, where 67% was composed by the leaf fraction. The analyses of the fraction Total leaf and leaf of the species *L. racemosa* showed significant correlation with precipitation ($r^2 = 0,36$ and $r^2 = 0,72$; $p < 0,05$), respectively. In view of the results, it is concluded that the production of mangrove litterfall has a direct relationship with the precipitating systems.

Keywords: precipitation; *Rhizophora mangle*; *Avicennia germinans*; *Laguncularia racemosa*; *CPC MORPHing Technique*.

INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas com significativa relevância em seus aspectos ecológicos, tais como produção de biomassa, manutenção das áreas costeiras, seu papel como berçários naturais para fauna terrestre e marinha, e como indicadores de mudanças climáticas (KAMRUZZAMAN *et al.*, 2019; FERNANDES *et al.*, 2018; OSLAND *et al.*, 2017). Além disso, esse ecossistema também fornece serviços cruciais para a humanidade, desde alimentação, proteção costeira e apoio à pesca, bem como estoque de carbono e mitigação das mudanças climáticas (CURNICK *et al.*, 2019; SIMARD *et al.*, 2019).

Além desses aspectos, os manguezais estão diretamente relacionados à cultura e crenças da população costeira e ao desenvolvimento econômico local, contribuindo com o turismo, a recreação e o lazer (FRIESS, 2016; MUSADAD, IBRAHIM, 2019).

Contudo, esses serviços oferecidos pelos manguezais estão sendo afetados negativamente pelo desenvolvimento das regiões costeiras e pelo uso inadequado dos recursos naturais (SIMARD *et al.*, 2019). Como resultado, muitos desses atrativos, pelos quais os manguezais são reconhecidos, são comprometidos ou perdidos, desencadeando significativos impactos ambientais, socio culturais e econômicos para a região (LYMBURNER *et al.*, 2020).

Assim, o amplo conhecimento sobre o ecossistema manguezal é de fundamental importância na sua preservação e no uso sustentável dos seus recursos naturais. As informações científicas de caráter ecológico e socioambiental auxiliam na elaboração de políticas públicas voltadas ao manejo e à conservação desse ecossistema nas áreas costeiras (THOMPSON, 2018; MUSADAD, IBRAHIM, 2019).

A costa amazônica brasileira possui uma área significativa das florestas de mangue do Brasil. Entre os estados do Pará e Maranhão, a linha de costa é conhecida como Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia. Essas florestas apresentam-se bem-conservadas e relativamente bem-protegidas por restingas abrigadas no interior dos estuários (SOUZA FILHO; MARTINS; COSTA, 2006).

Florestas de mangue em regiões equatoriais apresentam elevada produtividade, decorrente principalmente das condições meteorológicas, como altas taxas de precipitação pluviométrica, radiação solar e tempe-

ratura. A produção de serapilheira destaca-se como importante componente dessa produtividade do manguezal (KAMRUZZAMAN *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2019; COUGO *et al.*, 2015).

O entendimento da variação pluviométrica e dos sistemas meteorológicos precipitantes contribui para o entendimento da produção de serapilheira, sua variabilidade e sua exportação para áreas adjacentes por meio da dinâmica de marés (PRASAD *et al.*, 2019). As espécies arbóreas do manguezal estão inseridas em um complexo sistema de ciclagem de nutrientes, que, por intermédio da produção de serapilheira, fornecem ao ecossistema elementos nutritivos que auxiliam na sua manutenção (LARCHER *et al.*, 2014; MCHENGA; ALI, 2017; HOQUE *et al.*, 2015).

A serapilheira é todo material vegetal e animal depositado (*litterfall*) e acumulado (*litter*) sobre o solo das florestas, constituído geralmente de folhas, tecidos lenhosos, material reprodutivo (flores, frutos e sementes) e miscelânea (material não identificado), além de animais mortos e fezes (GOLLEY, 1983; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

A produção de serapilheira sofre variações ao longo do tempo (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; MEHLIG, 2006; SILVA *et al.*, 2011), geralmente associadas à dinâmica sazonal da precipitação pluviométrica que atua na região. Tal associação entre produção de serapilheira e sazonalidade da precipitação pluviométrica se deve à influência das condições climáticas da região sobre as características fenológicas do mangue (OSLAND *et al.*, 2017).

Dessa forma, admite-se que a dinâmica sazonal de precipitação local assume importante papel na determinação da variabilidade de produção da serapilheira no ecossistema de manguezal (HOQUE *et al.*, 2015; MCHENGA; ALI, 2017; OSLAND *et al.*, 2017). Contudo, existem poucos estudos científicos referentes a essa relação ecológica nos manguezais da Amazônia, o que prejudica a tomada de decisões em políticas públicas e ações no manejo e conservação desse ecossistema.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivos analisar a variação pluviométrica sazonal e os sistemas precipitantes sobre a costa amazônica, bem como a sua influência na variabilidade da produção de serapilheira em uma floresta de mangue durante um ciclo anual.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Sítio Experimental de Cuiarana, pertencente à Universidade Federal do Pará (UFPA) e à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizado na Comunidade de Cuiarana (00°39'36"S e 47°15'35"W), município de Salinópolis, costa amazônica do estado do Pará.

O manguezal da área de estudo apresenta feição de floresta de mangue, com presença de espécies arbóreas típicas dos manguezais brasileiros: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia germinans* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco), pertencentes, respectivamente, às famílias Rhizophoraceae, Acanthaceae e Combretaceae. Nessa feição, observa-se também um trecho de floresta de mangue anã, com altura média de 2 m. A mesma área ainda apresenta a feição Apicum, caracterizada como planície hipersalina, com textura areno-lamosa (SOUZA *et al.*, 2019; FERNANDES *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2014).

A região apresenta um sistema de macromarés (4 a 6 m de altura máxima), com regime semidiurno (BARBOSA *et al.*, 2015). O relevo do manguezal é entrecortado por canais (*creeks*) que acompanham o nível da maré. Esses canais contribuem para maior entrada de água do mar na floresta de mangue durante as marés de sizígia e quadratura (SOUZA *et al.*, 2019; SOUZA FILHO; MARTINS; COSTA, 2006).

Para descrever a precipitação mensal na região de Cuiarana durante o período do experimento, utilizaram-se dados mensais de precipitação pluviométrica (mm) obtidos com um pluviômetro instalado a 12 m de altura na Torre Micrometeorológica da UFRA, localizada dentro do Sítio Experimental de Cuiarana, a aproximadamente 400 m da floresta de mangue estudada. Essa torre registra dados de precipitação pluviométrica a cada 10 min, permitindo o cálculo mensal de chuva para a região.

Para descrever a variabilidade anual de precipitação (mm) em Cuiarana, utilizaram-se dados mensais de sensoriamento remoto obtidos pela técnica *CPC MORPHing technique* (CMORPH) para a região de Cuiarana, entre os anos de 1998 a 2016. O quadrante utilizado foi 1.619 com grade (resolução) de 8x8 km, obtendo-se e calculando-se a pluviosidade mensal para cada ano com base na soma dos dados de preci-

tação disponíveis a cada 30 min no National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os dados do NOAA estão disponíveis em <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/global_CMORPH/30min_8km>. As estimativas de precipitação seguiram os métodos descritos por Joyce *et al.* (2004), proporcionando uma análise climatológica da precipitação pluviométrica em Cuiarana.

Para descrever o acúmulo médio anual da precipitação (mm) em Cuiarana, calcularam-se dados anuais de precipitação entre os anos de 1998 a 2016. Para a análise da variação sazonal, calcularam-se as médias de precipitação, tendo como referência as estações do ano no Hemisfério Sul, ou seja, verão em dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), outono em março, abril e maio (MAM), inverno em junho, julho e agosto (JJA), primavera em setembro, outubro e novembro (SON) (MOURA; VITORINO, 2012; SOUZA *et al.*, 2009).

Nesse contexto, também se calcularam as anomalias de precipitação durante o período de coleta de serapilheira entre os anos de 1998 a 2016. Os valores positivos de precipitação (mm) indicam chuvas acima da média (anuais e mensais) e os negativos, chuvas abaixo da média (AMANAJÁS; BRAGA, 2012; MARENGO *et al.*, 2001).

Para obtenção da produção de serapilheira, delimitaram-se três parcelas amostrais de 20 m x 20 m (0,2 ha), denominadas de A, B e C, no interior da floresta de mangue no Sítio Experimental de Cuiarana. Dentro de cada parcela, instalaram-se aleatoriamente quatro coletores de serapilheira com rede de *nylon*, suspensos sobre varas de madeira à altura de 1,5 m do solo. Todos os coletores tinham área de coleta de 1 m². Realizaram-se as coletas da serapilheira mensalmente, acondicionando-se todo o material depositado no coletor em sacos plásticos e submetendo-o a secagem prévia ao sol. As coletas se iniciaram em agosto de 2017 e finalizaram em julho de 2018.

Classificaram-se e separaram-se as amostras nas seguintes frações:

- folha (por espécie);
- lenhoso;
- material reprodutivo (flor, fruto + estípula);

- miscelânea (material vegetal e animal não identificado, incluindo fezes).

Após a classificação, as amostras separadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante e, posteriormente, pesadas em balança com precisão de 0,01 g (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

Para comparar o aporte de produção de serapilheira de cada fração em cada mês e entre meses, utilizou-se

o método estatístico de análise de variância (ANOVA) *two-way repeated measures* ($p < 0,05$). E, para comparar a produção anual de cada fração, utilizou-se ANOVA *one-way* ($p < 0,05$) (LITTELL; HENRY; AMMERMAN, 1998). Para correlacionar os valores mensais de produção de serapilheira de cada fração com os valores médios mensais de precipitação, empregaram-se análises de regressão linear ($p < 0,05$) (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007). Para estas análises, fez-se uso dos *softwares* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 13.0 e o PAST versão 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total pluviométrico médio anual no período de 1998 a 2016 foi 2.787 mm para a região de Cuiarana, com maiores máximos de precipitação para as estações de verão (DJF) e outono (MAM). Ao se analisar a precipitação durante DJF, evidenciam-se máximos pluviométricos médios anuais com valores sazonais acima de 950 mm. Já durante MAM, observa-se intensificação do máximo pluviométrico médio anual acima de 1.600 mm, como apresenta a Tabela 1.

Essas condições de precipitação em ambos os trimestres são moduladas por dois sistemas meteorológicos atuantes na costa amazônica, as linhas de instabilidade (LI) e os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN), como descritos por Camponogara e Silva Dias (2011) e Cohen, Silva Dias e Nobre (1989). Ademais, no trimestre de MAM ocorre a atuação da zona de convergência intertropical (ZCIT), intensificando os máximos pluviométricos na região (AMANAJÁS; BRAGA, 2012; SOUZA *et al.*, 2009; MOURA; VITORINO; ADAMI, 2018; MOURA; VITORINO, 2012).

Para as estações de inverno (JJA) e primavera (SON), observaram-se os menores máximos de precipitação média anual na área de estudo, com máximos pluviométricos acima de 220 e 19 mm, respectivamente (Tabela 1). Durante esses dois períodos observa-se a atuação das LI, porém Alcântara *et al.* (2011) ressaltam que a maior frequência ocorre em JJA, associada aos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) e ao mecanismo de Brisa Marítima (BM) (COHEN; SILVA DIAS; NOBRE, 1989; COHEN; SILVA DIAS; NOBRE, 1995).

Sodré *et al.* (2015) explicam que, para SON, o Sistema Convectivo de Mesoescala Circular (SCMC) atua em

conjunto com as LI. Esses dois sistemas adentram no continente influenciados principalmente pela BM e pelos ventos alísios atuantes na costa amazônica, como observam Souza *et al.* (2019) e Germano *et al.* (2017). Ambos precipitam após a linha de costa, proporcionando menores volumes de chuva no litoral amazônico (COHEN; SILVA DIAS; NOBRE, 1995).

A grande variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica observada na região de Cuiarana caracteriza três períodos bem-definidos: um período chuvoso (DJF e MAM), um período menos chuvoso ou de transição (JJA) e um período seco (SON). Essa sazonalidade de precipitação é similar ao que demonstram Amanajás e Braga (2012) no estado do Pará e estudos meteorológicos de Souza *et al.* (2009) e Moraes *et al.* (2005).

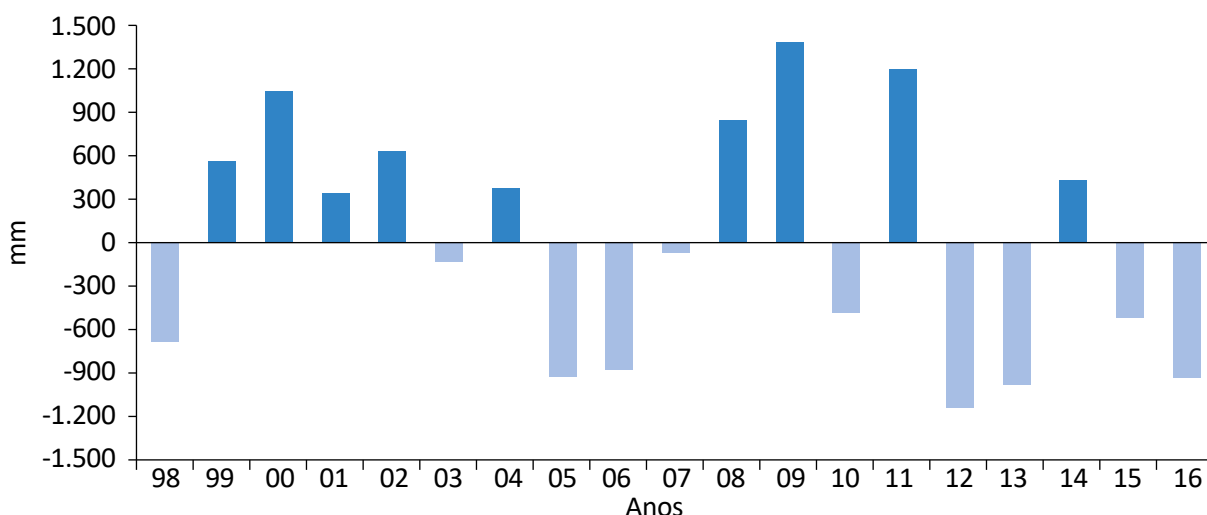
Entre os anos de 1998 a 2016, observou-se grande variabilidade das anomalias de precipitação para a região de Cuiarana (Figura 1). Anomalias representam acumulado de chuva abaixo (negativo) ou acima (positivo) da média anual (1998-2016). Na Figura 1, a variabilidade de precipitação ao longo dos anos indica principalmente a ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), demonstrando a influência desse mecanismo oceano-atmosfera de grande escala na costa da Amazônia (CPTEC INPE, 2018).

Durante o período de coleta de serapilheira, os trimestres de DJF e MAM apresentaram pluviosidade acima e abaixo da média anual, com 1.220 mm e 1.465 mm, respectivamente. Em março de 2018, registrou-se anomalia negativa de -317,6 mm na área de estudo, como demonstra a Figura 2, no entanto diversos estudos sobre a pluviosidade na Amazônia caracterizam o mês

Tabela 1 – Variação sazonal da precipitação pluviométrica entre dezembro de 1998 e novembro de 2016 na região de Cuiarana, costa amazônica.

Anos / Período	Precipitação Pluviométrica (mm)			
	DJF	MAM	JJA	SON
1999	882,5	1.929,4	345,8	37,8
2000	1.490,6	1.916,2	270,8	92,2
2001	1.956,4	1.137,2	221,4	41,4
2002	976,6	2.030,4	190,2	7,6
2003	1.206,0	1.418,4	196,8	0,4
2004	1.488,2	1.437,8	263,8	1,6
2005	442,0	1.280,8	69,0	0,6
2006	626,0	1.127,0	235,8	16,2
2007	593,8	1.768,0	62,0	3,8
2008	975,6	2.393,8	456,6	2,4
2009	1.595,2	2.189,2	361,0	1,2
2010	682,4	1.300,6	264,4	26,8
2011	1.599,0	2.249,0	189,0	65,0
2012	542,8	940,2	104,4	25,4
2013	421,2	989,2	382,8	17,8
2014	874,8	2.085,2	268,4	1,6
2015	314,0	1.798,0	150,8	1,2
2016	654,2	1.063,4	70,2	0,8
Média Anual	962,3	1614,1	228,0	19,1

DJF: dezembro, janeiro e fevereiro; MAM: março, abril e maio; JJA: junho, julho e agosto; SON: setembro, outubro e novembro. Fonte: disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph_description.html>. Acesso em: 20 out. 2018.



Fonte: disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/janowiak/cmorph_description.html>. Acesso em: 20 out. 2018.

Figura 1 – Anomalia de precipitação (mm) entre os anos de 1998 a 2016 na região de Cuiarana, costa amazônica.

de março como período mais chuvoso da região costeira (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010; AMANAJÁS; BRAGA, 2012; MARENGO *et al.*, 2001; REBOITA *et al.*, 2010).

Essa anomalia negativa registrada em março provavelmente foi influenciada pela variação negativa do índice de oscilação sul (IOS) em fevereiro e pelo índice positivo do modo meridional do Atlântico (MMA) em março de 2018, apresentados na Figura 2. Chiang e Vimont (2004) ressaltam que a variação desses índices durante o trimestre de MAM desfavoreceu a precipitação no litoral amazônico durante o mês de março, o que explica a elevada anomalia negativa de precipitação registrada em Cuiarana.

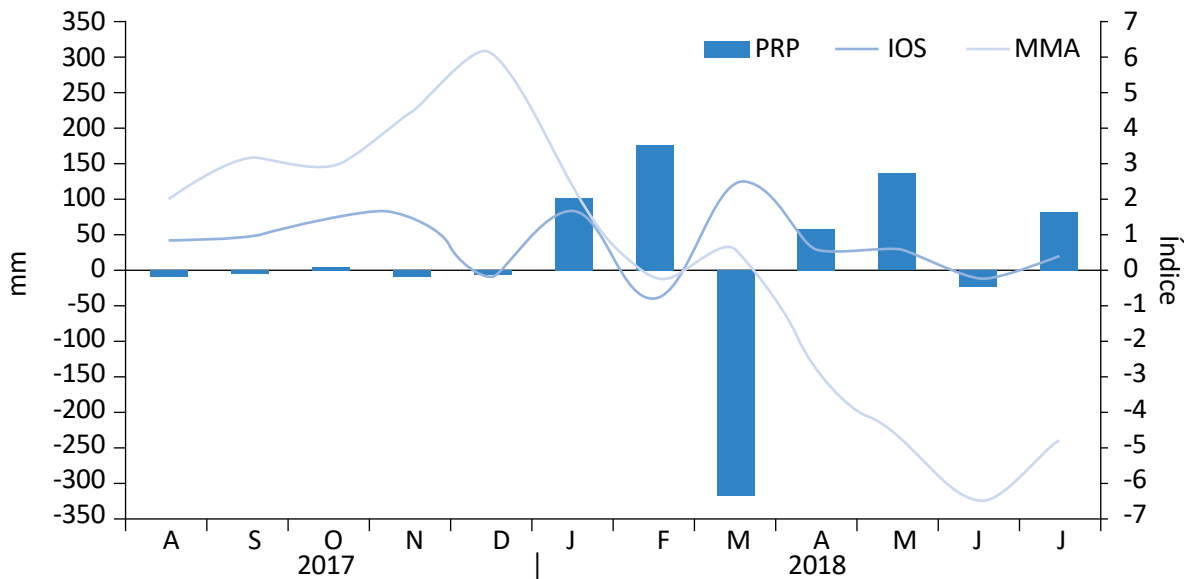
Para os trimestres de JJA e SON, a precipitação pluviométrica média anual foi de 278,3 mm e 81,6 mm, respectivamente. Esses valores também foram diferentes da média anual, com um trimestre de JJA mais chuvoso e um trimestre de SON mais seco em relação a essa média, durante a coleta de serapilheira em Cuiarana.

Houve diferença significativa entre os valores de produção mensal e entre as frações de serapilheira (grau

de liberdade/*degree of freedom* — $df = 33$, Fisher-Snedecor — $F = 2.900$, $p = 0,001$). Observaram-se diferenças significativas entre os meses da fração folha (total das três espécies) ($p < 0,05$), mas não nas frações lenhoso, material reprodutivo (flor, fruto + estípula) e miscelânea ($p > 0,05$). Entre as frações, verificaram-se diferenças significativas em todos os meses ($p < 0,05$), exceto nos de SON de 2017 e abril de 2018 (Tabela 2).

A observação de cada fração da serapilheira e a comparação do aporte entre as frações contribui para o entendimento de cada uma delas na ciclagem de nutrientes. Laanbroek *et al.* (2018) destacam que as folhas da espécie *A. germinans* apresentam maiores teores de nitrogênio, potássio e magnésio comparados aos das espécies *R. mangle* e *L. racemosa*. Em contrapartida, a espécie *L. racemosa* apresenta altos teores de fósforo e ferro. As folhas da espécie *R. mangle* são caracterizadas por apresentarem baixos teores de nitrogênio e altos teores de lignina, além de serem ricas em taninos (CUZZUOL; ROCHA, 2012).

As frações lenhoso e material reprodutivo também apresentam características químicas distintas, e essas



Fonte: disponível em: <<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>> e <<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/monthly/AMM/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

Figura 2 – Anomalia de precipitação (PRP) (mm), índice de oscilação sul (IOS) e modo meridional do Atlântico (MMA) durante o período de coleta de serapilheira (agosto de 2017 a julho de 2018) no manguezal do Sítio Experimental de Cuiarana.

diferentes composições químicas contribuem para variações nas formas e tempos de decomposição da serapilheira. (BERNINI *et al.*, 2006; CUZZUOL; ROCHA, 2012; LAANBROEK *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2014).

Da produção anual total de serapilheira (folhas + lenhoso + reprodutivo + miscelânea) com $9,4 \pm 0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, 67% foram compostos pela fração folha total ($6,32 \pm 0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Pesquisas em diferentes manguezais do mundo apontam que a fração folha geralmente apresenta o maior aporte na serapilheira (KAMRUZZAMAN *et al.*, 2019; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; HOQUE *et al.*, 2015; LARCHER *et al.*, 2014; MCHENGA; ALI, 2017). Essa produção anual total de serapilheira está de acordo com o histograma de produtividade de *litterfall* apresentado por Ribeiro *et al.* (2019) para as Américas.

A espécie *R. mangle* apresentou a maior produção de folhas, seguida das espécies *A. germinans* e *L. racemosa* ($4,51 \pm 0,04$, $1,01 \pm 0,02$ e $0,81 \pm 0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente). O material reprodutivo foi a segunda fração com maior produção anual $2,1 \pm 0,02 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, seguido pelas frações lenhoso $0,94 \pm 0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e miscelânea $0,04 \pm 0,00 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Essa distribuição de produção

anual das frações também foi registrada em manguezais de outros países por Jarero *et al.* (2017) no México, Mchenga e Ali (2017) na Tanzânia e Hoque *et al.* (2015) na Malásia, porém com espécies distintas das encontradas em Cuiarana.

Houve diferença significativa da fração folha entre as espécies ($df = 2$, $F = 46,212$, $p < 0,001$) e entre as frações folha total, lenhoso e material reprodutivo (flor, fruto + estípula) + miscelânea ($df = 2$, $F = 42,894$, $p < 0,001$) (Figura 3).

Ao avaliar quatro anos ininterruptos de produção de serapilheira em um manguezal da península de Ajuruteua (costa amazônica) com *R. mangle* e *A. germinans* e precipitação média anual de 3.000 mm, Fernandes, Nascimento e Carvalho (2007) obtiveram valores bem similares aos encontrados neste estudo: $9,2 \pm 0,32$, $9,6 \pm 0,4$, $10,8 \pm 0,28$ e $9,6 \pm 0,19 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A Tabela 3 apresenta outros valores de produção anual de serapilheira e precipitação em regiões do planeta. O estudo sobre estrutura de manguezais em escala global de Simard *et al.* (2019) indica a importância dos sistemas meteorológicos precipitantes, como os ciclones tropicais na altura do dossel e produtividade dos man-

Tabela 2 – Variação temporal das frações de serapilheira folha (total das três espécies), lenhoso, material reprodutivo (flor, fruto + estípula) e miscelânea no manguezal de Cuiarana, costa amazônica. Dados médios \pm erro padrão (n = 3)*.

Meses	Produção de serapilheira (g m^2)			
	Folha Total	Lenhoso	M. Reprodutivo	Miscelânea
Ago./17	$95,19 \pm 7,07$ A a	$7,81 \pm 4,27$ B a	$14,29 \pm 0,39$ BC a	$1,15 \pm 0,914$ BD a
Set./17	$49,37 \pm 22,88$ A ab	$11,04 \pm 2,49$ A a	$11,48 \pm 5,22$ A a	0,00
Out./17	$48,80 \pm 19,56$ A ab	$5,24 \pm 3,55$ A a	$15,98 \pm 3,32$ A a	0,00
Nov./17	$48,67 \pm 17,72$ A ab	$0,52 \pm 0,34$ A a	$16,04 \pm 2,89$ A a	0,00
Dez./17	$59,77 \pm 8,14$ A ab	$3,55 \pm 1,24$ B a	$17,75 \pm 8,05$ B a	0,00
Jan./18	$21,01 \pm 0,98$ A b	$9,27 \pm 2,26$ B a	$14,72 \pm 4,04$ AB a	0,00
Fev./18	$24,13 \pm 3,15$ A b	$5,81 \pm 0,82$ B a	$10,94 \pm 0,87$ B a	0,00
Mar./18	$50,20 \pm 10,40$ A ab	$11,89 \pm 1,38$ BC a	$29,61 \pm 8,61$ ABC a	$0,06 \pm 0,033$ C a
Abr./18	$35,06 \pm 3,05$ A b	$16,02 \pm 8,44$ A a	$23,69 \pm 7,02$ A a	0,00
Mai./18	$63,17 \pm 13,32$ A ab	$8,74 \pm 3,37$ B a	$23,87 \pm 6,62$ B a	$2,30 \pm 1,259$ B a
Jun./18	$68,27 \pm 2,40$ A ab	$8,66 \pm 5,14$ B a	$15,47 \pm 3,84$ B a	$0,15 \pm 0,154$ B a
Jul./18	$68,81 \pm 4,52$ A ab	$5,33 \pm 0,85$ B a	$15,74 \pm 3,43$ B a	0,00

*Médias com letras iguais (letras maiúsculas entre as frações em cada mês e letras minúsculas entre os meses em cada fração) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

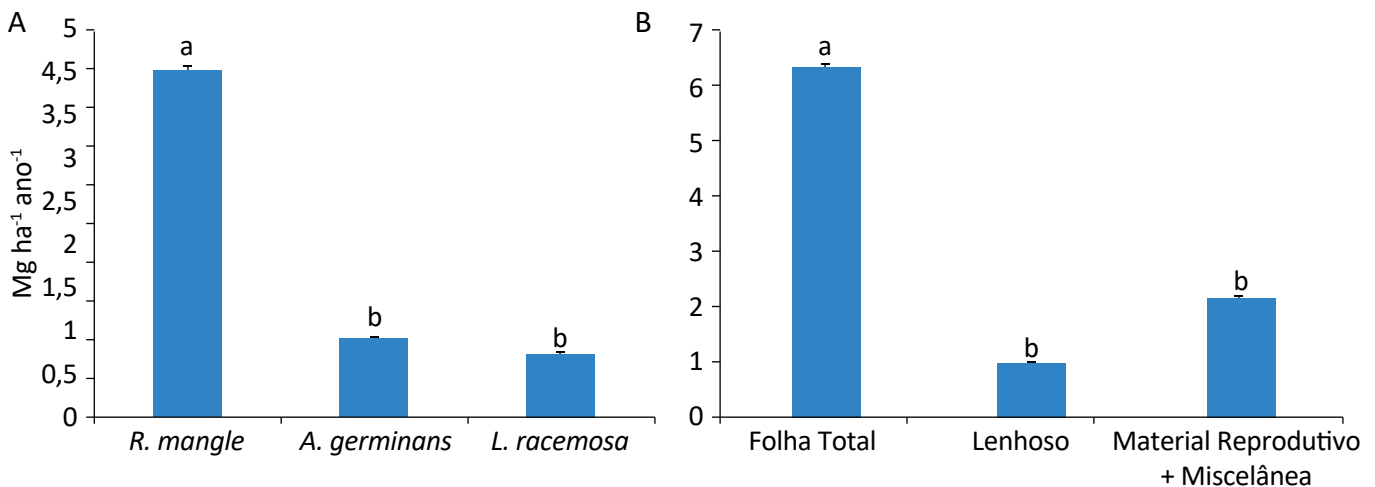
guezais em diferentes continentes. Osland *et al.* (2017) reforçam a forte relação entre manguezal e atmosfera na distribuição, abundância e riqueza de espécies.

Diante dos resultados de precipitação e produção de serapilheira, a Figura 4 apresenta o acumulado mensal de precipitação (mm) e a produção mensal das diferentes frações de serapilheira no manguezal de Cuiarana.

Observa-se que as espécies arbóreas apresentaram padrões distintos de produção de serapilheira foliar ao longo do ano. *R. mangle* e *A. germinans* apresentaram maior produção de folhas no trimestre JJA, soman-

do 160,6 e 49,4 g m⁻², respectivamente, com pico de produção em agosto de 2017 (Figura 4B). Fernandes, Nascimento e Carvalho (2007) e Mehlig (2006) também registraram, nesse mesmo período, alta produção de folhas dessas espécies em seus estudos na região de Bragança, costa amazônica. A espécie *L. racemosa* apresentou maior produção de folha no trimestre de SON, somando 37,9 g m⁻², com pico de produção em novembro (Figura 4B).

Com isso, as três espécies observadas apresentaram sua alta produção foliar durante o período menos



*Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Figura 3 – (A) Produção anual de serapilheira da fração folha por espécie; (B) produção anual de serapilheira das frações folha total, lenhoso e material reprodutivo (flor, fruto + estípula) + miscelânea. Dados médios ± erro padrão (n = 12)*.

Tabela 3 – Produção de serapilheira (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e precipitação média anual (mm) em manguezais.

Região	Latitude	Precipitação mm	Serapilheira Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Referência
Costa amazônica, Brasil	00°39'S	2.787	9,4	Este estudo
Paraná, Brasil	25°29'S	2.733	4,1	Larcher <i>et al.</i> (2014)
Zanzibar, Tanzânia	06°19'S	1.398	7,8	Mchenga e Ali (2017)
Sarawak, Malásia	03°59'N	3.794	16,4	Hoque <i>et al.</i> (2015)
Sundarbans, Bangladesh	21°30'N	2.000	10,1	Kamruzzaman <i>et al.</i> (2019)
Querala, Índia	10°01'N	2.390	16,5	Rani <i>et al.</i> (2016)
Ilha de Okinawa, Japão	26°27'N	2.482	11,7	Kamruzzaman <i>et al.</i> (2016)
Jalisco, México	19°40'N	700	7,8	Jarero <i>et al.</i> (2017)

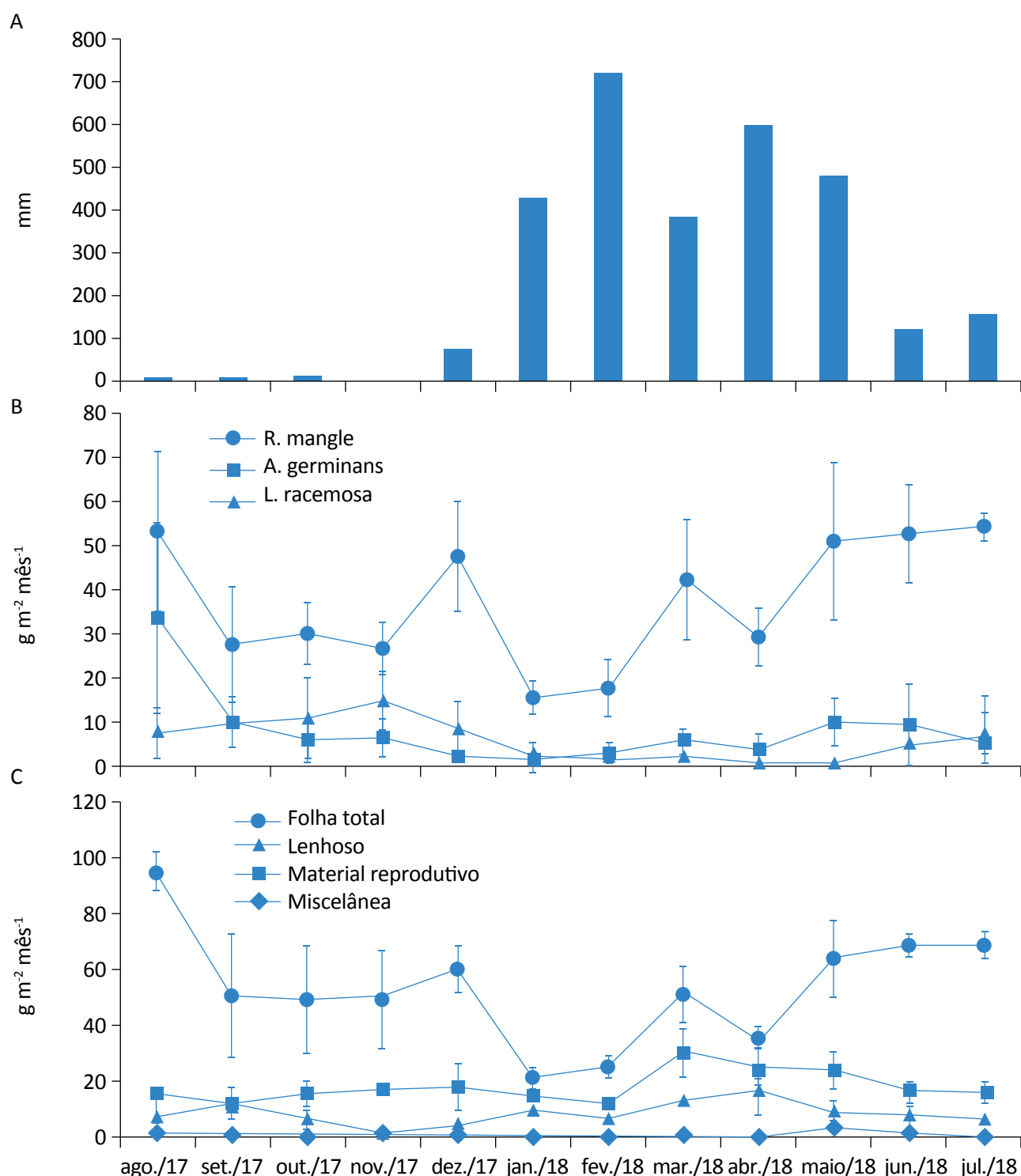


Figura 4 – (A) Acumulado mensal de precipitação (mm) para o Sítio Experimental de Cuiarana; (B) produção de serapilheira ($\text{g m}^{-2} \text{mês}^{-1}$) da fração folha por espécies; (C) Produção de serapilheira ($\text{g m}^{-2} \text{mês}^{-1}$) das frações folha total, lenhoso, material reprodutivo (flor, fruto + estípula) e miscelânea. Produção de serapilheira são dados médios \pm erro padrão ($n = 3$).

chuvoso e seco em Cuiarana. Janzen (1967) já sugeria que, em períodos menos chuvosos, as florestas tropicais tendem a ter maior abscisão foliar (queda natural de folhas), o que também observaram em seu estudo Silva *et al.* (2011). Mehlig (2006) explica que essa relação entre precipitação e produção de folhas também ocorre em manguezais da Amazônia, registrando alta produção durante meses menos chuvosos na região de Bragança, costa amazônica.

A fração lenhoso e a fração material reprodutivo (flor, fruto + estípula) apresentaram maior aporte acumulado no trimestre de MAM, somando 36,7 e 77,2 g m⁻², respectivamente. Observaram-se picos de produção em abril e setembro para a fração lenhoso e em março para a fração material reprodutivo (Figura 4C). Kamruzzaman *et al.* (2016) comentam que a produção da fração lenhoso é bastante elevada em manguezais na Ásia durante a temporada de tufões, sugerindo a relação dessa fração com o referido sistema meteorológico.

Como apontam Fernandes, Nascimento e Carvalho (2007), a produção de estípula ocorreu ao longo de todo o ano, porém observaram-se flores com maior produção durante as estações com menores precipi-

tações (JJA e SON). Identificaram-se frutos em elevada produção nos períodos com maiores precipitações (DJF e MAM). Mehlig (2006) também observou essa tendência na fração material reprodutivo, para as mesmas espécies de mangue deste estudo, na região de Bragança, costa amazônica. Essa tendência também foi verificada em diferentes espécies de mangues em outros continentes (MCHENGA; ALI, 2017; HOQUE *et al.*, 2015; KAMRUZZAMAN *et al.*, 2019).

A fração miscelânea apresentou-se com pouca variabilidade, no entanto, registrou-se maior produção dela no trimestre de MAM, somando 2,4 g m⁻² (Figura 4C). A presença de fezes foi bastante prevalente nessa fração. Silva, Santos e Fernandes (2017) explicam que, no trimestre de MAM, a atividade herbívora de insetos é frequente no manguezal amazônico, o que sugere que as fezes encontradas são geradas pela presença dessa fauna na floresta de mangue. Cuzzuol e Rocha (2012) acrescentam que a espécie *A. germinans* geralmente é a mais consumida pela fauna herbívora no manguezal.

A Figura 5 apresenta os resultados da análise de regressão linear. A fração folha total apresentou correlação significativa com a precipitação ($r^2 = 0,36$; $p < 0,05$). No

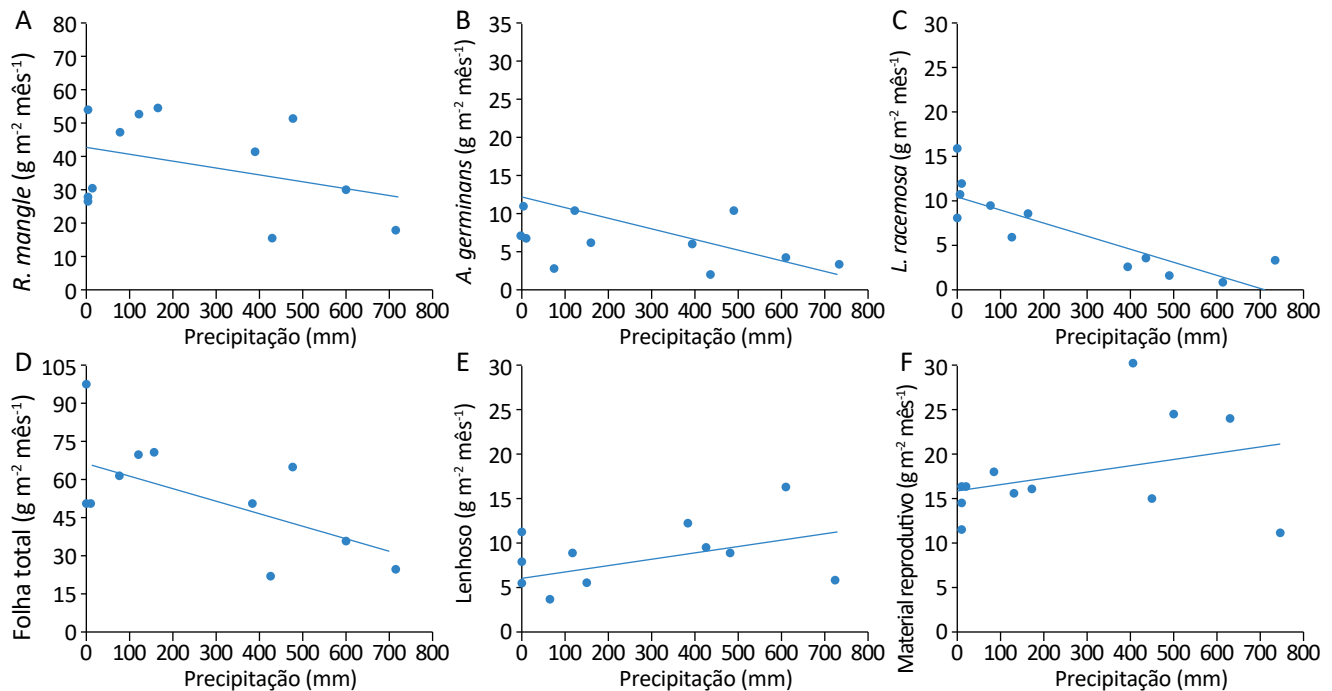


Figura 5 – Correlação entre as taxas de precipitação (mm) e a produção dos componentes de serapilheira (g m⁻² mês⁻¹) folha de (A) *R. mangle*, folha de (B) *A. germinans*, folha de (C) *L. racemosa*, (D) folha total, (E) lenhoso e (F) material reprodutivo (flor, fruto + estípula) no Sítio Experimental de Cuiarana.

entanto, quando se analisou a fração folha por espécie, apenas *L. racemosa* apresentou correlação significativa ($r^2 = 0,72$; $p < 0,001$), possivelmente pela sua alta produção de folhas durante o período seco em Cuiarana. As espécies *R. mangle* e *A. germinans* apresentaram baixa correlação ($r^2 = 0,12$; $p > 0,05$, e $r^2 = 0,17$; $p > 0,05$), respectivamente, por produzirem a maior quantidade de folhas no período menos chuvoso de Cuiarana.

Todas as correlações da fração folha tiveram tendências negativas com a precipitação, o que também observaram Fernandes, Nascimento e Carvalho (2007) para as mesmas espécies no manguezal de Bragança, costa amazônica. Como demonstra a Figura 2, a anomalia negativa de chuva registrada em março afetou diretamente o acumulado de precipitação desse mês, havendo aumento de produção de folhas pelas espécies *R. mangle* e *A. germinans*, como mostra a Figura 4. Esse cenário sugere que folhas são muito sensíveis às

variações da precipitação da região, afetando diretamente a produção de serapilheira.

Entretanto, as frações lenhoso e material reprodutivo (flor, fruto + estípula) tiveram tendências positivas com a precipitação de Cuiarana, mas não apresentaram correlação significativa ($r^2 = 0,20$; $p > 0,05$, e $r^2 = 0,10$; $p > 0,05$), respectivamente. Mehlig (2006) apresentou tendências similares para as mesmas frações e espécies de mangue.

Estudos sugerem (PRASAD *et al.*, 2019; SIMARD *et al.*, 2019; OSLAND *et al.*, 2017; FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; MEHLIG, 2006) que a alta produção de frutos no manguezal em meses mais chuvosos pode contribuir para a dispersão dos propágulos e sementes das espécies, utilizando a precipitação e a dinâmica de marés como mecanismos para a reprodução e ciclagem de nutrientes.

CONCLUSÃO

A variação da produção de serapilheira em manguezal da costa amazônica possui direta relação com os sistemas precipitantes atuantes na costa. Essa interação entre atmosfera e manguezal sugere a contribuição para o processo de ciclagem de nutrientes desse ecossistema, modulando a variação da produtividade de serapilheira em suas diferentes frações ao longo do ano.

Ademais, mecanismos de escala global como eventos ENOS e Dipolo do Atlântico modulam o regime pluviométrico na região costeira da Amazônia. Esses sistemas

podem gerar anomalias positivas ou negativas de precipitação, que alteram a produção da fração folha da serapilheira do manguezal.

Essas informações são de significativa contribuição na proposição de ações e políticas públicas de preservação e uso dos recursos naturais do manguezal. Esta pesquisa ainda demonstra a fragilidade que esse ecossistema possui em relação aos sistemas precipitantes e sugere novos estudos que demonstrem os impactos da relação manguezal e atmosfera sobre a sociedade amazônica.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M.F.; SOUZA, E.B.; OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA JÚNIOR, J.A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: Climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 6, p. 151-168, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25606>
- ALCÂNTARA, C.R.; DIAS, M.A.S.; SOUZA, E.P.; COHEN, J.C. Verification of the role of the low level jets in Amazon squall lines. *Atmospheric Research*, v. 100, n. 1, p. 36-44, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.12.023>
- AMANAJÁS, J.C.; BRAGA, C.C. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 4, p. 423-434, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000400006>
- BARBOSA, I.C.C.; MÜLLER, R.C.S.; ALVES, C.N.; BERRÊDO, J.F.; SOUZA FILHO, P.W. Composição Química de Sedimento de Manguezal do Estuário Bragantino (PA)-Brasil. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 4, p. 1087-1101, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150060>

- BERNINI, E.; SILVA, M.A.B.D.; CARMO, T.M.S.D.; CUZZUOL, G.R.F. Chemical composition of sediments and leaves of mangrove species at the São Mateus river estuary, Espírito Santo State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 29, n. 4, p. 689-699, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000400018>
- CAMPONOGARA, G.; SILVA DIAS, M.A.F. Precipitação diária e estrutura vertical da atmosfera em Belém, PA. *Ciência e Natura*, p. 263-266, 2011. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X9435>
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Acesso em: 20 de outubro de 2018. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/>
- CHIANG, J.C.H.; VIMONT, D.J. Analogous meridional modes of atmosphere–ocean variability in the tropical Pacific and tropical Atlantic. *Journal of Climate*, v. 17, n. 21, p. 4143-4158, 2004. <https://doi.org/10.1175/JCLI4953.1>
- COHEN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Aspectos Climatológicos das Linhas de Instabilidade na Amazônia. *CLIMANÁLISE - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v. 4, p. 34-40, 1989.
- COHEN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, v. 123, p. 3163-3174, 1995. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1995\)123%3C3163:ECAWAS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1995)123%3C3163:ECAWAS%3E2.0.CO;2)
- COUGO, M.; SOUZA-FILHO, P.; SILVA, A.; FERNANDES, M.; SANTOS, J.; ABREU, M.; NASCIMENTO, W.; SIMARD, M. Radarsat-2 backscattering for the modeling of biophysical parameters of regenerating mangrove forests. *Remote Sensing*, v. 7, n. 12, p. 17097-17112, 2015. <https://doi.org/10.3390/rs71215873>
- CURNICK, D.; PETTORELLI, N.; AMIR, A.; BALKE, T.; BARBIER, E.; CROOKS, S.; DAHDOUN-GUEBAS, F.; DUNCAN, C.; ENDSOR, C.; FRIESS, D.A.; QUARTO, A.; ZIMMER, M.; YIP LEE, S. The value of small mangrove patches. *Science*, v. 363, n. 6424, p. 239, 2019. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaw0809>
- CUZZUOL, G.R.F.; ROCHA, A.C. Interaction of the water regime with nutrients relations in a mangrove ecosystem. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n. 1, p. 11-19, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000100003>
- FERNANDES, D.; VITORINO, M.; SOUZA, P.J.; JARDIM, M. Efeito da radiação solar sobre a regeneração natural de manguezal em Cuiarana, Salinópolis, Pará. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 49, p. 108-122, 2018. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180333>
- FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de Mangueno Furo Grande, Bragança-Pará. *Revista Árvore*, v. 31, n. 5, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000500019>
- FRIESS, D.A. Ecosystem services and disservices of mangrove forests: insights from historical colonial observations. *Forests*, v. 7, n. 9, p. 183, 2016. <https://doi.org/10.3390/f7090183>
- GERMANO, M.F.; VITORINO, M.I.; COHEN, J.C.P.; COSTA, G.B.; SOUTO, J.I.D.O.; REBELO, M.T.C.; SOUSA, A.M.L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. *Atmospheric Science Letters*, v. 18, n. 2, p. 67-75, 2017. <https://doi.org/10.1002/asl.726>
- GOLLEY, F.B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: *Tropical forest ecosystems: structure and function*. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 137-156.
- JARERO E.G.R; PEÑA M.P.; URIARTE E.L.; ZATARAIN A.M. Litterfall production and retrospective analysis of satellite images of mangrove coverage in the coast of Jalisco, Mexico. *UTSOE-Journal Multidisciplinary Science*, v. 4, n. 8, p. 11-21, 2017. Disponível em: http://www.utsoe-journal.mx/Journal_T_VIII.pdf
- HOQUE, M.M.; MUSTAFA KAMAL, A.H.; IDRIS, M.H.; HARUNA AHMED, O.; RAFIQUH HOQUE, A.T.M.; MASUM BILLAH, M. Litterfall production in a tropical mangrove of Sarawak, Malaysia. *Zoology and Ecology*, v. 25, n. 2, p. 157-165, 2015. <https://doi.org/10.1080/21658005.2015.1016758>

- JANZEN, D.H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution*, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1967.tb03416.x>
- JOYCE, R.J.; JANOWIAK, J.E.; ARKIN, P.A.; XIE, P. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, v. 5, p. 487-503, 2004. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2004\)005%3C0487:CAMTPG%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2004)005%3C0487:CAMTPG%3E2.0.CO;2)
- KAMRUZZAMAN, M.; KAMARA, M.; SHARMA, S.; HAGIHARA, A. Stand structure, phenology and litterfall dynamics of a subtropical mangrove *Bruguiera gymnorrhiza*. *Journal of Forestry Research*, v. 27 n. 3, p. 513-523, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11676-015-0195-9>
- KAMRUZZAMAN, M.; BASAK, K.; PAUL, S.K.; AHMED, S.; OSAWA, A. Litterfall production, decomposition and nutrient accumulation in Sundarbans mangrove forests, Bangladesh. *Forest Science and Technology*, v. 15, n. 1, p. 24-32, 2019. <https://doi.org/10.1080/21580103.2018.1557566>
- LAANBROEK, H.J.; ZHANG, Q.F.; LEITE, M.; VERHOEVEN, J.T.; WHIGHAM, D.F. Effects of *Rhizophora* mangrove leaf litter and seedlings on carbon and nitrogen cycling in salt marshes—potential consequences of climate-induced mangrove migration. *Plant and Soil*, v. 426, n. 1-2, p. 383-400, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3611-z>
- LARCHER, L.; BOEGER, M.R.T.; NOGUEIRA, G.; REISSMANN, C. B. Produção de serapilheira em dois manguezais do estado do Paraná, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, v. 1, n. 1, p. 53-64, 2014. <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v1i1.84>
- LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, v. 76, n. 4, p. 1216-1231, 1998. <https://doi.org/10.2527/1998.7641216x>
- LYMBURNER, L.; BUNTING, P.; LUCAS, R.; SCARTH, P.; ALAM, I.; PHILLIPS, C.; TICEHURST, C.; HELD, A. Mapping the multi-decadal mangrove dynamics of the Australian coastline. *Remote Sensing of Environment*, v. 238, 111185, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.05.004>
- MARENGO, J.A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.E.; FILIZOLA, N.P.; WAINER, I.C. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Climate*, v. 14, n. 5, p. 833-852, 2001. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C0833:OAEOTR%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014%3C0833:OAEOTR%3E2.0.CO;2)
- MCHENGA, I.S.S.; ALI, A.I. Mangrove litter production and seasonality of dominant species in Zanzibar, Tanzania. *Journal of East African Natural History*, v. 106, n. 1, p. 5-18, 2017. <http://dx.doi.org/10.2982/028.106.0103>
- MEHLIG, U. Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. *Aquatic Botany*, v. 84, n. 2, p. 158-164, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.09.007>
- MORAES, B.C.; COSTA, J.M.N.; COSTA, A.C.L.; COSTA, M.H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 2, p. 207-217, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- MOURA, M.N.; VITORINO, M.I. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 4, p. 475-483, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000400010>
- MOURA, M.N.; VITORINO, M.I.; ADAMI, M. Análise de componentes principais da precipitação pluvial associada à produtividade de soja na Amazônia legal. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, 2018.
- MUSADAD, M.; IBRAHIM, M.I. Strategies for developing mangrove ecotourism in Riau Province, Indonesia. *Journal of Business on Hospitality and Tourism*, v. 5, n. 1, p. 86-95, 2019. <https://dx.doi.org/10.22334/jbhost.v5i1.142>
- OSLAND, M.J.; FEHER, L.C.; GRIFFITH, K.T.; CAVANAUGH, K.C.; ENWRIGHT, N.M.; DAY, R.H.; STAGG, C.L.; KRAUSS, K.W.; HOWARD, R.J.; GRACE, J.B.; ROGERS, K. Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests. *Ecological Monographs*, v. 87, n. 2, p. 341-359, 2017. <https://doi.org/10.1002/ecm.1248>

- PRASAD, M.H.K.; GANGULY, D.; PANEERSELVAM, A.R.; RAMESH, R. Seagrass litter decomposition: an additional nutrient source to shallow coastal waters Purvaja. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 191, n. 5, p. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7127-z>
- RANI, V.; SREELEKSHMI, S.; PREETHY, C.M.; BIJOY NANDAN, S. Phenology and litterfall dynamics structuring Ecosystem productivity in a tropical mangrove stand on South West coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, v. 8, parte 3, p. 400-407, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.02.008>
- REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 184-204, 2010.
- RIBEIRO, R.D.A.; ROVAI, A.S.; TWILLEY, R.R.; CASTAÑEDA-MOYA, E. Spatial variability of mangrove primary productivity in the neotropics. *Ecosphere*, v. 10, n. 8, e02841, 2019. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2841>
- SILVA, A.K.L.; VASCONCELOS, S.S.; CARVALHO, C.J.R.; CORDEIRO, I.M.C.C. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobiumparahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. *Plant and Soil*, v. 347, p. 377-386, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0857-0>
- SILVA, L.L.; SANTOS, R.C.O.; FERNANDES, M.E.B. Linking *Avicennia germinans* (Acanthaceae) architecture to gall richness and abundance in Brazilian Amazon mangroves. *Biotropica*, v. 49, n. 6, p. 784-791, 2017. <https://doi.org/10.1111/btp.12455>
- SIMARD, M.; FATOYINBO, L.; SMETANKA, C.; RIVERA-MONROY, V.H.; CASTAÑEDA-MOYA, E.; THOMAS, N.; VAN DER STOCKEN, T. Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, v. 12, p. 40-45, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0279-1>
- SODRÉ, G.R.; VITORINO, M.I.; COHEN, J.C.P.; MORAES, B.C. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 5, p. 1281-1293, 2015. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.5.p1281-1293>
- SOUZA, E.B.; LOPES, M.N.G.; ROCHA, E.J.P.; SOUZA, J.R.S.; CUNHA, A.C.; SILVA, R.R.; FERREIRA, D.B.S.; SANTOS, D.M.; CARMO, A.M.C.; SOUSA, J.R.A.; GUIMARÃES, P.L.; MOTA, M.A.S.; MAKINO, M.; SENNA, R.C.; SOUSA, A.M.L.; MOTA, G.V.; KUHN, P.A.F.; SOUZA, P.F.S.; VITORINO, M.I. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 2, p. 111-124, 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000200001>
- SOUZA, H.E.N.; VITORINO, M.I.; VASCONCELOS, S.S.; MARINHO, E.R.; BISPO, C.J.C. Variação temporal do Vento e sua interação com a produção de Serapilheira em Manguezal da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 6, p. 2204-2217, 2019. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2204-2217>
- SOUZA, M.; MOTA, M.; RUIVO, M.L.; CASTRO, R.; BERREDO, J.; SOUZA, P.; SOUZA, A. Atributos químicos do solo de manguezais sob condições de variação sazonal. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 33, p. 60-72, 2014.
- SOUZA FILHO, P.W.M.; MARTINS, E.S.F.; COSTA, F.R. Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon: a remote sensing data approach. *Ocean & Coastal Management*, v. 49, n. 7-8, p. 462-475, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2006.04.005>
- THOMPSON, B.S. The political ecology of mangrove forest restoration in Thailand: Institutional arrangements and power dynamics. *Land Use Policy*, v. 78, p. 503-514, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.07.016>

