

TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: MITIGAÇÃO DE AFLATOXINAS NA PRODUÇÃO DE *Bertholletia excelsa Bonpl*

Data de aceite: 02/10/2024

Fátima Cristina Guerreiro Reale

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/3787865044537553>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7561-3205>

Cleomara Ramos Almeida

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/2845327709062894>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9348-5114>

Beatriz Leite da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/4510750646327220>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6007-9812>

Lucas José Mazzei de Freitas

Embrapa Amazônia Oriental
Belém-Pará

CV: <http://lattes.cnpq.br/5795318631773924>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1757-9472>

RESUMO: A castanha-da-Amazônia, um importante produto do extrativismo na região amazônica, enfrenta desafios significativos relacionados ao manejo inadequado, o que favorece a contaminação por micotoxinas, especialmente as aflatoxinas. Reconhecidas por seu alto potencial toxigênico, as aflatoxinas estão associadas a diversas patologias humanas, tornando essencial a abordagem dessa problemática. O presente estudo tem como objetivo investigar as tendências emergentes e os desafios na implementação da bioeconomia na Amazônia, com foco específico na mitigação das aflatoxinas na produção da castanha-da-Amazônia. A pesquisa foi fundamentada em um levantamento bibliográfico abrangente, utilizando fontes como o portal da CAPES, SCIELO Brasil, Google Acadêmico e Science Direct, que incluem dissertações, teses, artigos científicos e periódicos. A análise das informações destaca a urgência de adotar medidas que reduzam os riscos de contaminação por aflatoxinas em toda a cadeia produtiva, desde a coleta até o processamento final, enfatizando a importância da implementação de boas práticas agrícolas e de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Castanha-da-Amazônia, micotoxina, *Aspergillus*.

TRENDS AND CHALLENGES IN THE BRAZILIAN AMAZON BIOECONOMY: MITIGATION OF AFLATOXINS IN THE PRODUCTION OF *Bertholletia excelsa* Bonpl

ABSTRACT: The Brazil nut, an important product of extractivism in the Amazon region, faces significant challenges related to inadequate handling, which favors contamination by mycotoxins, especially aflatoxins. Recognized for their high toxic potential, aflatoxins are associated with various human pathologies, making it essential to address this issue. This study aims to investigate emerging trends and challenges in implementing the bioeconomy in the Amazon, with a specific focus on mitigating aflatoxins in Brazil nut production. The research is based on a comprehensive bibliographic survey utilizing sources such as the CAPES portal, SCIELO Brazil, Google Scholar, and Science Direct, which include dissertations, theses, scientific articles, and journals. The analysis of the information highlights the urgency of adopting measures to reduce aflatoxin contamination risks throughout the entire production chain, from harvesting to final processing, emphasizing the importance of implementing good agricultural and handling practices.

KEY WORDS: *Aspergillus*, Brazil nuts, mycotoxin.

1. INTRODUÇÃO

A castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) destaca-se pela sua importância social, ecológica e econômica. Sua distribuição abrange florestas em países como Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e Guiana, embora as densas formações estejam concentradas principalmente no Brasil (Lorenzi, 2000; Sá et al., 2008; Scoles et al., 2016; Salomão, 2009). Neste capítulo adotamos o nome castanha-da-Amazônia, em virtude da alta variedade de denominações populares atribuídas à espécie, como “castanha-do-Pará”, “castanha-do-Brasil”, “castanha-do-Acre” e “*Brazil nuts*”.

A espécie pertence à família *Lecythidaceae*, é uma árvore nativa imponente da região amazônica, pode atingir alturas superiores a 60 metros, com diâmetros na base que ultrapassam os quatro metros. O fruto, conhecido popularmente como “ouriço”, é uma cápsula esférica e ligeiramente achatada, com uma casca lenhosa e resistente, variando em peso entre 200 g e 1,5 kg, abriga em seu interior uma média de 18 sementes (Muller et al., 1995), que são uma rica fonte de ácidos graxos essenciais, proteínas, fibra, ácido fólico e oligoelementos, especialmente selênio (Kornsteiner; Wagner; Elmadfa, 2006; Pacheco e Scussel, 2007; Baquião, 2013).

A *Bertholletia excelsa* apresenta diversas aplicações, incluindo o uso de seu óleo com propriedades emolientes, nutritivas e lubrificantes, sendo muito utilizado pela indústria de cosméticos e dermocosméticos (Pastore et al., 2005). A torta, subproduto da prensagem das castanhas na produção de óleo, é aproveitada na culinária por seu alto valor nutricional (Gloria et al., 2000). Além disso, o ouriço é utilizado no artesanato da região. A castanha-da-Amazônia se destaca como uma importante fonte de benefícios sociais, econômicos e ambientais para a região de origem. Ela sustenta uma economia conectada a milhares de

famílias de extrativistas e agricultores, desempenhando um papel crucial no sustento das comunidades amazônicas (Sá et al., 2008; Homma, 2012).

A cadeia produtiva se estrutura por meio de uma complexa rede de pequenos negócios comunitários espalhados pela Amazônia. Esses negócios, aliados a intermediários, empresas compradoras, indústrias, atacadistas, varejistas e instituições de pesquisa e serviços, formam uma cadeia de valor sólida. Quando organizada de forma eficiente, essa cadeia pode impulsionar o desenvolvimento econômico e contribuir para o avanço da bioeconomia brasileira (Viteri et al., 2023).

Atualmente, a produção global de castanha-da-Amazônia concentra-se em três países: Bolívia, Peru e Brasil, responsáveis por aproximadamente 70% das exportações mundiais desse produto (Santos; Sena; Rocha, 2010). No entanto, as exportações brasileiras têm apresentado uma tendência de queda constante desde a década de 1990. Esse declínio é atribuído a diversos fatores, como problemas nas exportações (Ribeiro et al., 2023), a conversão de áreas de castanhas nativas em cultivos agropecuários (Santos et al., 2010), além da contaminação por fungos produtores de aflatoxinas (AFLs) (Martins Junior et al., 2011).

Em 1989, o governo dos Estados Unidos impôs uma proibição temporária à importação da castanha-da-Amazônia devido a preocupações com a contaminação por aflatoxinas. Para assegurar a segurança alimentar, a Resolução brasileira RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002, do Ministério da Saúde em cooperação com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabeleceu limites máximos tolerados para as toxinas AFB₁ + AFG₁: 10 µg/kg para castanhas sem casca destinadas ao consumo direto e 15 µg/kg para as que passarão por processamento (Kato et al., 2016).

As aflatoxinas são metabólitos secundários cancerígenos produzidos por fungos filamentosos, como *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius* (IARC, 1993; Bok & Keller, 2004; Yu et al., 2005). Essas substâncias apresentam efeitos tóxicos em seres humanos e animais, com efeitos que podem ser agudos, mutagênicos, neoplásicos e teratogênicos (Groopman et al., 1988; Harrison et al., 1993). A ingestão de aflatoxinas pode levar ao desenvolvimento de condições clínicas sérias, que variam conforme a espécie afetada, seja animal ou humana (Amaral & Machinski, 2006).

Por seu elevado teor de lipídios e proteínas, a castanha-da-Amazônia é um excelente substrato para a produção de grandes quantidades de micotoxinas. A contaminação pode ocorrer em várias etapas, desde o campo até o transporte e armazenamento do produto (Caldas et al., 2002).

Diante desse cenário, o presente artigo de revisão bibliográfica teve como objetivo analisar as tendências e desafios na aplicação da bioeconomia na Amazônia, com foco na mitigação das aflatoxinas na produção de castanha-da-Amazônia. Pretende-se fornecer uma visão abrangente e atualizada sobre a interseção desses temas críticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento bibliográfico fundamenta-se em conteúdos técnico-científicos disponíveis nos seguintes recursos: portal dos periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior), utilizamos o método de busca avançada nas coleções e acervos como: SCIELO Brasil (*Scientific Eletronic Library online*), *Science Direct* e *Web of Science Pratform*. As palavras de busca em português selecionadas foram “*Bertholletia excelsa*”, “aflatoxinas”, “micotoxina”, e “castanha-da-Amazonia” e na língua inglesa “*Brazil nuts*” e “*mycotoxin*” combinadas com os operadores booleanos (Boole, 1847) “and” e “or” para refinar os resultados e ampliar a abrangência da pesquisa. O levantamento abrangeu bibliotecas e repositórios digitais e *Google scholar*. Os dados são provenientes de dissertações, teses, artigos científicos e livros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal desafio associado ao sistema tradicional de coleta da castanha-da-Amazônia (*B. excelsa*) refere-se às condições sanitárias do produto final, em especial à contaminação por aflatoxinas. Para enfrentar essa questão, é imprescindível implementar modificações em todas as fases da cadeia produtiva. Castrillón e Purchio (1988) evidenciam, em seus estudos, os impactos negativos da trajetória comercial sobre a qualidade da castanha, apontando que fatores como atrito durante o transporte, condições climáticas adversas e volume pluviométrico durante a colheita favorecem a contaminação. Os autores também destacam o papel significativo dos fungos filamentosos saprófitos nesse processo. Esses achados ressaltam a urgência de aprimorar a gestão da cadeia produtiva, a fim de mitigar os impactos negativos sobre a qualidade da castanha-da-Amazônia.

Em suas investigações sobre os danos causados às amêndoas, Bitencourt (1949) identificou várias espécies fúngicas, destacando a presença de *Aspergillus flavus*. Almeida e Azevedo (1950) ressaltaram a sensibilidade das castanhas à ação dos fungos do gênero *Aspergillus*, especificamente as espécies *A. flavus* e *A. orizae*. Posteriormente, Lin (1976) isolou culturas de *A. flavus*, enfatizando a prevalência de *A. parasiticus*, um fungo conhecido por produzir aflatoxinas. Esses estudos sublinham a importância de entender a dinâmica da infestação fúngica, fornecendo entendimentos valiosos para o desenvolvimento de estratégias de controle e preservação da qualidade dos produtos.

Os primeiros registros sobre problemas relacionados à segurança toxicológica da castanha-da-Amazônia surgiram na década de 1960, quando foi identificada a “podridão da castanha”, causada por fungos do gênero *Aspergillus*, e passou a enfrentar medidas restritivas após um incidente ocorrido em 1960, na Inglaterra, em parte devido à sua origem brasileira (Almeida, 1963; Lira, 1976; Martins, 2010).

A contaminação por fungos toxigênicos do gênero *Aspergillus* representa um dos maiores desafios enfrentados por toda a cadeia produtiva, impactando diversas sementes comestíveis, como amendoim, sorgo, milho, noz, avelã, pistache e amêndoa (Passone et al., 2012; Bennett e Klisch, 2003; Gallo et al., 2016). Esses fungos, que produzem aflatoxinas, têm potencial prejudicial à saúde humana e animal (Bennett e Klisch, 2003; Cast, 2003). Em decorrência desses riscos, há restrições comerciais para produtos contaminados com aflatoxinas (ANVISA, 2011), resultando em perdas econômicas significativas (Cast, 2003; Passone et al., 2012). O controle efetivo da produção dessas toxinas em alimentos permanece um desafio importante, destacando a necessidade contínua de medidas rigorosas para garantir a segurança alimentar e minimizar os impactos econômicos negativos (Olsen et al., 2008).

As condições climáticas da região Amazônica podem favorecer a infecção e a proliferação de microrganismos nos frutos da castanheira (Martins Junior et al., 2011). A temperatura média anual na Amazônia varia de 24 a 27°C, com precipitação pluvial média entre 1.400 e 2.800 mm/ano, e a umidade relativa do ar geralmente ultrapassa 80% (EMBRAPA, 2008). Além disso, as condições de armazenamento podem favorecer a colonização por esses invasores, pois a temperatura durante o armazenamento normalmente oscila entre 26,2 e 28 °C, a atividade de água (Aa) varia entre 0,50 e 0,83, e a umidade relativa das castanhas varia de 2,4% a 18,9% (Santos et al, 2013). Outros estudos indicam que as condições de armazenamento e processamento podem atingir até 30°C, com umidade relativa do ar entre 80% e 97%, mantendo-se nessas condições por longos períodos (Arrus et al., 2005).

A exposição a micotoxinas tem sido uma preocupação constante na comunidade acadêmica e nas autoridades sanitárias globalmente. A contaminação pode ocorrer diretamente pela ingestão frequente de produtos agrícolas contaminados, como cereais e frutas, ou indiretamente por meio do consumo de produtos de origem animal alimentados com ração contaminada (Paterson; Lima, 2010). A atenção científica e as políticas públicas voltadas para garantir a segurança alimentar concentram-se, em grande parte, nas micotoxinas reconhecidas como tóxicas a diferentes órgãos e processos metabólicos, além de possuírem características carcinogênicas. O problema da contaminação por micotoxinas tem sido persistente em todo o mundo, com cerca de 25% das safras agrícolas identificadas como contaminadas ao longo dos anos (Ribeiro et al., 2020).

A detecção de fungos prejudiciais em alimentos, especialmente em grãos armazenados adequadamente, não implica automaticamente em um risco imediato para o consumo. Assim como a ausência de fungos em alimentos suspeitos não garante a ausência de micotoxinas. Mesmo que o fungo não esteja presente, a toxina pode estar ativa (Pitt, 2009; Osborne, 1982). Nos últimos dez anos, pesquisas intensivas têm sido essenciais para aprimorar a compreensão dos potenciais efeitos das aflatoxinas (AFLs) na saúde humana. Experimentos que avaliam a atividade biológica e os efeitos moleculares

da aflatoxina B1 (AFB1) em células hepáticas têm sido especialmente relevantes, além de sua aplicação em estudos populacionais (Oliveira e Germano, 1997).

Estudos de Calderari et al. (2013) na cadeia produtiva da castanha-da-Amazônia revelaram variações significativas nos níveis de aflatoxinas. Amostras coletadas na floresta apresentaram 18,10 µg/kg, enquanto nas plantas de processamento, antes da classificação, registrou-se 71,91 µg/kg, e após a classificação, 80,63 µg/kg. No supermercado, as amostras obtiveram 0,98 µg/kg, enquanto no mercado de rua, as castanhas com casca alcançaram 139,56 µg/kg, e as sem casca, 151,14 µg/kg. Esses resultados confirmam que as etapas de seleção e classificação reduzem, mas não eliminam completamente as aflatoxinas, garantindo uma melhoria na qualidade da castanha-da-Amazônia.

Pesquisas conduzidas por Ferreira, Helder et al. (2006) destacam que a implementação de boas práticas agrícolas, de transporte, manufatura e de armazenamento continua sendo a estratégia mais eficaz para prevenir a contaminação de alimentos por aflatoxinas. O transporte das castanhas-da-Amazônia para as usinas de beneficiamento frequentemente ocorre durante o período chuvoso, criando condições propícias para o crescimento de fungos e aumentando o risco de contaminação por aflatoxinas (Martins et al., 2012).

Conforme Arrus et al. (2005), é crucial manter um controle adequado da temperatura e da umidade relativa do ar durante o armazenamento para prevenir o crescimento dos fungos responsáveis pela aflatoxina. Para assegurar alimentos de alta qualidade, com foco no controle de contaminantes, resíduos biológicos e químicos, o Brasil implementou o Projeto de Monitoramento e Controle de Micotoxinas na Castanha-da-Amazônia (BRASIL, 2002), juntamente com o Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal (PNSQV) (BRASIL, 2003).

Para prevenir a contaminação por aflatoxinas nas castanhas-da-Amazônia, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu boas práticas no manejo da castanha, que incluem cuidados desde a coleta na floresta até a fase de beneficiamento do produto. É crucial minimizar o tempo de contato dos frutos com o solo, pois isso aumenta o risco de contaminação.

A pré-seleção das castanhas durante a quebra e cuidados no armazenamento também são recomendados (Brasil, 2012). A Embrapa promove a implementação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) no setor produtivo, que identifica e controla os pontos mais vulneráveis à contaminação ao longo da cadeia produtiva, desde a coleta até o consumo. Esse sistema é recomendado pela Organização Mundial do Comércio (OMC), é obrigatório para a entrada de castanhas-da-Amazônia na Europa e nos Estados Unidos, e está aprovado pelo *Codex Alimentarius* (Martins, 2010).

4. CONCLUSÃO

A contaminação por aflatoxinas na castanha-da-Amazônia é um desafio que requer atenção cuidadosa em todas as etapas da cadeia produtiva. Os dados analisados demonstram que fatores como armazenamento inadequado, condições climáticas e práticas de transporte inadequadas aumentam o risco de proliferação de fungos patogênicos. Embora haja avanços nas estratégias de manejo, como a implementação de boas práticas agrícolas e de controle de micotoxinas, a eliminação total das aflatoxinas ainda é um objetivo a ser alcançado. A cooperação entre produtores, instituições de pesquisa e órgãos governamentais é essencial para estabelecer protocolos eficazes que garantam a qualidade e a segurança do produto final. A educação e a conscientização sobre os riscos associados às aflatoxinas e as melhores práticas devem ser priorizadas para fortalecer a cadeia produtiva. Por fim, ao mitigar os riscos de contaminação, não apenas se preserva a saúde pública, mas também se potencializa a valorização e a competitividade da castanha-da-Amazônia no mercado global, assegurando um futuro mais sustentável para a região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.; AZEVEDO, P. C. O gênero *Aspergillus* e a podridão da castanha-do-Pará. *Pará Médico*, Belém, v. 50, p. 1-3, jan./mar.1950.
- ALMEIDA, S. R.; AZEVEDO, A. Sensibilidade de frutos a fungos do gênero *Aspergillus*. *Revista de Patologia Vegetal*, v. 12, n. 1, p. 45-58, 1950.
- ALMEIDA, C. P. Castanha-do-Pará, sua exportação e importância na economia amazônica. SAI n. 19. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 86 p. 1963.
- AMARAL, K. A. S.; MACHINSKI JUNIOR, M. Métodos analíticos para determinação de aflatoxinas em milho e seus derivados: uma revisão. *Revista Analítica*, São Paulo, v. 24, p. 56-58, ago./set. 2006.
- ARRUS, K.; BLANK, G.; ABRAMSON, D.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. *Journal of Stored Products Research*, v. 41, p. 513-527, 2005.
- ARRUS, K.; BRANCO, G.; CLARO, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSON, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. *Journal of Food Protection*, v. 68, p. 1060-1065, 2005.
- BAQUIÃO, A. C.; DE OLIVEIRA, M. M.; REIS, T. A.; ZORZETE, P.; ATAYDE, D. D.; CORREA, B. Monitoring and determination of fungi and mycotoxins in stored Brazil nuts. *Journal of Food Protection*, v. 76, n. 8, p. 1414-1420, 2013. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-13-005.
- BENNETT, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 16, n. 3, p. 497-516, 2003.
- BITENCOURT, A. A. Podridões da castanha do Pará. *Biológico*, São Paulo, v. 7, p. 303-312, 1949.

BOK, J. W.; KELLER, N. P. A regulator of secondary metabolism in *Aspergillus* spp. *Eukaryotic Cell*, v. 3, p. 527-535, 2004.

BOOLE, G. *The mathematical analysis of logic: being an essay towards a calculus of deductive reasoning*. Cambridge: Macmillan, 1847.

BRASIL. *Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal*. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 10, de 31 de julho de 2003. *Diário Oficial da União*, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeto de Monitoramento da Castanha do Brasil: Relatório de Atividades*. Brasília, 2002. 110 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeto de Monitoramento da Castanha do Brasil: Relatório de Atividades*. Brasília, DF: 110 p. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico*. Brasília, DF: MAPA, 2012.

CALDAS, E. D.; SILVA, S. C.; OLIVEIRA, J. N. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. *Revista de Saúde Pública*, v. 36, p. 319-323, 2002.

CALDERARI, T. O. et al. The biodiversity of *Aspergillus* section Flavi in Brazil nuts: from rainforest to consumer. *International Journal of Food Microbiology*, v. 3, p. 267-272, 2013.

CAST – COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. In: RICHARD, J. L.; PAYNE, G. A. (Ed.). *Mycotoxins: Risks in Plant, Animal and Human Systems*. Iowa, USA: Task Force Report, n. 139, 2003.

CASTRILLÓN, A. L.; PURCHIO, A. Fungos contaminantes e produtores de aflatoxinas em castanha do Pará (*Bertholletia excelsa* HUMB. & BONPL 1808). *Acta Amazonica*, v. 18, p. 173-183, 1988.

DOS SANTOS, J. C.; SENA, A. L. S.; DA ROCHA, C. I. L. *Competitividade brasileira no comércio internacional de castanha-do-brasil*. 2010.

DOS SANTOS, T. C.; ALVARES, V. D. S.; DACOSTA, D. A.; MADRUGA, A. L. S. Qualidade microbiológica da castanha-do-Brasil seca durante o armazenamento com ventilação forçada., 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl.)*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, v. 60, 2008. 22 p.

FERREIRA, H.; PITTMER, E.; SANCHES, H. F.; MONTEIRO, M. C. Aflatoxinas: um risco à saúde humana e animal. *Ambiência*, v. 2, n. 1, p. 113-127, 2006.

GALLO, A.; SOLFRIZZO, M.; EPIFANI, F.; PANZARINI, G.; PERRONE, G. Effect of temperature and water activity on gene expression and aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* on almond medium. *International Journal of Food Microbiology*, v. 217, p. 162-169, 2016.

- GLORIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. *Concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-pará: obtenção e caracterização química e funcional*. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GROOPMAN, J. D.; CAIN, L. G.; KENSLER, T. W. Aflatoxin exposure in human populations: measurements and relationship to cancer. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, v. 19, p. 113-145, 1988.
- HARRISON, J. C.; CARVAJAL, M.; GARNER, R. Does aflatoxin exposure in the United Kingdom constitute a cancer risk? *Environmental Health Perspectives*, v. 99, p. 99-105, 1993.
- HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012. DOI: 10.1590/S0103-40142012000100012.
- KATO, C. G.; BRUGNARI, T.; DE FREITAS, E. N.; CORREA, V. G.; OLIVEIRA, R. F. A presença de aflatoxinas na castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK): uma revisão. *Uningá Review*, v. 26, n. 2, 2016.
- KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.033.
- LIRA, M. H. High incidence of aflatoxigenic fungi in Brazil nut. *Fitopatologia*, v. 11, p. 21, 1976.
- LIN, M. T.; DIANESE, J. C. A coconut-agar medium for rapid detection of anatoxin production by *Aspergillus* spp. *Phytopathology*, v. 66, p. 1466-1469, 1976.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2000. 384 p.
- MARTINS JUNIOR, P. O.; SOUZA, V. Y. K.; CORREIA, A. F.; MATA, E. C. G.; KANZAKI, L. I. B. Fontes de contaminação microbiana da castanha-do-Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 6, n. 12, p. 21-30, 2011.
- MARTINS, M. Interação entre aflatoxinas, selênio e radioatividade em castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). 2010. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: <http://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3716>. Acesso em: 28 set. 2024.
- MARTINS, L. M. O.; MARTINS, O. M. M.; MARTINS, W. J. O. Avaliação de parâmetros de qualidade de amêndoas de castanha-do-Brasil consumidas em Rio Branco-Acre. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 14, n. 2, p. 155-160, 2012.
- MULLER, C. H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. B. *A cultura da castanha-do-Brasil*. Brasília: EMBRAPA-STI, 1995. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/387229/a-cultura-da-castanha-do-brasil>. Acesso em: 31 out. 2023.
- OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Aflatoxinas: conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu envolvimento na etiologia do câncer hepático celular. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 4, 1997.
- OLSEN, M.; JOHNSON, P.; MÖLLER, T.; PALADINO, R.; LINDBLAD, M. *Aspergillus nomius*, an important aflatoxin producer in Brazil nuts? *World Mycotoxin Journal*, v. 1, n. 2, p. 123-126, 2008.

- OSBORNE, B. G. Mycotoxins and the cereal industry: a review. *Journal of Food Technology*, v. 17, p. 1-9, 1982.
- PASSONE, M. A.; ROSSO, L. C.; ETCHEVERRY, M. Influence of sub-lethal antioxidant doses, water potential and temperature on growth, sclerotia, aflatoxins and aflD (= nor-1) expression by *Aspergillus flavus* RCP08108. *Microbiological Research*, v. 167, p. 470–477, 2012.
- PASTORE, F. J.; ARAÚJO, V. F.; PETRY, A. C.; ECHEVERRIA, R. M.; FERNANDES, E. C. *Plantas da Amazônia para a produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não madeireiro da Amazônia*. Brasília: UnB, OIMT e FEPA D, 2005.
- PATERSON, R. R. M.; LIMA, N. How will climate change affect mycotoxins in food. *Food Research International*, v. 42, n. 7, p. 1902-1914, 2010.
- PITT, J. I. *Fungi and food spoilage*. 3 ed. 2009.
- RIBEIRO, A. C.; DE BORBA, V. S.; RODRIGUES, M. H. P.; NOGUEIRA, W. V.; SIBAJA, K. V. M.; FURLONG, E. B. Capacitação de pessoal e seu papel na geração de relatórios sobre as demandas para mitigar o problema de micotoxinas / Treinamento de pessoal e seu papel na geração de informações sobre demandas para mitigar o problema de micotoxinas. *Revista Brasileira de Ciência Aplicada*, v. 4, n. 1, p. 176–185, 2020.
- RIBEIRO, R. M.; DOS SANTOS, A. J.; DA SILVA, J. C. G. L.; FREGA, J. R.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. Modelo analítico de competitividade de produtos florestais: aplicação ao caso da Castanha-do-Brasil. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 16, n. 7, p. 5922–5942, 2023.
- SÁ, C. P.; BAYMA, M. M. A.; WADT, L. H. O. Coeficientes técnicos, custo e rentabilidade para a coleta de castanha-do-brasil no Estado do Acre: sistema de produção melhorado. Rio Branco: Embrapa Acre, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 168).
- SALOMÃO, R. P. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 4, n. 1, p. 11-25, 2009.
- SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. *Floresta e Ambiente*, v. 23, p. 555-564, 2016.
- VITERI, G.; MACHADO, A. G.; CARTAXO, C. D. C.; WADT, L. D. O. Cadeia de valor: histórico e mercado atual. 2023.
- YU, J.; CLEVELAND, T. E.; NIERMAN, W. C.; BENNETT, J. W. *Aspergillus flavus* genomics: gateway to human and animal health, food safety, and crop resistance to diseases. *Revista Iberoamericana de Micología*, v. 22, p. 194-202, 2005.