

10 MICOTOXINAS EM MILHO E SORGO

Autores: Dagma Dionísia da Silva Araújo
Luciano Viana Cota
Rodrigo Vêras da Costa

Produtos à base de milho e sorgo são importantes na cadeia de alimentação humana e animal devido ao seu valor nutricional. No entanto, essas culturas estão sujeitas à infecção por fungos que colonizam e degradam os grãos, causando perdas qualitativas e quantitativas. Muitos desses fungos são produtores de micotoxinas, metabólitos secundários tóxicos a humanos e animais produzidos em pré e pós colheita e repassadas em toda a cadeia alimentar das quais fazem parte (Berthiller et al., 2007; Hermanns et al., 2006). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO, estima que, em todo o mundo, cerca de 25% dos alimentos estejam contaminados com micotoxinas (Pereira et al., 2014; Freire et al., 2007) e prejuízos decorrentes da contaminação na pré e pós-colheita dos grãos por fungos toxigênicos corresponderam em 2007, a cerca de 13 milhões de toneladas (Lorini e Bacaltchuk, 2007).

As micotoxinas estão presentes em vários tipos de alimentos, como milho, sorgo, amendoim, trigo, aveia, café, castanhas, etc. A contaminação dos grãos por fungos toxigênicos se inicia em condições de campo e seguir após a colheita, a secagem e no armazenamento. As micotoxinas mais importantes são as aflatoxinas, as fumonisinas, a zearalenona, a esterigmatocistina, o deoxinivalenol (DON), o nivalenol, as ocratoxinas e a toxina T-2 (Scussel, 1998, 2002). Na Tabela 10.1, estão descritas as micotoxinas que ocorrem em milho, sorgo e outras culturas, os fungos produtores e outros alimentos que podem ser contaminados.

No Brasil, as fumonisinas são as mais frequentes em milho e se relacionam à alta incidência de *Fusarium verticillioides*, que é encontrado em mais de 90% das amostras obtidas no Brasil (Lanza et al., 2014). Outra micotoxina importante é a zearalenona, que ocorre principalmente no milho contaminado por *F. graminearum* e *F. culmorum* (Bennett and Klich, 2003). A produção desta micotoxina é mais comum em condições de elevada umidade e temperaturas mais amenas, sendo mais comum na região Sul do país. A zearalenona é um análogo do estrógeno, portanto causa problemas na reprodução. Dentre os danos causados estão o hiperestrogenismo em suínos, redução da produção de leite, alterações na tireoide, hipertrofia das glândulas mamárias, redução do peso dos testículos e produção de testosterona em machos, mudanças na puberdade infantil, possível agente carcinogênico humano (Peraica et al., 2014; Iamanaka et al., 2010; IARC, 1993).

Em sorgo, prevalecem os gêneros de fungos nos grãos, *Phoma*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Exserohilum*, *Epicoccum*, *Mucor*, *Alternaria*, *Nigrospora*, *Acremonium*, *Penicillium* e *Rhizopus* (Augustine & Emmanuel, 2022; dos Reis et al., 2010; da Silva et al., 2000). Entre as principais micotoxinas e derivados, estão as aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenol, zearalenona, ocratoxina A (Mohammed et al., 2022; Augustine & Emmanuel, 2022; Ssepuuya et al., 2018).

Tabela 10.1. Principais micotoxinas, fungos produtores e ocorrência em milho e sorgo e em outros alimentos.

Micotoxina	Fungos produtores	Alimentos
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> ,	Milho, sorgo, amendoim, figo, oleaginosas, nozes, leite e derivados.
Fumonisin	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Milho, sorgo chá-preto
Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium equiseti</i>	Milho, sorgo, aveia, cevada, trigo, arroz, centeio, milheto
Tricotecenos DON	<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Milho, sorgo, cevada, centeio, aveia, trigo
T2	<i>F. sporotrichioides</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Phomopsis</i> , etc.	Cereais destacando aveia, milho, cevada, trigo
Ocratoxina	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	Milho, sorgo, cevada, café, arroz, feijão, vinho, figo, trigo
Esterigmatocistina	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Bipolaris</i> , <i>Chaetomium</i>	Cereais incluindo milho e sorgo, café, queijo
Citrinina	<i>Penicillium citrinum</i>	Milho, cevada, trigo, arroz, aveia

Fonte: Adaptado de Silva et al., 2016, Food Ingredients Brasil, 2009; FAO, 2014.

Os danos à saúde são causados pela ingestão de micotoxinas consumidas de forma direta ou indiretamente de grãos, farinhas, rações, carne, ovos e leite e derivados, gerando problemas crônicos com efeitos de difícil previsão, como imunossupressão e câncer. Micotoxinas também podem gerar efeitos tóxicos agudos, acarretando convalescência acentuada ou até mesmo a morte (Scussel, 1998, 2002; Alim et al., 2018, Martins et al., 2018, Oueslati et al., 2018, Ferreira et al.; 2013; Maziero e Bersot, 2010, Amaral et al., 2006; Kawashima et al.; 2006, Bittencourt et al., 2005, Machinski e Valente Soares, 2000).

Quantificar as perdas devido ao consumo de micotoxinas é uma tarefa difícil já está relacionada aos danos causados à saúde humana e animal, à baixa produtividade, perda de receita em divisas, custos de inspeção, amostragens, indenizações em caso de sinistro, subsídios a agricultores, custos de desintoxicação, pesquisa e formação (Bhat e Miller, 2009). Além disso, efeitos de micotoxinas na saúde humana e animal dependem de doses, frequência de ingestão, idade, sexo e estado nutricional dos consumidores, o que dificulta qualificar a extensão do problema (Tabela 10.2).

Tabela 10.2. Efeitos da ingestão de micotoxinas na saúde humana e animal.

Animais	Micotoxina				
	Fumonisinias	Aflatoxinas	Zearalenona	DON	Ocratoxina
Aves	Redução no desenvolvimento, problemas cardíacos, úlcera bucal, imunossupressão, degeneração, síndrome da mortalidade aguda, hepatotoxicidade, aumento do peso dos rins, diarreia.	Hemorragias, anorexia, fraqueza, fibrose, redução na produção e tamanho de ovos, reduz ganho de peso, descoloração e aumento de fígado e rins, esteatorreia, bursa e timo diminuídos, má absorção de alimentos.	Não têm apresentado efeitos mais graves em concentrações normais nos alimentos. Perus podem ser mais sensíveis.	Redução na produção de ovos. Aparentemente não afeta tanto quanto as demais micotoxinas.	Atraso na maturação sexual em galinhas, redução da produção de ovos.
Bovinos	Para fumonisin B1 existe relato de sinais de lesões no fígado e rins. Bezerros parecem mais suscetíveis.	Necrose centrilobular fibrose, infecção no miocárdio, síndrome nervosa, infertilidade, redução da gordura do leite, menor consumo de ração, ataxia.	Problemas reprodutivos como infertilidade, queda na produção de leite, hiperestrogenismo	Altos níveis predispoem a mastite e laminite (aguamento).	Pouca toxicidade em doses naturais.
Equinos	Distúrbios nervosos em razão da leucoencefalomalácia, anomalias histopatológicas no fígado e rins.	Dano ao fígado, anorexia, hemorragia, câncer no fígado, convulsões, manqueira, Depressão e morte.	Aumento uterino, atrofia ovariana, aborto, infertilidade, hemorragias internas e pode causar recusa do alimento.	Perda de apetite, lesões no sistema digestório, letargia, imunossupressão.	Lesões nos rins e no fígado.
Suínos	Edema pulmonar, hidrotorax, disfunção no coração.	Problemas renais, hemorragias, ataxia, redução de peso e taxa de sobrevivência, morte,	Distúrbios na concepção, aborto, leitões natimortos, síndrome de	Distúrbios gástricos, recusa de alimentos.	Acúmulo de gordura no fígado, danos renais, anorexia, fraqueza,

		necrose centrilobular, fibrose.	feminização e masculinização.		movimentos descoordenados, aumento da ingestão de água e micção.
Humanos	Câncer de esôfago, dor abdominal.	Suscetibilidade à hepatite B, imunossupressão, câncer no fígado, síndrome de Reye, hemorragias e morte.	Efeito anabolizante.	Vômitos, náuseas, dermatites, diarreia.	Cancerígeno
Pets	Citotoxidez, hepato e nefrotóxica (animais em geral)	^a Morte, fígado aumentado, ^b hemorragia interna, anorexia, letargia, icterícia, coagulação intravascular, efeitos, diarreia, hepatotóxicos.	Afeta o sistema reprodutivo, hiperestrogenismo, cistos ovarianos, interrupção espermatogênese	Vômito, recusa alimentar	Lesão renal, anorexia, vômito, perda de peso, ctenesmo, hemorragia intestinal, amigdalite, desidratação, prostração

Fontes: Silva et al., 2016; Food Ingredients Brasil, 2009; Diaz & Boermans (1994); FAO 2014; Ciacci-Zanella and Jones, 1999; Fink-Gremmels, 2008, Freire et al., 2007; He et al., 2001, Hussein and Brassel, 2001; Mathur et al., 2001. ^aaflatoxicose aguda em cães, ^baflatoxicose subaguda (Bohn and Razzai-Fazeli, 2005), ^cespasmo doloroso do esfíncter anal ou vesical com desejo urgente de defecar ou urinar, a eliminação de fezes ou urina é mínima.

Em função dos efeitos graves em humanos e animais devido à ingestão de micotoxinas, vários países ou blocos de países possuem legislação sobre os limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos visando preservar a saúde pública e animal e evitar barreiras comerciais, porém, para o sorgo ainda não existe regulamentação (Astoreca et al., 2019; FAO, 2004). No Brasil, os limites de micotoxinas em alimentos são regulamentadas pela RDC Nº 07, DE 18 DE FEVEREIRO DE 2011 e entrou em vigor total em 1º de janeiro de 2017 (ANVISA, 2018). Os limites máximos tolerados conforme a Resolução 07/2011, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 10.3. Limites máximos tolerados para presença de micotoxinas (LMT), determinados pela Resolução 07/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Aflatoxina M1	Leite fluído	0,5
	Leite em pó	5
	Queijos	2,5
Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada malteada	5
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	1
	Amendoim (com casca), (descascado, cru ou tostado), pasta de amendoim ou manteiga de amendoim	20
	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolos de milho	20
Ocratoxina A	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada	10
	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20
	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2
Desoxinivalenol (DON)	Arroz beneficiado e derivados	750
	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz, grão de cevada	1000
	Trigo e milho em grãos para posterior processamento	3000
	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	750
	Milho de pipoca	2000
Fumonisinias (B1 + B2)	Amido de milho e outros produtos à base de milho	1000
	Alimentos a base de milho para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	1500
	Milho em grãos para posterior processamento	5000

Tabela 10.3 (continuação). Limites máximos tolerados para presença de micotoxinas (LMT), determinados pela Resolução nº 07/2011.

Micotoxinas	Alimento	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Zearalenona	Farinha de trigo, massas, crackers e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	100
	Arroz beneficiado e derivados	100
	Arroz integral	400
	Farelo de arroz	600
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	150
	Trigo integral, farinha de trigo integral, farelo de trigo	200
	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011

Segundo Waliyar et al. (2003), existem dificuldades no manejo visando a redução das micotoxinas, uma vez que estas não podem ser consideradas como um grupo único de substâncias tóxicas, baseado no mecanismo de ação e, pela mesma razão, seria impossível desenvolver um único método de controle que garantiria a redução de todas as micotoxinas presentes em commodities agrícolas. Outro fator que dificulta o manejo é que a distribuição da contaminação por micotoxinas é de natureza heterogênea, tornando a amostragem e análise complicadas, além do fato a produção de micotoxinas depende de vários fatores ambientais no campo e/ou durante o armazenamento. Assim, o controle das micotoxinas em alimentos exige uma combinação de vigilância, procedimentos regulatórios e de garantia de qualidade.

Entre as recomendações de manejo visando a redução das micotoxinas, destacam-se o uso de cultivares resistentes a patógenos foi por muito tempo a prática mais utilizada pelos agricultores no controle de doenças, porém, com crescimento do cultivo de milho e mais recentemente do sorgo no Brasil faz-se necessário um manejo integrado para minimizar a ocorrência de fungos toxigênicos e a possibilidade de produção de micotoxina. Esses métodos de controle iniciam na fase de planejamento do plantio e seguem até o armazenamento. Waliyar et al. (2003), definem o manejo para o sorgo na pré e pós-colheita, mas, tais recomendações também são úteis para o milho e são descritas adaptadas para nossas condições em:

Pré-colheita

- Semear variedades ou híbridos de milho ou sorgo que sejam menos suscetíveis a fungos que infectam grãos, principalmente em regiões com histórico de ocorrência de grãos ardidos, mofo e micotoxinas;
 - Boas práticas de manejo como rotação de culturas, época de semeadura que evite que chuvas no final de ciclo da cultura coincidam com a colheita;
 - Uso de adubação equilibrada; o excesso de nitrogênio deve ser evitado;
 - Manter a população ideal de plantas no campo;
 - Controlar as pragas e doenças da cultura;
 - Realizar a colheita na fase de maturidade adequada, evitando manter a cultura no campo por tempo longo após ser atingida a umidade de colheita.

Pós-colheita

- Colher as espigas ou panículas, e quando necessário secar rapidamente sob luz solar natural ou de forma artificial para atingir o nível de umidade recomendado;
- Classificar espigas/panículas mofadas e danificadas; separar os grãos mofados, coloridos/descoloridos, enrugados e pequenos imaturos;
- Evite danos aos grãos durante a colheita e a debulha;
- Evite empilhar o produto colhido no campo;
- Empilhar sacos de anagem cheios de grãos em uma tábua de madeira e manter em local arejado e à prova de umidade;
- Evitar danos causados por insetos nos grãos armazenados através de fumigação;
- Monitorar os grãos em todas as etapas de produção, processo e armazenamento para contaminação por micotoxinas.

É importante se atentar ao sistema de produção e os riscos de contaminação por múltiplas micotoxinas. No Brasil, é comum que lavouras de trigo, cevada, centeio sejam cultivadas após a colheita do milho, principalmente no Sul do país. No Cerrado o cultivo do sorgo é comum, sendo normal encontrar lavouras de milho e sorgo lado a lado, ambas sujeitas à incidência de fumonisinas. Com o avanço do cultivo de trigo no cerrado, também é comum que as três culturas dividam a mesma propriedade. Nesse caso, pode haver aumento de incidência de zearalenonas e nivalenol, uma vez que as três culturas são suscetíveis à infecção de *F. graminearum*, o principal produtor desta micotoxina. Dentro deste contexto, a sucessão no cerrado é baseada na semeadura de milho, sorgo, milheto (usado principalmente para cobertura do solo), girassol, trigo e feijão, tendo como cultura principal a soja (Chaves; Calegari, 2001). No Sul do Brasil, região de clima mais frio, além do trigo, outras culturas de inverno, como cevada e aveia, são comuns em sucessão. No Matopiba, o sistema produtivo segue os padrões dos cerrados. Estas culturas, em sua maior parte, são semeadas na mesma área, nas diferentes safras do país, principalmente nos sistemas onde se tem primeira safra/segunda safra (Silva et al., 2018). Nesse sistema, os restos culturais de uma cultura (colmos, raízes e folhas) servem como cobertura de solo para a cultura em sucessão e o solo, na maioria das áreas, não recebe revolvimento, caracterizando o plantio direto (Pereira Filho, 2015; Silva et al., 2018). Estes restos culturais podem ser fonte de inóculo para fungos toxigênicos e portanto, tomar as medidas de manejo que reduzam a contaminação dos grãos é uma recomendação para que não haja aumento de teores de micotoxinas com prejuízos para o setor produtivo e riscos à saúde humana e animal.

10.1. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. **Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 9 mar. 2011. Seção 1, p.66-67. Acesso em 08 de jun. de 2018.

AUGUSTINE, E. O.; ABAH EMMANUEL, A. Assessment of five major mycotoxins in millet and sorghum in Benue south senatorial district, Benue State, Nigeria. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v.16, n. 02, p. 1066–1071, 2022.

ALIM, M.; IQBAL, S.Z.; MEHMOOD, Z.; ASI, M.R.; ZIKAR, H.; CHANDA, H.; MALIK, N. Survey of mycotoxins in retail market cereals, derived products and evaluation of their dietary intake. **Food Control**, v. 84, p. 471- 477, 2018.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, M. M. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays L.*) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001.

AMARAL, K. A. S.; NASCIMENTO, G. B.; SEKIYAMA, L.; JANEIRO, V.; MACHINSKI JR, M. Aflatoxinas em produtos a base de milho comercializados no Brasil e riscos para a saúde humana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 336-342, 2006.

APRODU, I.; BANU, I. Co-occurrence of fumonisins and T-2 toxins in milling maize fractions under industrial conditions, **CyTA - Journal of Food**, v. 13, n. 1, p. 102-106, 2015.

ASTORECA, A. L.; EMATEGUY, L. G.; ALCONADA, T. M. Fungal contamination and mycotoxins associated with sorghum crop: its relevance today. **Eur. J. Plant Pathol.**, v. 155, p. 381–392, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01797-w>

BENNET, J. W.; KLICH, M. Mycotoxins.Clinical. **Microbiology Reviews**, v. 16, p. 497-516, 2003.

BERTHILLER, F.; SULYOK, M.; KRŠKA, R.; SCHUHMACHER, R. Chromatographic methods for the simultaneous determination of mycotoxins and their conjugates in cereals. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.119, p. 33-37, 2007.

BHAT, R.V.; MILLER, J.D. **Mycotoxins and food supply**. 2009. Disponível em: Foods and Agriculture Organizations of United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/u3550t/u3550t0e.htm#economic_implications>. Acesso em: 19 de jun. 2018.

BITTENCOURT, A. B. F.; OLIVEIRA C. A. F.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycotoxin occurrence in corn meal and flour traded in Sao Paulo, Brazil. **Food Control**, Oxford, v. 16, n. 2, p. 117-120, 2005.

BLUHM, B.H.; WOLOSHUK, C.P. Amylopectin induces fumonisin B1 production by *Fusarium verticillioides* during colonization of maize kernels. **Mol Plant-Microbe Interact**, v.12, p.1333–1339, 2005.

BOERMANS, H.J.; LEUNG, M.C.K. Mycotoxins and the pet food industry: Toxicological evidence and risk assessment. **International Journal of Food Microbiology**, v. 119, p. 95–102, 2007.

BOHN, J.; RAZZAI-FAZELI, E. **Effects of mycotoxins on domestic pet species**. In: Diaz, D. (Ed.), *The Mycotoxin Blue Book*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 77–92, 2005.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 53-60, 2001.

CIACCI-ZANELLA, J. R.; JONES, C. Fumonisin B1 , a mycotoxin contaminant of cereal grains, and inducer of apoptosis via the tumour necrosis factor pathway and caspase activation. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 37, p. 703-712, 1999.

- DIAZ, G.J.; BOERMANS, H.J. Fumonisin toxicosis in domestic animals: a review. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 36, p. 548–555, 1994.
- DA SILVA, J. B., POZZI, C. R., MALLOZZI, M. A. B., ORTEGA, E. M., CORREA, B. Mycoflora and occurrence of aflatoxin B1 and fumonisin B1 during storage of Brazilian sorghum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 4352–4356, 2000.
- DOS REIS, T. A., ZORZETE, P., RODRIGUES POZZI, C., DA SILVA, V. N., ORTEGA, E., CORREA, B. Mycoflora and fumonisin contamination in Brazilian sorghum from sowing to harvest. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 90, p. 1445–1451, 2010.
- FAO. **Micotoxinas em grãos**. Disponível em: Foods and Agriculture Organizations of United Nations. <<http://www.fao.org/wairdocs/x5012o/x5012o01.htm>>. Acesso em 19 de jun. 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2004). **Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003**. Food and nutrition paper 81. Rome, Italy, 35 pp. Acesso em: 15 de set. de 2023.
- FERREIRA, P.; QUEIROZ, V.A.V.; CONCEIÇÃO, R.R.P.; MIGUEL, R.A. Incidência de aflatoxinas e fumonisinas em produtos de milho consumidos no estado de minas gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 54-60, 2013.
- FINK-GREMMELS, J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. **Vet. J.**, v. 176, p. 84-92, 2008.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **As micotoxinas**. v.7, p. 32-40. 2009. Disponível em: http://www.revista-fi.com/edicoes_materias.php?id_edicao=17. Acesso em 20 de jun. de 2018.
- FREIRE, F.C.O.; VIEIRA, I.G.P.; GUEDES, M.I.F.; MENDES, F.N.P. **Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 48p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 110).
- HE, Q.; RILEY, R. T.; SHARMA, R. P. Fumonisin-induced tumor necrosis factor- α expression in a porcine kidney cell line is independent of sphingoid base accumulation induced by ceramide synthase inhibition. **Toxicology and Applied Pharmacology**, San Diego, v. 174, p. 69-77, 2001.
- HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 7-10, 2006.
- HUSSEIN, H. S.; BRASSEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. **Toxicology**, Limerick, v. 167, p.101-134, 2001.
- IAMANAKA, B.T.; OLIVEIRA, I.S.; TANIWAKI, M.T. Micotoxinas em alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 7, p.138-161, 2010.
- INTERNATIONAL AGENCY ON RESEARCH IN CANCER (IARC). **Some Naturally Occuring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins In: Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Monograph 56. Lyon. 1993.

- KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. Incidência de fumonisina B1, aflatoxinas B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A e zearalenona em produtos de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, p. 516-521, 2006.
- LANZA, F.B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, R.V.; QUEIROZ, V.A.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D.; SOUZA, A.G.C; FIGUEIREDO, J.E.F. Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains. **Crop Protection**, v. 65, p. 232-237, 2014.
- MACHINSKI JR, M.; VALENTE SOARES, L. M. Fumonisin B1 and B2 in Brazilian corn-based food products. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 17, p. 875-879, 2000.
- MATHUR, S.; CONSTABLE, P.D.; EPPLEY, R.M.; WAGGONER, A.L.; TUMBLESÓN, M.E.; HASCHECK, W.M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicol. Sci.**, v. 60, p. 385-396, 2001.
- MARTINS, C.; RICARDO ASSUNÇÃO, R.; CUNHA, S. C.; FERNANDES, J.F.; JAGER, A.; PETTA, T.; OLIVEIRA, C.A.; ALVITO, P. Assessment of multiple mycotoxins in breakfast cereals available in the Portuguese Market. **Food Chemistry**, v. 239, p. 132–140, 2018
- MATHUR, S.; CONSTABLE, P. D.; EPPLEY, R. M.; WAGGONER, A. L.; TUMBLESÓN, M. E.; HASCHECK, W. M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicological Sciences**, Orlando, v. 60, p. 385-396, 2001.
- MAZIERO, M.T.; BERSOT, L.S. Micotoxinas em alimentos produzidos no Brasil. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p.89-99, 2010.
- MOHAMMED, A.; BEKEKO, Z.; YUSUFE, M.; SULYOK, M.; KRŠKA, R. Fungal species and multi-mycotoxin associated with post-harvest Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Grain in Eastern Ethiopia. **Toxins**, v. 14, p. 473, 2022. <https://doi.org/10.3390/toxins14070473>
- QUESLATI, S.; BERRADA, H.; MANES, J.; JUAN, C. Presence of mycotoxins in Tunisian infant foods samples and subsequent risk assessment. **Food Control**, v. 84, p. 362-369, 2018.
- PERAICA, M.; RICHTER, D.; RAŠIĆ, D. Mycotoxicoses in children. **Arh Hig Rada Toksikol**, v. 65, p.347-363, 2014.
- PEREIRA, V. L.; FERNANDES, J.O.; CUNHA, S.C. Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. **Trends Food Sci. Tech.**, v. 36, p. 96-136, 2014.
- SCUSSEL, V. M. **Micotoxinas em alimentos**. Florianópolis: Insular, 1998.
- SCUSSEL, V.M. **Fungos em grãos armazenados**. In: LORINI, I., MIKE, LH, SCUSSEL, V.M. Armazenagem de grãos. IBG (Campinas, São Paulo, Brasil), 675-804, 2002.
- SILVA, D. D.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; LANZA, F. E.; GUIMARAES, E. A. **Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 193).

SILVA, D. D. da; COTA, I. V.; COSTA, R. V. da. **Importância das micotoxinas em sistemas produtivos de grãos**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 16, p. 435-462.

SSEPUUYA, G.; VAN POUCKE, C.; EDIAGE, EM.; MULHOLLAND, C.; TRITSCHER, A.; VERGER, P.; KENNY, M.; BESSY, C.; DE SAEGER, S. Mycotoxin contamination of sorghum and its contribution to human dietary exposure in four sub-Saharan countries. Food Addit Contam Part A, **Chem Anal Control Expo Risk Assess**, v. 35, n. 7, p. 384-1393, 2018. doi: 10.1080/19440049.2018.1461253. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29912638.

WALIYAR, F.; RAVINDER REDDY, CH.; ALUR, A.S.; REDDY, S.V.; REDDY, B. V.S.; REDDY, A. R.; GOWDA, C. L. L. 2008. **Management of Grain Mold and Mycotoxins in Sorghum**. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 32pp.