

Influência das oscilações climáticas na produção de Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) na Amazônia Sul-Occidental

Jesus Padilha^{1*}, José Luiz Monteiro Benício de Melo¹, Dan Gustavo Feitosa Braga¹,
Matheus Nathaniel Soares da Costa², Alana Karen Mariano da Silva², Regiane Souza
Vilanova³, Rafael Coll Delgado⁴

¹Discente da Universidade Federal do Acre, Curso de Bacharelado em Engenharia Florestal, Rio Branco, Acre, Brasil. ²Mestrando em Ciência Florestal da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. ³Prefeitura de Salgueiro, Pernambuco. ⁴Professor do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil. *jesus.padilha@sou.ufac.br

Recebido em: 01/09/2025 Aceito em: 12/02/2026 Publicado em: 20/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.8.1-2>

RESUMO

A Castanha-do-brasil, semente da *Bertholletia excelsa*, é um produto florestal não madeireiro de elevado valor nutricional e expressivo valor comercial agregado. Este estudo objetivou analisar a influência das oscilações climáticas, nas estações seca e chuvosa, na produção de Castanha-do-brasil entre 2001 e 2023 em municípios de alto rendimento no estado do Acre. Para isso, foram utilizados dados meteorológicos de temperatura do ar (t_{max} ; °C, t_{min} ; °C e t_{med} ; °C), chuva (mm) e umidade relativa do ar (UR; %) do banco de dados BR-DWGD e extraídos para a área dos municípios de interesse. Os dados de produção foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Primeiramente, foram obtidas as anomalias das variáveis meteorológicas para quantificar suas oscilações e posteriormente, foram geradas duas matrizes de correlação pelo método não paramétrico de Spearman. Dentre os principais resultados, destaca-se a correlação negativa da produção com a t_{max} (-0,43), t_{med} (-0,43) e t_{min} (-0,35) na estação chuvosa, bem como a correlação negativa com a UR (-0,40) na estação seca. Portanto, conclui-se que o aumento das temperaturas e diminuição da UR nos últimos anos, influenciou negativamente a produção de Castanha-do-brasil na área analisada.

Palavras-chave: Extrativismo. Clima. Dados de reanálise. Conservação da natureza.

Influence of climate fluctuations on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) production in Southwestern Amazonia

ABSTRACT

Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) is a non-timber forest product of high nutritional value and significant commercial importance. This study aimed to analyze the influence of climatic oscillations during the dry and rainy seasons on Brazil nut production between 2001 and 2023 in high-yield municipalities of the state of Acre. Meteorological data on air temperature (t_{max} ; °C, t_{min} ; °C and t_{avg} ; °C), rainfall (mm), and relative humidity (RH; %) were obtained from the BR-DWGD database and extracted for the municipalities of interest. Production data were sourced from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). First, anomalies of the meteorological variables were calculated to quantify their oscillations, and subsequently, two correlation matrices were generated using Spearman's non-parametric method. Among the main results, there was a negative correlation between production and t_{max} (-0.43), t_{avg} (-0.43), and t_{min} (-0.35) during the rainy season, as well as a negative correlation with RH (-0.40) during the dry season. Therefore, it is concluded that the increase in temperature and the decrease in relative humidity in recent years have negatively influenced Brazil nut production in the analyzed area.

Keywords: Extractivism. Climate. Reanalysis data. Nature conservation.

INTRODUÇÃO

A semente da castanheira (*Bertholletia excelsa*), conhecida internacionalmente como Brazil nut, e nacionalmente como Castanha-do-brasil, é do tipo recalcitrante, com alto teor de vitaminas, minerais e lipídios, com destaque para suas ações anticancerígenas (CRUZ e ANDRADE, 2022).

Além disso, a Castanha-do-brasil destaca-se entre os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNMs), alcançando um valor de produção de R\$ 172,25 milhões em 2023, o que a posiciona como o terceiro principal PFNM alimentício do país (IBGE, 2024). Essa relevância econômica, aliada à sua importância para a subsistência de comunidades extrativistas, torna a castanheira uma das espécies simbólicas da região (COSTA *et al.*, 2022).

Apesar de seus benefícios à saúde e de sua importância socioeconômica, indivíduos de *B. excelsa* têm sofrido significativos impactos de mudanças em seu ambiente natural e em ambientes antropizados, com destaque para o estresse fisiológico resultante de secas, queimadas, desmatamento e outros fatores, principalmente na região do Arco do Desmatamento (SCOLES *et al.*, 2016).

Esses fatores, em conjunto com eventos climáticos extremos, como o fenômeno do El Niño Oscilação-Sul (ENOS), afetam negativamente as culturas florestais e todas as suas cadeias produtivas, influenciando na produção e, conseqüentemente, na geração de renda provenientes da extração vegetal (PASTANA *et al.*, 2021).

O ENOS é um fenômeno Oceano-Atmosférico que ocorre no Pacífico Equatorial, sendo que este fenômeno leva a variações nos padrões de chuva, velocidade e direção do vento e temperatura do ar (CARMO *et al.*, 2022). Este é caracterizado por possuir uma fase quente (El Niño), uma fase fria (La Niña) e uma fase de neutralidade, que podem acentuar o aumento de temperatura ocasionado pelas mudanças climáticas (YANG *et al.*, 2018).

Desse modo, Matos *et al.* (2023) destaca que as comunidades cuja o extrativismo é a principal renda, sofrem diminuição no poder aquisitivo devido a anomalias climáticas, resultando em diminuição da qualidade de vida e de subsistência. Além disso, os autores ressaltam que o impacto na cadeia produtiva da castanha pode ser um potencial indicador das mudanças climáticas na economia.

Estudos constataram a sucessividade de queda de produção da castanheira a eventos fortes de El Niño (PASTANA *et al.*, 2021). Da mesma forma, há pesquisas que analisam a cadeia econômica do seu fruto e seu impacto no extrativismo (SILVA *et al.*,

2021). No entanto, poucos estudos correlacionam esses ambos sucessos e acabam por não explorar o impacto de fenômenos de El Niño e La Niña nas cadeias de produção e seus efeitos nos setores econômicos dessa categoria.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a correlação entre as oscilações de variáveis meteorológicas e a cadeia de produção da Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) nas estações seca e chuvosa, no período de 2001 a 2023, em municípios de maior rendimento no estado do Acre.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

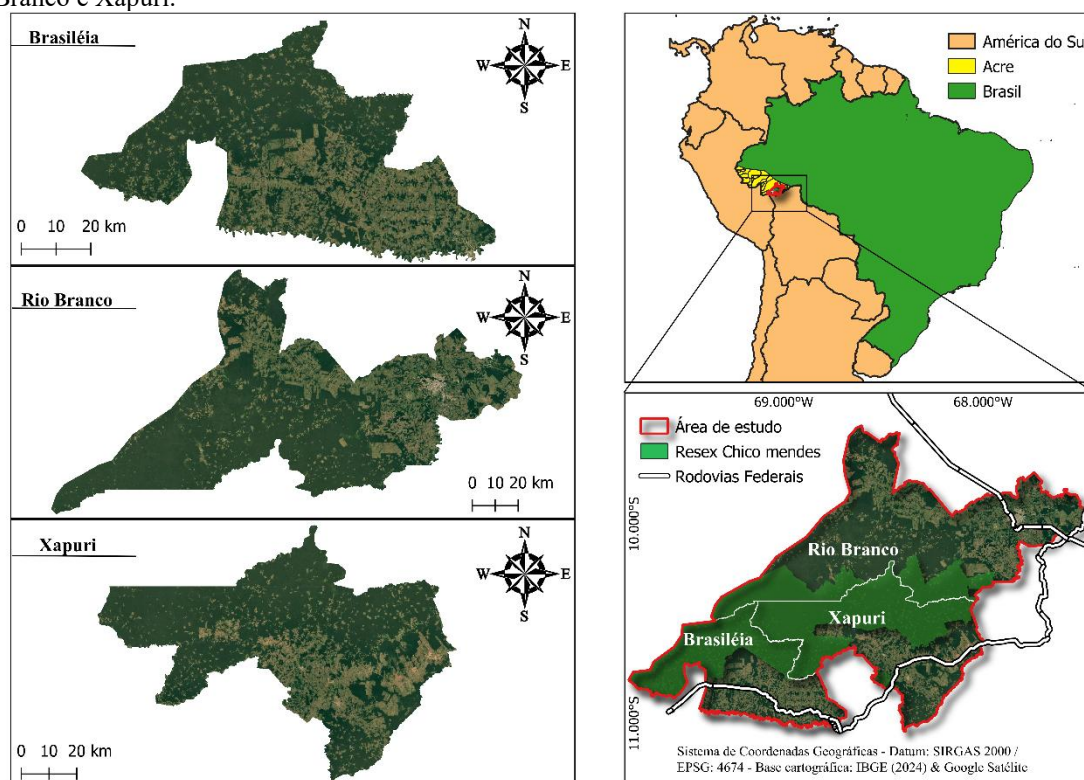
A área de estudo deste trabalho abrange os municípios de Brasiléia, Rio Branco e Xapuri, localizados no estado do Acre, no sudoeste da Amazônia brasileira. Estes municípios compreendem parte da Reserva Extrativista (RESEX) Chico Mendes (Figura 1), conhecida por sua vulnerabilidade às pressões antrópicas ocasionada pela rodovia federal BR-317, que possibilita diversas vias de acesso para dentro da RESEX (NASCIMENTO *et al.*, 2021).

Estes municípios foram selecionados por apresentarem as maiores produções de Castanha-do-brasil (em toneladas) no estado durante o período a ser analisado. O clima da região é predominantemente Am (Tropical de monção) com duas estações bem definidas durante o ano, a estação seca e chuvosa (ALVARES *et al.*, 2013).

Dados de produção de Castanha-do-brasil

Os dados de produção da Castanha-do-brasil, expressos em toneladas (t), referentes ao estado do Acre, foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio da plataforma SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>. As informações foram extraídas da seção Produção da Extração Vegetal e Silvicultura, abrangendo o período de 2001 a 2023, e exportadas em formato de planilha eletrônica (.csv). Posteriormente, a base de dados foi organizada e filtrada de modo a contemplar exclusivamente os municípios de Brasiléia, Rio Branco e Xapuri.

Figura 1 - Localização da área de estudo com visualização individual dos municípios de Brasiléia, Rio Branco e Xapuri.



Fonte: Autores (2025).

Dados meteorológicos e processamento

Para o estudo meteorológico, foram obtidos dados diários de chuva (mm), temperatura máxima e mínima do ar a 2 metros da superfície (t_{\max} e t_{\min} ; °C) e umidade relativa do ar (UR; %) a partir do banco de dados Brazilian-Daily-Weather-Gridded-Data (BR-DWGD) em formato NetCDF. Este banco de dados apresenta vantagens por ser validado a partir de estações meteorológicas distribuídas por todo o território brasileiro e oferecer uma resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (11 km \times 11 km) (XAVIER *et al.*, 2022). Para a análise dos dados, foi considerada uma faixa temporal de 23 anos, abrangendo o período de 01 de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2023.

Para a extração das variáveis meteorológicas, foi utilizado o software R (versão 4.4.1), com o suporte das bibliotecas “sp” e “raster”. As coordenadas dos pontos da área de estudo foram definidas com base em uma grade regular de 11 km \times 11 km, compatível com a resolução espacial da plataforma BR-DWGD, sendo esta grade gerada no software Quantum GIS (QGIS) Firenze, versão 3.28.

A partir dos dados extraídos, o software R foi novamente empregado para o processamento das séries temporais. Utilizou-se a biblioteca “dplyr” para agregar os

dados meteorológicos da escala diária para a escala mensal. Em seguida, foi calculada a temperatura média do ar (t_{med} ; °C) a partir da média aritmética entre os valores mensais da temperatura máxima e mínima do ar.

Análise estatística

Utilizou-se novamente o software R, com o auxílio das bibliotecas “dplyr” e “ggplot2”, para obtenção da média de referência (2001-2023) para cada variável meteorológica para análise de anomalia do clima. Em seguida, foram obtidas as anomalias individuais, definidas como a diferença entre cada valor mensal observado e a média de referência das variáveis para a faixa temporal.

Posteriormente, as anomalias foram agrupadas por intervalos temporais (2001–2011 e 2012–2023), e calculou-se a média das anomalias mensais para cada variável e intervalo (Equação 1). Esse procedimento permitiu identificar tendências de aumento ou diminuição das variáveis meteorológicas em relação à média de referência, possibilitando a realização de gráficos para comparação entre os períodos.

$$A_{v,m,p} = \frac{1}{N_p} \sum_{y \in p} (V_{v,m,y} - \bar{V}_v) \quad (1)$$

Em que:

$A_{v,m,p}$ = Anomalia Climática;

N_p = Número de anos (N) no período (p);

$y \in p$ = Soma sobre todos os anos (y) pertencentes ao período (p);

$V_{v,m,y}$ = Valor observado da variável (v) no mês (m) e ano (y);

\bar{V}_v = Média de referência da variável (v).

Adicionalmente, foi realizada uma comparação direta entre os períodos de 2001–2011 e 2012–2023, calculando a média de cada variável em cada intervalo e a diferença entre os dois períodos, obtendo assim, a alteração climática. Esta alteração complementa a análise de anomalias, permitindo quantificar de forma direta quanto cada variável aumentou ou reduziu ao longo das duas décadas.

Para a análise da relação entre as variáveis meteorológicas e a produção de Castanha-do-brasil, foram utilizadas duas matrizes de correlação pelo método não paramétrico de Spearman, conforme a abordagem proposta por Fernández *et al.* (2020).

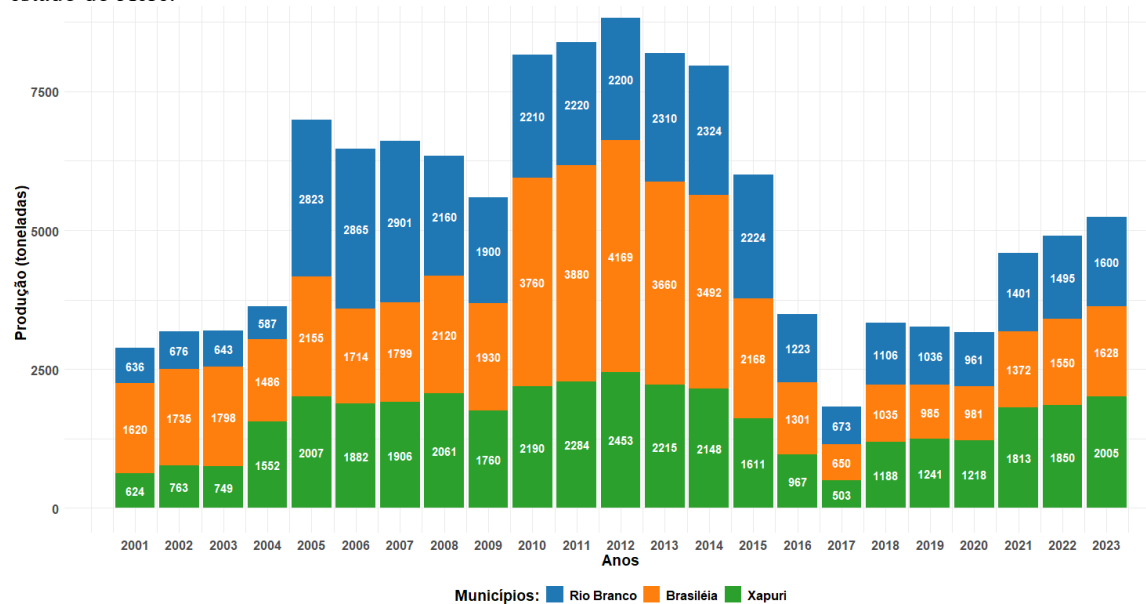
As variáveis climáticas foram organizadas em duas estações, visando compreender a sazonalidade e seus efeitos sobre a produção de frutos da Castanha-do-brasil. Consideraram-se os meses de abril a setembro como pertencentes à estação seca, e os meses de outubro a março como correspondentes à estação chuvosa (DELGADO *et al.*, 2014). A interpretação dos resultados foi apoiada na geração de gráficos por meio da biblioteca “corrplot”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de Castanha-do-brasil nos municípios

Durante o intervalo de tempo do estudo (2001-2023), a área analisada produziu em média, 5.311 toneladas de Castanha-do-brasil por ano, havendo uma tendência de crescimento no começo do milênio, com seu ápice nos primeiros anos da década de 2010 (Figura 2). Desde então, os resultados apresentaram redução da produção, com exceção dos três últimos anos analisados, que mostram crescimento.

Figura 2 - Produção anual da Castanha-do-brasil para os municípios de Brasiléia, Rio Branco e Xapuri, no estado do Acre.



Fonte: Autores (2025).

Destaca-se, entre os municípios analisados: Brasiléia como o que mais contribuiu para a produção de frutos de *B. excelsa*, com uma média anual de 2.043 toneladas por ano, seguida por Rio Branco e Xapuri que produziram 1.660 e 2.608 toneladas, respectivamente.

Análises que desconsideram fatores climáticos também têm buscado compreender o comportamento da produção de castanha. Nesse sentido, Silva *et al.* (2021) avaliaram o impacto da Política Estadual de Florestas (PEF) do Acre, implementada entre 1989 e 2018. Os autores observaram que os investimentos públicos em políticas de incentivo resultaram em um aumento expressivo da produção de castanha até 2008. No entanto, com a descontinuidade da Secretaria Estadual de Florestas em 2012, os níveis de produção retornaram a patamares semelhantes aos registrados no período anterior à implementação da PEF, entre 1989 e 1998.

Além dos números de produção, é relevante destacar o trabalho manual intensivo envolvido na prática extrativista. Alves e Silva (2023) estimam que, para percorrer toda a cadeia produtiva de 115 castanheiras desde a coleta até a comercialização são necessários 33 dias/homem, correspondendo a um custo de aproximadamente R\$ 1.650,00 em diárias. Tal valor, contudo, mostra-se insuficiente para garantir a maximização da coleta e do beneficiamento da castanha de forma satisfatória.

Comportamento das variáveis meteorológicas

Durante o período analisado, a t_{med} foi de 26,22°C na área estudada, apresentando variações interanuais expressivas. O ano de 2023 registrou a maior média da série histórica, com 27,34°C, enquanto o menor valor foi observado em 2008, com 25,71°C.

A t_{med} também variou sazonalmente, sendo mais baixa na estação seca (25,73°C) e mais elevada na estação chuvosa (26,70°C). Contrário ao que se possa intuir, isso porque apesar da sazonalidade regional, metade dos meses da estação chuvosa coincide com o verão no hemisfério sul, período em que o continente sul-americano recebe maior incidência de radiação solar, resultando conseqüentemente em temperaturas mais altas (FARIA *et al.*, 2024).

Quanto à chuva anual acumulada, a média para os 23 anos avaliados foi de 1.684 mm. O maior volume foi registrado em 2014 (2.190 mm), ao passo que o menor ocorreu em 2010 (1.443 mm). A distribuição sazonal revelou um padrão altamente contrastante: a estação chuvosa concentrou 76,4% do total anual (1.287 mm), enquanto a estação seca representou apenas 23,6% (397 mm), evidenciando uma marcada sazonalidade no regime de chuvas da região.

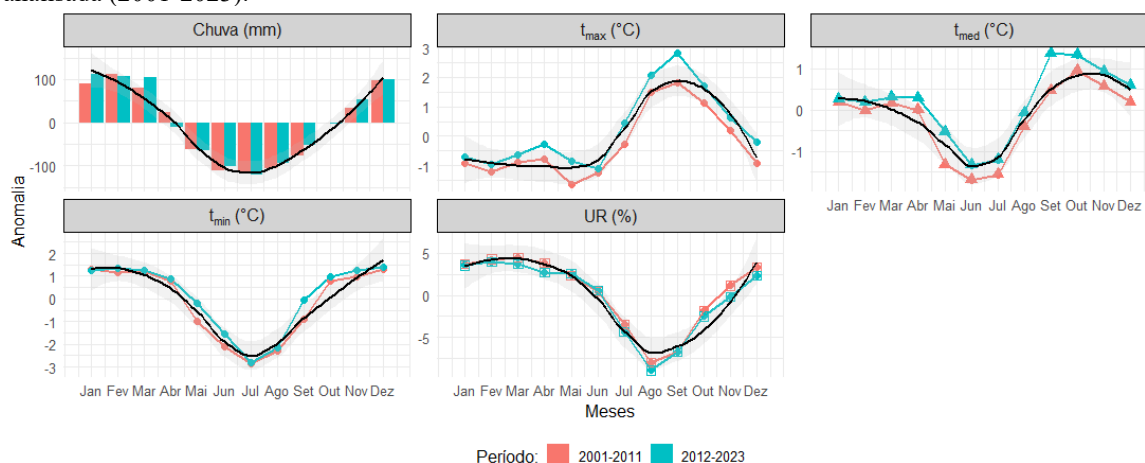
Ainda sobre o verão no hemisfério sul, as altas temperaturas favorecem o processo de evapotranspiração na região amazônica. Esse fenômeno desencadeia a formação de nuvens e maiores volumes de chuva na região. Como apontado por Melo *et al.* (2024^a),

que compararam diferentes métodos de evapotranspiração de referência na Floresta Estadual do Antimary e encontraram, em todos os métodos analisados, valores mais elevados durante os meses de equinócio de primavera e verão.

A UR apresentou média anual de 80% no período analisado. O ano de 2001 registrou o valor máximo (87%), enquanto 2010 marcou o mínimo (81%). A análise sazonal revelou diferença de 4,3% entre a estação chuvosa (86%) contra 81% na seca, sendo julho (79%), agosto (75%) e setembro (77%), em média, os meses com menor UR registrada. Evidenciando o gradiente de umidade característico do regime climático regional.

Ao analisar a Figura 3, observa-se que o período de 2012–2023 apresentou valores de anomalia de t_{\max} e t_{med} superiores aos do período 2001–2011, o que corrobora o aumento de temperaturas registrado nos últimos anos. Por outro lado, a anomalia de t_{\min} na última década não ficou tão acima da média do período 2001–2011, nem da média de referência. Além disso, a UR e a chuva também não registraram grandes diferenças na estimativa das anomalias na última década.

Figura 3 - Anomalias climáticas de cada variável meteorológica para a área de estudo na faixa temporal analisada (2001-2023).



Fonte: Autores (2025).

Observa-se também que os meses com as maiores anomalias positivas de temperatura correspondem à estação chuvosa. Para a t_{\max} , esse período estende-se de agosto a novembro, com pico em setembro, com valor de anomalia de 1,8°C para o período 2001-2011 e de 2,8°C para o período 2012-2023. Para a t_{med} , ocorre de setembro a janeiro, com pico em outubro (0,9°C) para o período 2001-2011 e em setembro (1,3°C)

para o período 2012-2023. A t_{\min} , por sua vez, apresentou anomalias positivas mais pronunciadas de outubro a abril, sem um ápice bem definido.

No que diz respeito à chuva, registraram-se anomalias negativas de maio a setembro e positivas de outubro a abril. O mês de abril em particular houve divergência, para a década de 2001-2011 houve anomalia positiva de 24,4 mm e para a de 2012-2023 anomalia negativa de -9,6 mm. Para a UR de dezembro a junho as anomalias tendem a ser positivas, para o restante dos meses as anomalias são negativas.

Ao comparar os valores médios das variáveis meteorológicas entre os períodos de 2001–2011 e 2012–2023, observa-se um aumento de 0,5°C na t_{\max} , seguido por incrementos de 0,4°C na t_{med} e de 0,2°C na t_{\min} . Em contrapartida, a UR registrou uma redução de -0,6%, enquanto a chuva acumulada apresentou um aumento de 5,08 mm (Tabela 1). Esses resultados evidenciam os efeitos agravantes da pressão antrópica sobre a floresta amazônica, a qual promove alterações significativas nos padrões regionais de temperatura e chuva (GATTI *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Análise descritiva da alteração do clima ao decorrer da faixa temporal comparando a média climática de 2001-2011 com a média climática de 2012-2023.

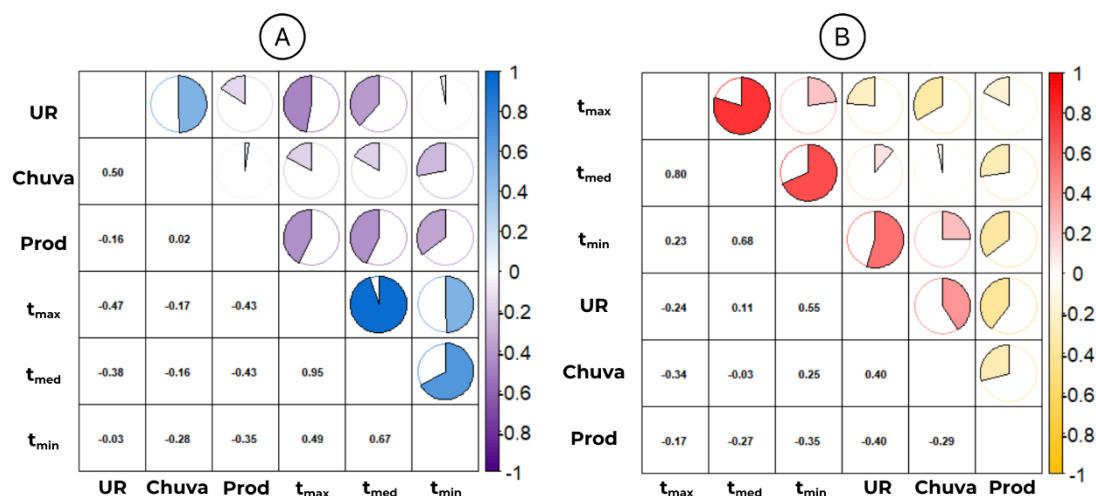
Alteração Climática			
Variáveis	Média 2001-2011	Média 2012-2023	Alteração
t_{\max}	31,2°C	31,7°C	0,5°C
t_{med}	26°C	26,4°C	0,4°C
t_{\min}	20,9°C	21,1°C	0,2°C
UR	83,6%	83%	-0,6%
Chuva	138 mm	143 mm	5,08 mm

Fonte: Autores (2025).

Impactos das variáveis climáticas no desempenho produtor das castanheiras

Ao analisar as matrizes de correlação (Figura 4), nota-se que a produção de Castanha-do-brasil para a área analisada tem correlação moderada e negativa com todas as variáveis meteorológicas na estação seca. Enquanto que na estação chuvosa, apenas tem correlação positiva com a chuva, indicando a alta sensibilidade das matrizes de castanheira com os elementos climáticos.

Figura 4 - Matrizes de correlação pelo método não paramétrico de Spearman entre as variáveis meteorológicas e a produção de castanha para os municípios de Brasília, Rio Branco e Xapuri, no estado do Acre. A - Estação Chuvosa; B - Estação seca. Em que, Chuva (mm); UR = Umidade relativa do ar (%); Prod = Produção de Castanha-do-brasil (toneladas); t_{max} = Temperatura máxima do ar (°C); t_{min} = Temperatura mínima do ar (°C) e t_{med} = Temperatura média do ar (°C).



Fonte: Autores (2025).

Durante a estação chuvosa, as temperaturas apresentaram as correlações negativas mais fortes com a produção de ouriços da castanheira, com t_{max} e t_{med} chegando a -0,43. Isso indica que o aumento da temperatura nos últimos anos (Tabela 1) tende a reduzir a produtividade das matrizes de *B. excelsa*. A temperatura influencia diretamente a germinação das sementes, e no caso da Castanha-do-brasil, as sementes não passam por dessecação na planta matriz, o que reduz seu vigor germinativo com o tempo (JUNIOR, 2010).

Em viveiros, a germinação tem alta taxa de sucesso até a quinta semana, mas pode cair cerca de 40% até a 11ª semana, devido ao caráter recalcitrante das sementes, que não toleram longos períodos de armazenamento ou permanência no solo (KAINER *et al.*, 1999).

Por outro lado, a chuva apresentou um coeficiente de correlação não significativo para com a produção da Castanha-do-brasil (0,02), com menos de 5% de significância nesta estação. Considerando que os meses desse período são os mais chuvosos da região (Figura 3), variações nos índices pluviométricos, positivas ou negativas, não parecem afetar a produção de ouriços. Essa interpretação é reforçada pelo baixo coeficiente de correlação observado entre a Castanha-do-brasil e a umidade relativa do ar (-0,16), uma vez que umidade e chuva estão positivamente correlacionadas (0,5).

Já durante a estação seca, as temperaturas do ar continuam influenciando negativamente na produção de Castanha-do-brasil, com a t_{min} apresentando a maior

correlação negativa (-0,36), seguida pela t_{med} (-0,27) e t_{max} (-0,17). Isso se deve ao fato de que durante a estação seca, altas temperaturas podem afetar na fenologia das matrizes de castanheira, influenciando na polinização e floração que ocorre nesse período e, conseqüentemente, na safra na estação chuvosa (PASTANA *et al.*, 2021).

Deve-se levar em consideração, também, a alta sensibilidade às mudanças de temperatura do ar dos polinizadores naturais das Lecythidaceae, família à qual pertence *B. excelsa*. Como apontado por Cavalcante *et al.* (2018), que constataram altas taxas de visita da espécie *Xylocopa frontalis* às castanheiras cultivadas em uma área experimental no estado do Amazonas. Esse comportamento está associado à alta concentração de néctar nas flores e apresenta uma correlação negativa com a temperatura do ar ao nível do dossel. Ou seja, as visitas são mais frequentes sob temperaturas mais amenas, ocorrendo predominantemente entre 5:30 e 10:30 h.

Os resultados obtidos por Pastana *et al.* (2021), evidenciou o impacto do ENOS extremo dos anos 2015/2016 na redução na produção de frutos de Castanha-do-brasil na safra seguinte. Os autores encontraram, por meio de correlação de Pearson, que o aumento de mais de 2°C na temperatura do oceano pacífico durante a estação seca de 2015, aumentou o coeficiente de correlação negativa da temperatura máxima com produção de ouriços da Castanha-do-brasil (-0,77) em ambas as áreas estudadas.

Ainda na estação seca, destacasse a correlação negativa da produção com a chuva (-0,29), indicando que aumentos na chuva durante esta estação, influenciam negativamente. Já a umidade relativa do ar se destaca como a variável que maior se correlacionou negativamente com a produção durante esta estação (-0,40). Estas duas variáveis meteorológicas continuaram se correlacionando proporcionalmente como na estação seca (0,40).

De acordo com Chisté *et al.* (2012) levando em consideração dados de Isoterma de adsorção de umidade, para que a Castanha-do-brasil apresente estabilidade microbiológica não deve conter elevada umidade. Dessa forma, a Castanha-do-brasil, quando armazenada em ambientes com elevada umidade relativas do ar, demandará maiores cuidados. Os autores recomendam a utilização de embalagens apropriada para a impermeabilização do vapor de água, para garantir maior estabilidade dos constituintes intrínsecos da Castanha-do-brasil.

No momento da queda dos frutos das matrizes de castanheiras, os ouriços ficam expostos no solo e tornam-se altamente suscetíveis à colonização por fungos toxigênicos, que podem metabolizar aflatoxinas (AFLs), compostos de caráter cancerígeno. Essa

susceptibilidade é agravada pela alta umidade proveniente da matéria orgânica em decomposição na superfície do solo (MARKLINDER *et al.*, 2005; NAIR *et al.*, 2021).

Além da umidade, outro fator crítico que interfere no metabolismo fúngico é a atividade de água (a_w). Medida em uma escala de 0 a 1, a a_w representa a relação entre a pressão de vapor da água no fruto e a pressão de vapor da água pura. Esse parâmetro reflete o grau de ligação da água com os componentes do ouriço. Quanto menor o valor de a_w , menos a água está disponível para os processos metabólicos e para o crescimento de microrganismos (CHISTÉ *et al.*, 2012; GIZACHEW *et al.*, 2019).

Em uma abordagem local, é importante destacar a influência da Rodovia Federal BR-317. Além de ter sido o principal fator da ocupação e do desenvolvimento na região, também está associada ao avanço do desmatamento e da fragmentação de habitats na RESEX Chico Mendes, onde o aumento de estradas foi de 400% entre 2007 e 2019 (Nascimento *et al.*, 2021). Dinâmica esta que os autores associam a expansão de áreas de pastagens, áreas estas com tendência futura crescente de ocorrência de focos de calor na região, e redução de cadeias de PFNMs como castanha e borracha (MELO *et al.*, 2024b).

Em áreas de pastagem, ao se analisar a baixa produção de frutos de *B. excelsa* utilizando aspectos morfológicos e variáveis climáticas, acompanhado com dados de uso do solo no estado do Pará, Cardoso *et al.* (2022) ressaltaram que ambientes submetidos ao desmatamento, possuem características que inferem menos capacidade de produção de frutos, sendo elas: recorrência do fogo, isolamento populacional, alta compactação do solo e condições microclimáticas adversas e incompatíveis com a espécie.

É importante destacar que no estado do Acre, a vegetação florestal responde às variações das condições climáticas, e estas respostas são mais evidenciadas pela diferença de pressão de superfície normalizada entre o Pacífico Central tropical e o Pacífico Ocidental, que o aumento e a queda desta, caracterizam os eventos de El Niño e La Niña, respectivamente (MELO *et al.*, 2024c; OLDENBORGH *et al.*, 2021).

Melo *et al.* (2024c), usando o índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), encontrou coeficientes negativos de correlação entre a umidade relativa do ar e o NDVI durante eventos de El Niño, La Niña e neutralidade, corroborando o encontrado neste estudo. Os autores associaram o coeficiente negativo a sua relação inversa com a temperatura do ar e pelo maior índice de chuva que ocorre na região amazônica.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que o aumento da t_{\max} , t_{med} , t_{\min} e da chuva, associado com a redução da UR nos últimos anos, influencia negativamente, de forma moderada, a produção de frutos das matrizes de castanheira. Ou seja, a produção de sementes da Castanha-do-brasil apresenta sensibilidade às variáveis meteorológicas, fato atribuído ao caráter recalcitrante das sementes, que as torna particularmente vulneráveis às variações de temperatura do ar e umidade relativa.

Durante a estação chuvosa, foi observada uma correlação negativa entre a produção de sementes e a temperatura do ar, tendência que também se manteve ao longo da estação seca. Nesse contexto, estudos que relacionam variáveis meteorológicas à produção de produtos florestais não madeireiros assumem especial relevância, sobretudo diante das mudanças climáticas globais e das oscilações associadas à temperatura das águas do oceano Pacífico, como os eventos El Niño e La Niña.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Grupo de Pesquisa CIMAF (Centro Integrado de Meteorologia Agrícola e Florestal), a Universidade Federal do Acre (UFAC) por disponibilizar o laboratório ao grupo de pesquisa. À comissão científica da XII Semana Florestal do campus Rio Branco, pela oportunidade de publicação do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, T. C. V.; DA SILVA, K. E. Valoração do trabalho agroextrativista de produtos da sociobiodiversidade na Amazônia: atividade de coleta da castanha-do-Brasil na reserva extrativista Chico Mendes, Acre, Brasil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 45, n. 1, 2023.
- CARDOSO, G. S. S.; SCOLES, R.; ARAGÓN, S. O que explica a baixa produção de frutos por árvores de *Bertholletia excelsa* em áreas de pastagem. **Scientia Forestalis**, v. 50, n. e3913, p. 1-15, 2022.
- CARMO, F. H. D. J. D.; LATORRACA, J. V. D. F.; VOLPATO, M., SANTOS, G. C. V. D.; SOUZA, P. P. D.; TAKIZAWA, F. H. Climate variations affect the growth period of young *Tectona grandis* Linn F. in the Amazon. **Acta Botanica Brasilica**, v. 36, p. 525, 2022.
- CAVALCANTE, M. C.; GALETTO, L.; MAUÉS, M. M.; FILHO, A. J. S. P.; BOMFIM, I. G. A.; FREITAS, B. M. Nectar production dynamics and daily pattern of pollinator visits in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantations in Central Amazon: implications for fruit production. **Apidologie**, v. 49, n. 4, p. 505-516, 2018.
- CHISTÉ, R. C.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Isotherma de adsorção de umidade da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 1, 2012.

COSTA, K. C. P.; GONÇALVES, J. F. C.; GONCALVES, A. L.; JUNIOR, A. R. N.; JAQUETTI, R. K.; SOUZA, V. F.; CARVALHO, J. C.; FERNANDES, A. V.; RODRIGUES, J. K.; NASCIMENTO, G. O.; WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; LIMA, R. M. B.; SCHIMPL, F. C.; SOUZA, J. P.; OLIVEIRA, S. S.; MILÉO, H. T. S.; SOUZA, D. P.; SILVA, A. C. L.; NASCIMENTO, H. M. I.; MAIA, J. M. F.; LOBO, F. A.; MAZZAFERA, P.; RAMOS, M. V.; KOOLEN, H. H. F.; MORAIS, R. R.; MARTINS, K.; FILHO, N. L.; NASCIMENTO, H. E. M.; GONÇALVES, C. D.; KRAMER, Y. V.; MARTINS, G. A.; RODRIGUES, M. O. Advances in Brazil nut tree ecophysiology: linking abiotic factors to tree growth and fruit production. **Current Forestry Reports**, v. 8, n. 1, p. 90-110, 2022.

CRUZ, E. S.; ANDRADE, J. S. Benefícios nutricionais da Castanha-do-Brasil no tratamento de aterosclerose em idosos: Nutritional benefits of Brazil Nut in the treatment of atherosclerosis in the elderly. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 73060-73078, 2022.

DELGADO, R. C.; JUNIOR, J. F. O.; GOIS, G.; LYRA, G. B. Cenários climáticos da radiação solar global baseados no modelo regional HadRM3 para o Estado do Acre. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 417-428, 2014.

FARIA, A. L. R.; SOUZA, B. R.; ARÉVALO, S. M. M.; DELGADO, R. C. Evolução da área de pastagem e sua relação com o clima nas mesorregiões do Acre (1985-2019). In: Sustentabilidade: Desafios e Impactos. **Editora Científica Digital**, p. 79-99, 2024.

FERNANDÉZ, E. G.; REY, A. P.; GONZÁLEZ, M. F.; AIRA, M. J.; RAJO, F. J. R. Prediction of grapevine yield based on reproductive variables and the influence of meteorological conditions. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 714, 2020.

GATTI, L. V.; BASSO, L. S.; MILLER, J. B.; GLOOR, M.; DOMINGUES, G. L.; CASSOL, H. L.; TEJADA, G.; ARAGÃO, L. E.; NOBRE, C.; PETERS, W.; MARANI, L.; ARAI, E.; SANCHES, A. H.; CORRÊA, S. M.; ANDERSON, L.; RANDOW, C. V.; CORREIA, C. S.; CRISPIM, S. P.; NEVES, R. A. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. **Nature**, v. 595, n. 7867, p. 388-393, 2021.

GIZACHEW, D., HSU, Y. C., SZONYI, B., TING, W. T. E. Effect of water activity, temperature, and incubation period on fungal growth and ochratoxin A production on Nyjer seeds. **Mycotoxin research**, v. 35, n. 1, p. 1-8, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da extração vegetal e da silvicultura - 2023**. Tabela 289. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso em: 28 out, 2024.

JUNIOR, M. J V. L. (Org.). **Manual de Procedimentos para Análise de Sementes Florestais**. Manaus: UFAM - Manaus-Amazonas, 146 p 2010.

KAINER, K. A.; DURYEY, M. L.; MALAVASI, M. M.; SILVA, E. R.; HARRISON, J. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. **Forest ecology and management**, v. 116, n. 1-3, p. 207-217, 1999.

MATOS, E. V. S.; NASCIMENTO, V. S.; SOUSA, M. R.; CARMELLO, N.; PRAZERES, H. A influência climática na produção da castanha da amazônia (*Bertholletia excelsa*) e na economia de famílias de comunidades fluviais no Vale do Jari - Ap. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, [S. l.], v. 5, n. 3, 2023.

MARKLINDER, I.; LINDBLAD, M.; GIDLUND, A.; OLSEN, M. Consumers' ability to discriminate aflatoxincontaminated Brazil nuts. **Food Add**, v. 22 (1), p. 56-64. 2005.

MELO, J. L. M. B.; BANDEIRA, A. J. B. BRAGA, D. G. F.; SILVA, G. H. G.; PADILHA, J.; VILANOVA, R. S.; DELGADO, R. C. Estimativa da evapotranspiração na floresta estadual do antimary: comparação de métodos e cenários futuros do IPCC. In: Pensando Sustentável: Reflexões Interdisciplinares Para um Futuro Resiliente. **Editora Científica Digital**, p. 150-170, 2024.

MELO, K. D. S., DELGADO, R. C., PEREIRA, M. G., ORTEGA, G. P. The Consequences of Climate Change in the Brazilian Western Amazon: A New Proposal for a Fire Risk Model in Rio Branco, Acre. **Forests**, v. 15, n. 1, p. 211, 2024.

MELO, J. L. M. B.; SILVA, G. H. G.; BANDEIRA, A. J. B. BRAGA, D. G. F.; PADILHA, J.; VILANOVA, R. S.; SILVA, A. K. M.; DELGADO, R. C. Influência dos Eventos Climáticos de El Niño e La Niña em Uma Área de Floresta Ombrófila Aberta na Amazônia Ocidental. In: *Ciência, Inovação e Tecnologia: Rumos Para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia*. **Stricto Sensu Editora**, p. 07-18, 2024.

NAIR, P. K R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Soil organic matter (SOM) and nutriente cycling. **An introduction to agroforestry: Four decades of scientific developments**, p. 383-411, 2021.

NASCIMENTO, E. D. S.; SILVA, S. S. D.; BORDIGNON, L.; MELO, A. W. F. D.; BRANDAO, A.; SOUZA, C. M.; JUNIOR, C. H. S. Roads in the Southwestern Amazon, State of Acre, between 2007 and 2019. **Land**, v. 10, n. 2, p. 106, 2021.

OLDENBORGH, G. J. V.; HENDON, H.; STOCKDALE, T.; L'HEUREUX, M.; PEREZ, E. C.; SINGH, R.; AALST, M. V. Defining El Niño indices in a warming climate. **Environmental research letters**, v. 16, n. 4, p. 044003, 2021.

PASTANA, D. N. B.; MODERNA, É. D. S.; WADT, L. H. D. O.; NEVES, E. D. S.; MARTORANO, L. G.; LIRA-GUEDES, A. C.; SOUZA, R. L. F.; COSTA, F. F.; BATISTA, A. P. B.; GUEDES, M. C. Strong El Niño reduces fruit production of Brazil-nut trees in the eastern Amazon. **Acta Amazonica**, v. 51, p. 270-279, 2021.

SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Survival and Fructification of *Bertholletia excelsa Bonpl.* in Deforested Areas, Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 555-564, 2016.

SILVA, F. B.; AZEVEDO, L. A. M.; SILVA, E. R.; LIMA, J. S. P. Política florestal no Acre 20 anos depois (2000–2018): análise de impacto na produção de Castanha-da-Amazônia. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, 2021.

XAVIER, A. C.; SCALON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.

YANG, S.; LI, Z.; YU, J. Y.; HU, X.; DONG, W.; HE, S. El Niño–Southern Oscillation and its impact in the changing climate. **National Science Review**, v. 5, n. 6, p. 840-857, 2018.