

AFLATOXINA B₁ EM PESCADO: OCORRÊNCIA E AVALIAÇÃO DE RISCO PARA POPULAÇÃO DO NORDESTE BRASILEIRO

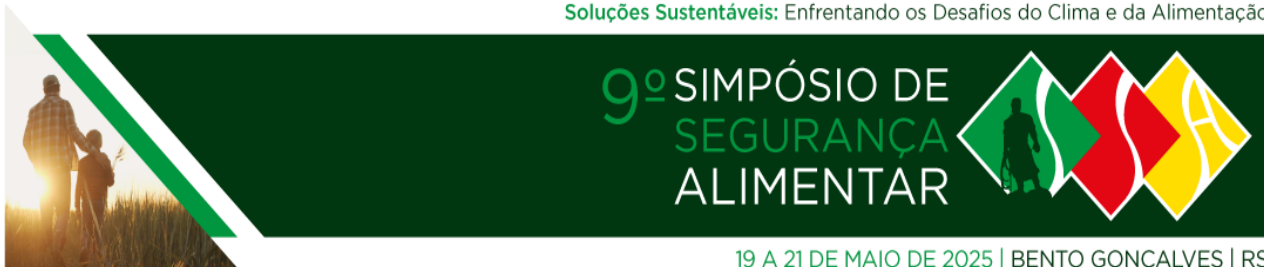
W. V. Nogueira¹, J. Garda-Buffon²

1 - Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande – CEP: 96203-900 – Rio Grande – RS – Brasil, Telefone: +55 (53) 32336987 – e-mail: (wesclenvilar@gmail.com)

1 - Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande – CEP: 96203-900 – Rio Grande – RS – Brasil, Telefone: +55 (53) 32336987 – e-mail: (jaquelinebuffon@furg.br)

RESUMO – Este estudo investigou a ocorrência de aflatoxina AFB₁ (AFB₁) em pescado da região Nordeste do Brasil e o risco de exposição para população consumidora. Foram coletadas um total de 13 amostras de diferentes espécies de pescado (tilápia, panga e surubim). A extração da AFB₁ das amostras foi realizada pelo método QuEChERS, quantificada por cromatografia líquida acoplada a um detector de fluorescência. Do total de amostras, 15,4% apresentaram contaminação, com concentrações superiores a 1 µg/kg. Apenas as amostras de tilápia apresentaram contaminação, evidenciando a ocorrência de contaminação cruzada entre regiões, já que sua origem, conforme indicado na embalagem, era do Sudeste. A estimativa de ingestão diária apontou que crianças estariam mais expostas a concentrações elevadas de AFB₁ ao consumirem pescado com os níveis detectados. Ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo da AFB₁ em pescado e a definição de valores de referência, visando estabelecer limites seguros e garantir maior proteção à saúde pública.

ABSTRACT – This study investigated the occurrence of aflatoxin B₁ (AFB₁) in fish from the Northeast region of Brazil and the exposure risk to the consumer population. A total of 13 samples from different fish species (tilapia, pangasius, and surubim) were collected. AFB₁ extraction was performed using the QuEChERS method and quantified by liquid chromatography coupled with a fluorescence detector. Among the total samples, 15.4% were contaminated, with concentrations exceeding 1 µg/kg. Contamination was detected only in tilapia samples, indicating cross-contamination between regions, as the packaging indicated that their origin was the Southeast. The estimated daily intake revealed that children would be more exposed to high AFB₁ concentrations when consuming fish with the detected levels. These findings highlight the need for continuous



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

monitoring of AFB₁ in fish and the establishment of reference values to set safe limits and ensure greater public health protection.

PALAVRAS-CHAVE: aquicultura; piscicultura; micotoxinas.

KEYWORDS: aquaculture; fish farming; mycotoxins.

1. INTRODUÇÃO

A produção aquícola ultrapassou 223 milhões de toneladas em 2022. Do total produzido, 89% foi destinado para consumo humano, representando 17% da proteína animal consumida mundialmente (FAO, 2024). A piscicultura se destaca dentre os setores produtivos da aquicultura, sendo o Brasil um dos países com maior potencial produtivo por apresentar abundância de recursos hídrico e edáficos, além de elevados números de espécies com mercadológico. Esses fatores são responsáveis por conferir ao Brasil a terceira posição no ranking de produção da América Latina e o décimo terceiro lugar no ranking de produção global, com despesca superior a 880 mil t em 2022 (FAO, 2024; Peixe BR, 2024). A ração é um fator essencial e crítico para piscicultura, representando até 70% dos custos operacionais, ofertando as espécies os nutrientes necessários para seu desenvolvimento saudável. Além disso, também pode ser via de exposição a contaminantes como as micotoxinas, metabólitos tóxicos produzidos por fungos toxigênicos, principalmente por espécies pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (Nogueira *et al.*, 2020a). Entre as micotoxinas, as aflatoxinas (AFs), destacam-se devido à sua alta toxicidade e impacto na segurança de alimentos e rações a nível global (Nogueira *et al.*, 2020b). Em especial, a aflatoxina B₁ (AFB₁) é a mais tóxica entre as AFs, sendo classificada como carcinogênica para humanos e animais pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, 2002).

A AFB₁ é frequentemente detectada em rações destinadas à piscicultura (Nogueira *et al.*, 2020a, b), e sua presença em produtos acabados está relacionada à sua estabilidade térmica (≥ 280 °C), não sendo eliminada pelos processos convencionais de industrialização, como extrusão e peletização. Estudos de digestibilidade *in vitro* para animais e humanos indicam que a bioacessibilidade da AFB₁ pode variar entre 85 e 100% em relação à concentração inicialmente presente na matriz naturalmente contaminada, respectivamente (Nogueira *et al.*, 2020b; Massarolo *et al.*, 2021). Da porção bioacessível, uma pequena concentração fica biodisponível, sendo parte excretada através das fezes e urina de forma inalterada ou hidroxilada (Jayasinghe *et al.*, 2021). Entretanto, mesmo que apenas uma pequena fração esteja biodisponível e não cause mortalidade, a



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

exposição contínua à AFB₁ pode desencadear alterações bioquímicas, fisiológicas e patológicas para as espécies cultivadas como a tilápia e o tambaqui, comprometendo a produtividade do setor (Gomes *et al.*, 2021). Devido a esses fatores, a legislação brasileira estabelece um valor de referência de 50 µg/kg para a somatória das AFs na ração animal (Brasil, 1988). No entanto, Michelin *et al.* (2016) ao avaliarem a transferência de AFB₁ da ração (50 µg/kg) para o lambari, constataram que, após 120 dias, os níveis da micotoxina no músculo atingiram ou superaram a concentração presente na ração. Isso indica que a legislação vigente não garante a segurança das espécies, além de representar risco para os consumidores de produtos derivados da piscicultura (Michelin *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2021). Considerando a produção piscícola no Brasil e no mundo, o consumo de pescado e os aspectos de segurança dos alimentos e saúde pública relacionados à toxicidade e bioacumulação de AFB₁, este estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de AFB₁ em pescado na região Nordeste e estimar o risco de exposição para a população local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de pescado (n = 13, entre tilápia, surubim e panga) foram coletadas em estabelecimentos comerciais da região Nordeste do Brasil e mantidas sob congelamento até o momento da determinação. O padrão analítico de AFB₁ foi obtido da Sigma-Aldrich. Acetonitrila (MeCN) foi adquirido da J.T Baker e hexano da Merck. Água ultrapura foi obtida por purificação em sistema Direct-Q UV3® Milipore (resistividade 18,2 MΩ/cm). A solução estoque de AFB₁ (10 µg/mL) foi preparada em benzeno:acetonitrila (98:2, v/v). A solução trabalho de AFB₁ (10 ng/mL) resultou da diluição da solução estoque em benzeno:acetonitrila (98:2, v/v) (AOAC, 2000). A concentração de AFB₁ na solução estoque foi estimada avaliando a absorbância em metanol considerando a absorvidade molar de 19800 L/mol/cm.

As amostras de músculo foram previamente homogeneizadas e maceradas por 2 min. Para extração foi empregado o método de QuEChERS utilizando MeCN como agente extrator e C18 na etapa de limpeza (Sobral *et al.*, 2019) e quantificado utilizando cromatografia líquida acoplado a detector de fluorescência (Nogueira *et al.*, 2020b). O método foi validado seguindo as diretrizes estabelecidas no Resolução da Diretoria Colegiada nº 166, de 24 de julho de 2017 (ANVISA, 2017). A ingestão diária estimada (IDE) foi estimada assumindo: (i) a média de concentração de AFB₁ determinada nas amostras; (ii) ingestão diária média de pescado para região Nordeste (0,02 kg) (Wagner, Coelho e Travassos, 2023) e (iii) massa corporal média para adultos (25-64 anos), jovens (13-17 anos) e crianças (9-12 anos) de 65,5, 52 e 38 kg, respectivamente. A ID foi estimada através



da Equação 1. Onde, IMP corresponde a ingestão média de pescado, CMM a concentração da micotoxina no músculo e MC a massa corporal média.

$$\text{IDE } \mu\text{g/kg/dia} = [(\text{IMP (kg/dia)} \times \text{CMM}(\mu\text{g/kg})) / \text{MC (kg)}] \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os parâmetros de qualidade analítica avaliados para a determinação da AFB₁ atenderam integralmente aos critérios e recomendações estabelecidos pelo órgão regulamentador: a equação da curva analítica na matriz obtida foi $y = 24325x - 594,98$; linearidade na faixa de 0,01 a 3 $\mu\text{g/kg}$; coeficiente de correlação e determinação acima de 0,998; limite de detecção e quantificação de 0,01 e 0,03 $\mu\text{g/kg}$, respectivamente e; recuperação média de $74,3\% \pm 0,20$. Entre as espécies analisadas para o estudo de ocorrência, apenas as amostras de tilápia apresentaram contaminação, com concentrações superiores a 1 $\mu\text{g/kg}$, além de evidenciar a ocorrência de contaminação cruzada entre regiões (Tabela 1). A IDE de AFB₁, apresentou ordem decrescente de exposição para a crianças, jovens e adultos (Tabela 2). A presença de AFB₁ no músculo de tilápia e sua consequente implicação na IDE reforçam a necessidade de avaliar a bioacumulação dessa micotoxina em diferentes espécies aquícolas.

Tabela 1 - Dados relativos ao local de coleta, produção e contaminação das amostras de pescado

Amostra	Espécie	Local de coleta	Local de produção	AFB ₁ ($\mu\text{g/kg}$)
11	Tilápia	Nordeste	Sudeste	1,09
12	Tilápia	Nordeste	Sudeste	0,76

Tabela 2 - IDE de AFB₁ para população da região Nordeste por faixa etária

Região	IDE de AFB ₁ ($\mu\text{g/kg/dia}$)		
	Criança	Jovem	Adulto
Nordeste	0,0004	0,0003	0,0002

Estudos prévios realizados em espécies cultivadas na piscicultura brasileira relataram valores similares ou superiores aos observados neste estudo como matrinxã e tambaqui com 0,09 e 3,28 $\mu\text{g/kg}$, respectivamente (Bedoya-Serna *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2019). Apesar do elevado consumo global de pescado e da detecção de AFB₁ em diferentes espécies, os valores de IDE recomendados atualmente se restringem ocratoxina A (0,017 $\mu\text{g/kg/dia}$), zearalenona (0,2 $\mu\text{g/kg/dia}$), desoxinivalenol (1 $\mu\text{g/kg/dia}$) e as toxinas T-2 e HT-2 combinadas (0,1 $\mu\text{g/kg/dia}$) (FAO, 2001;



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

European Commission, 2006). Apesar de não existirem valores recomendados para a AFB₁, a European Commission (1996) alerta que o consumo de concentrações inferiores a 1 ng/kg/dia podem causar efeitos cancerígenos, especialmente no fígado. O estabelecimento de IDE para AFB₁ em pescado deve ser considerado, uma vez que estudos evidenciam sua ocorrência e de seus metabólitos hidroxilados em amostras biológicas humanas (Polychronaki *et al.*, 2007; Polychronaki *et al.*, 2008).

4. CONCLUSÕES

O estudo de ocorrência revelou que 15,4% das amostras analisadas estavam contaminadas. Todas as amostras contaminadas eram de tilápia, com uma concentração máxima de 1,09 µg/kg. Além disso, os resultados indicaram a ocorrência de contaminação cruzada entre regiões, uma vez que as amostras contaminadas eram produzidas no Sudeste. A IDE para consumidores de pescado da região Nordeste, indicou uma ordem decrescente de exposição, sendo as crianças o grupo mais vulnerável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 166, de 24 de julho de 2017**. Brasília: ANVISA, 2017.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of international**, (17th ed.). Gaithersburg: AOAC International, 2000.

Bedoya-Serna, C. M., Michelin, E. C., Massocco, M. M., Carrion, L. C. S., Fernandes, A.M. Effects of dietary aflatoxin B1 on accumulation and performance in matrinxã fish (*Brycon cephalus*). **Plos One**, v. 14, p. e0216194, 2019.

Brasil. **Portaria MA/SNAD/SFA nº. 07, de 09 de novembro de 1988**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1988.

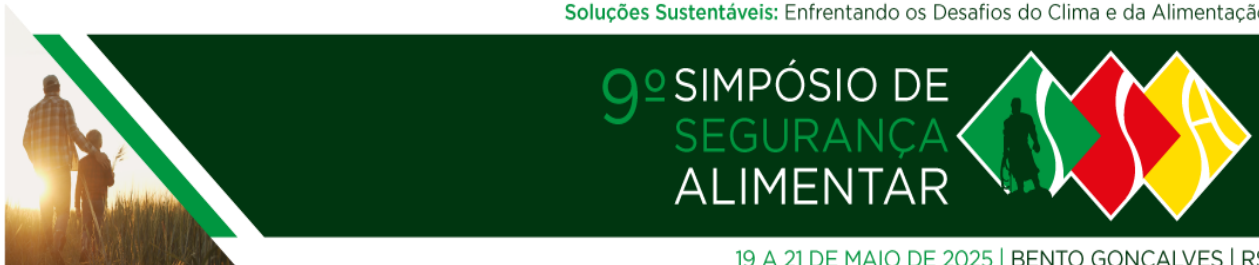
European Commission. **Reports of the scientific committee for food** - opinion of the scientific committee for food on aflatoxins, ochratoxin a and patulin. 1996.

European Commission. **Commission Regulation nº 1881/2006 of 19 December 2006** - setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. 2006.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Safety evaluation of certain mycotoxins in food**. FAO, Rome, 2001.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world fisheries and aquaculture 2024**: blue Transformation in action. Rome: FAO, 2024.

Gomes, A. L., Godoy, S. H. S., Burbarelli, M. F. C., Chaguri, M. P., Sousa, R. L. M., Fernandes, A. M. Fish feed mycobiota and aflatoxins in round fish tissues. **Journal of the Science of Food And Agriculture**, v. 102, p. 1391-1396, 2022.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**. Lyon: IARCpress, 2002.

Jayasinghe, G. D., Herbelo-Hermelo, P., Domínguez-González, R., Bermejo-Barrera, P., Moreda-Piñeiro, A. Bioavailability of aflatoxins in cultured fish and animal livers using an in vitro dialyzability approach. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, p. 11451-11460, 2021.

Massarolo, K. C., Mendoza, J. R., Verma, T., Kupski, L., Badiale-Furlong, E., Bianchini, A. Fate of aflatoxins in cornmeal during single-screw extrusion: A bioaccessibility approach. **LWT**, v. 138, p. 110734, 2021.

Michelin, E. C., Massocco, M. M., Godoy, S., Baldin, J. C., Fernandes, A. M. Carryover of aflatoxins from feed to *Astyanax altiparanae* tissues. **Food Additives & Contaminants**, v. 34, p. 265-272, 2016.

Nogueira, W. V., Garcia, S. O., Sibaja, K. V. M., Tesser, M. B., Garda-Bufferon, J. Sources, quantification techniques, associated hazards, and control measures of mycotoxin contamination of aquafeed. **Critical Reviews in Microbiology**, p. 1-13, 2020a.

Nogueira, W. V.; Sibaja, K. V. M., Garcia, S. O., Kupski, L., Souza, M. M., Tesser, M. B., Garda-Bufferon, J. Occurrence and bioaccessibility of mycotoxins in fish feed. **Food Additives & Contaminants**, v. 13, p. 244-251, 2020b.

Nunes, E.M., Pereira, M., Costa, A., Araripe, M., Calvet, R.M., Pereyra, C., Muratori, M.C.S. Effects of aflatoxin B1 on performance and health of tambaqui fingerlings (*Colossoma macropomum*). **International Aquatic Research**, v. 11, p. 73-83, 2019.

Peixe BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário da Piscicultura 2022**. São Paulo: PEIXE BR, 2022.

Polychronaki, N., West, R.M., Turner, P.C., Amra, H., Mykkänen, H., El-Nezami, H. A longitudinal assessment of aflatoxin M1 excretion in breast milk of selected Egyptian mothers. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, p. 1210-1215, 2007.

Polychronaki, N., Wild, C.P., Mykkänen, H., Amra, H., Abdel-Wahhab, M., Sylla, A., Diallo, M., El-Nezami, H., Turner, P. C. Urinary biomarkers of aflatoxin exposure in young children from Egypt and Guinea. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 519-526, 2008.

Wagner, Y. G., Coelho, A. B., Travassos, G. F. Análise do consumo domiciliar de pescados no Brasil utilizando dados da POF 2017-2018. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, p. e250494, 2023.