

Capítulo 16

Importância das Micotoxinas em Sistemas Produtivos de Grãos

Dagma Dionísia da Silva

Luciano Viana Cota

Rodrigo Vêras da Costa

Introdução

O sistema de produção agropecuário do Brasil é um dos mais dinâmicos do mundo. Isto porque nossas condições climáticas permitem o semeio de até três culturas em sucessão, num mesmo ano agrícola. Dentro desse contexto, a cadeia produtiva de grãos se destaca, sendo possível o cultivo em sucessão, de soja, milho, sorgo, algodão, girassol, feijão, trigo e outras culturas em diversas regiões do país. Os grãos dessas culturas são utilizados na alimentação humana e animal e, portanto, sua importância econômica e social é ampla.

A qualidade dos alimentos, seja pela alimentação direta dos grãos ou após o seu processamento, está relacionada ao fornecimento de produtos seguros e pode afetar toda a cadeia produtiva de grãos, abrangendo a produção de carnes, leite, ovos e outras, como o “setor pet” (produtos para animais domésticos).

Entre os fatores que afetam essas cadeias, está a ocorrência de fungos nos grãos, que infectam e levam ao apodrecimento e

mofamento, principalmente aos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicilium*. A contaminação por fungos resulta em perdas econômicas em razão da menor qualidade e produtividade de grãos, gera descontos para os produtores, que, na entrega da produção, têm seus rendimentos abatidos de acordo com a porcentagem de contaminação. Além desses prejuízos, várias dessas espécies são produtoras de micotoxinas, metabólitos tóxicos que causam reações adversas em humanos e animais (Berthiller et al., 2007; Hermanns et al., 2006), dentre os quais, danos na reprodução e alguns tipos de câncer.

Se as condições forem favoráveis, a contaminação por fungos e micotoxinas pode ocorrer durante a fase de desenvolvimento das culturas, no campo, e continuar após a colheita, no armazenamento e após o processamento, sendo um risco em todos os setores envolvidos na produção de alimentos (Oldenburg et al., 2017). As micotoxinas são estáveis ao calor e resistentes à maioria das condições de processamento, persistindo e sendo repassadas pela cadeia alimentar, no produto final (como rações, carne, leite e derivados, ovos, etc.), podendo resultar em problemas crônicos de saúde (Alim et al., 2018; Martins et al., 2018; Oueslati et al., 2018; Ferreira et al.; 2013; Maziero; Bersot, 2010; Amaral et al., 2006; Kawashima; Valente Soares, 2006; Bittencourt et al., 2005; Machinski; Valente Soares, 2000).

As principais micotoxinas relatadas em grãos são as aflatoxinas, as fumonisinas, a zearalenona, a esterigmatocistina, o deoxinivalenol (DON), o nivalenol, as ocratoxinas e a toxina T-2 (Scussel, 1998, 2002). As micotoxinas apresentam efeitos variados na saúde humana e animal, podem ocorrer simultaneamente em um mesmo alimento, ocorrem em diversos tipos de cereais e nos seus derivados. Uma única espécie de fungo pode produzir

mais de uma micotoxina, bem como diferentes espécies podem produzir a mesma micotoxina (Hussein; Brassel, 2001).

Perdas por causa da ingestão de alimentos contaminados ocorrem em nível de propriedade pela recusa de alimentos pelos animais, baixa conversão alimentar, redução de peso corporal, imunossupressão e interferência com a fertilidade (Jobim et al., 2001). Na fase de comercialização, ocorre devolução de cargas pela agroindústria e haver imposição de barreiras não tarifárias nos mercados importadores. A ocorrência de micotoxinas em grãos é uma das principais causas de não conformidade em relação a alimentos seguros e as impurezas e/ou matérias estranhas presentes podem estar associadas à sua maior incidência (Oliveira et al., 2010).

O impacto de micotoxinas em culturas mundialmente importantes, como trigo, milho, amendoim, café, algodão, castanhas e uva, tem acarretado prejuízos difíceis de calcular. A FAO, estima que 25% das culturas no mundo são contaminadas por micotoxinas anualmente, resultando em perdas de 1 bilhão de toneladas de alimentos e derivados. Estimativas de custo em razão de micotoxinas nos Estados Unidos variam entre 0,5 a 1,5 bilhão de dólares/ano em um trabalho. Enquanto em outro, o valor chega a 5 bilhões/ano para Canadá e Estados Unidos, sem incluir nesses valores, os impactos nas culturas e saúde humana e animal (Schmale III; Munkvold, 2009).

O clima e o manejo das lavouras podem favorecer a contaminação com micotoxinas. Assim, a mitigação do problema deve ser iniciada no campo, sendo importante considerar a prevalência de fungos, as culturas em sucessão, a época de plantio, a época de colheita, a fertilidade de solos, a resistência genética e o controle

biológico como fatores que devem compor a recomendação visando reduzir a contaminação.

Considerando que a legislação mundial regula os limites máximos tolerados – LMT, nos diversos tipos de alimentos e para cada micotoxinas e os prejuízos causados em toda a cadeia envolvida na produção de alimentos e os riscos à saúde dos consumidores, melhorar a qualidade dos alimentos é essencial para garantir a segurança alimentar no Brasil e a competitividade no mercado nacional e internacional. Para isso, tentar compreender como as micotoxinas podem ser favorecidas pelas culturas usadas em sistemas de sucessão é importante para que pesquisadores, produtores e demais envolvidos nesta cadeia, busquem alternativas para reduzir ao máximo a contaminação.

Sistemas produtivos de grãos no Brasil e micotoxinas

Danos à saúde de consumidores

Diversos problemas ocorrem pelo consumo de alimentos contaminados por micotoxinas. A gravidade depende de doses consumidas, frequência de ingestão, idade, sexo e estado nutricional dos indivíduos (Coulombe Jr., 1993). A forma de ingestão pode ser direta ou via consumo de subprodutos contaminados (grãos, frutas, alimentos processados, rações, carne, ovos e leite). O consumo pode ter efeito agudo, com reação rápida ou problemas crônicos, de desenvolvimento lento, que duram períodos extensos e apresentam efeitos de longo prazo de difícil previsão, como imunossupressão e câncer (Scussel, 1998, 2002).

Entre os problemas mais preocupantes, está a associação entre o consumo de micotoxinas, neste caso as fumonisinas, e a incidência de câncer do esôfago e fígado em diferentes partes do mundo (Westhuizen et al., 2003; Peraica et al., 2014; Munkvold; Desjardins, 1997; Piñeiro et al., 1997; Solfrizzo et al., 1997). Em alguns casos, a ingestão por micotoxinas não afeta diretamente o indivíduo que consumiu, mas a terceiros. São exemplos a zearalenona e as aflatoxinas M1. A zearalenona, nem sempre produz efeitos em aves, mas sua presença na carne pode exercer efeito anabolizante em mamíferos (Santurio, 2000). Em relação as aflatoxinas M1, animais que consomem alimentos contaminados com aflatoxinas B1 e B2, excretam no leite, na urina e carnes, as aflatoxinas M1 e M2 (resultantes da hidroxilação das aflatoxinas B1 e B2) (Sakata et al., 2011; Chiavaro et al., 2001). Na **Tabela 1**, estão descritos os efeitos de algumas micotoxinas para a saúde humana e animal.

Tabela 1. Possibilidade de danos à saúde humana e animal por causa da ingestão de micotoxinas.

Micotoxinas					
Animais	Fumonisinás	Aflatoxinas	Zearalenona	DON	Ocratoxina
Aves	Redução no desenvolvimento, problemas cardíacos, úlcera bucal, imunossupressão, degeneração, síndrome da mortalidade aguda, hepatotoxicidez, 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.
	Para fumonisina 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 predis põem a mastite e laminite (aguamento).	Pouca toxicidade em doses naturais.
Bovinos	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.
Equinos					

Tabela 1 cont. Possibilidade de danos à saúde humana e animal por causa da ingestão de micotoxinas.

Micotoxinas					
Animais	Fumonisinás	Aflatoxinás	Zearalenona	DON	Ocratoxina
Suínos	Edema pulmonar, hidrotorax, disfunção no coração.	Problemas renais, hemorragias, ataxia, redução de peso e taxa de sobrevivência, morte, necrose centrilobular, fibrose.	Distúrbios na concepção, aborto, leitões natimortos, síndrome de feminização e masculinização.	Distúrbios gástricos, recusa de alimentos.	Acúmulo de gordura no fígado, danos renais, anorexia, fraqueza, movimentos descoordenados, aumento da ingestão de água e micção.
	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	Citotóxico, 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 espermato gênese	Vômito, recusa alimentar	lesão renal, anorexia, vômito, perda de peso, tenesmo, hemorragia intestinal, amigdalite, desidratação, prostração.

^aaflatoxíose aguda em cães, ^baflatoxíose subaguda (Bohn; 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. Fontes: Silva et al. (2015), As micotoxinas (2009), Diaze Boermans (1994), FAO (2018), Ciacci-Zanella e Jones (1999), Fink-Gremmels (2008), Freire et al. (2007), Heet al. (2001), Husseine e Brassel (2001), Mathure et al. (2001).

Legislação

A legislação vem sendo readequada em nível mundial e tende a reduzir cada vez mais o LMT. Isso acarreta necessidade de redução dos teores em todas as fases do processo de produção de alimentos. A legislação brasileira foi atualizada pelo RDC nº 07, de 18 de fevereiro de 2011 e entrou em vigor total em 1º de janeiro de 2017 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011). Para grãos, os valores aceitos estão descritos na **Tabela 2**. De acordo com o artigo 4º do RDC, os níveis de micotoxinas devem ser o mais baixo possível, devendo ser aplicadas as melhores práticas e tecnologias na produção, manipulação, armazenamento, processamento e embalagem, de forma a evitar que um alimento contaminado seja comercializado ou consumido. Para atender a legislação é necessário gerar e difundir conhecimento sobre as causas, os danos econômicos e sociais, quais são os fatores associados à ocorrência de micotoxinas e quais estratégias podem ajudar a reduzir os teores, considerando que a infecção se inicia com a contaminação das culturas em campo e pode se estender até a prateleira dos comércios.

Tabela 2. Limites máximos tolerados para micotoxinas em grãos e derivados.

Micotoxina	Tipo de alimento	LMT µg kg ⁻¹
Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolas de milho	20
	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
Aflatoxina M1	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada malteada	5
DON	Trigo e milho em grãos para posterior processamento	3000
	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
	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

Tabela 2 cont. Limites máximos tolerados para micotoxinas em grãos e derivados.

Micotoxina	Tipo de alimento	LMT µg kg ⁻¹
Fumonisinhas (B1 + B2)	Milho em grão para posterior processamento	5000
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	1500
	Amido de milho e outros produtos à base de milho	1000
	Alimentos à base de milho para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Milho de pipoca	2000
Zearalenona	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	150
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20
	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
	Trigo integral, farinha de trigo integral, farelo de trigo	200

Tabela 2 cont. Limites máximos tolerados para micotoxinas em grãos e derivados.

Micotoxina	Tipo de alimento	LMT µg kg ⁻¹
Ocratoxina A	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20
	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada	10
	Alimentos a base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2

LMT = limite máximo tolerado.

Fonte: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2011).

Vale ressaltar que o LMT em cada país pode variar e, para fins de exportação deve-se atentar às exigências legais do país importador. Para se ter uma ideia do impacto econômico por causa da regulação do LMT, nos Estados Unidos, quando os teores de aflatoxinas excedem o LMT de 20 µg/kg, os produtores são obrigados a comercializar seus produtos por um valor abaixo no mercado de rações ou descartar a colheita. Estima-se que, com a adoção pela União Europeia, de 4 µg/kg como LMT para aflatoxinas em amendoim, as perdas com exportação poderiam custar em torno de U\$ 450 milhões (Schmale III; Munkvold, 2009). Segundo os autores, em países mais pobres, essa situação se agrava, ficando a população exposta a aflatoxinas, pois os grãos com melhor qualidade são exportados, ficando os grãos de menor qualidade destinado ao uso doméstico.

Sistemas produtivos de grãos e micotoxinas

O Brasil, por sua amplitude geográfica, possui diferentes condições climáticas que permitem uma ampla diversificação de

suas atividades agrícolas e de criação animal, tendo possibilidade de até três safras por ano agrícola. Para este ano, a previsão de safra de grãos, semeados em 61 milhões de hectares, está acima de 228 milhões de toneladas (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2018).

Nas regiões produtoras de grãos, as culturas semeadas são selecionadas, pelo valor comercial, em função de clima, tipo de solo e adaptabilidade à região (Molin, 2009). Por exemplo, no cerrado, a sucessão é composta principalmente por 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, e em parte do Nordeste nem sempre é possível o cultivo de safra e safrinha, ficando a produção limitada ao cultivo na safra.

Na **Tabela 3**, está descrita a estimativa de área plantada de grãos no Brasil para o ano agrícola de 2017/2018. As culturas com maior estimativa de área plantada são a soja, o milho, o feijão, o trigo, o arroz, o algodão e o sorgo, com 35,0; 16,0; 3,0; 2,0; 2,0; 1,2 e 0,7 milhões de hectares, respectivamente (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2018). Estas culturas, em sua maior parte, são semeadas na mesma área, nas diferentes safras do país, principalmente nos sistemas safra/safrinha/safra de inverno. Nesse sistema, os restos culturais de uma cultura (colmos, raízes e folhas) servem como cobertura de solo para a cultura em sucessão. O solo, na maioria das aéreas, não recebe revolvimento, caracterizando o plantio direto (Pereira Filho, 2015).

Tabela 3. Estimativa de área planta de grãos no Brasil (1.000 ha).

Culturas de verão	Safras	
	2016/17	2017/18
Algodão	939,1	1.176,0
Amendoim 1ª safra	118,3	132,0
Amendoim 2ª safra	11,0	6,6
Arroz total (sequeiro + irrigado)	1.980,9	1.961,8
Feijão 1ª safra	1.111,0	1.053,8
Feijão 2ª safra	1.426,9	1.535,2
Feijão 3ª safra	642,4	600,5
Girassol	62,7	97,0
Mamona	28,0	31,6
Milho 1ª safra	5.482,5	5.082,2
Milho 2ª safra	12.109,2	11.613,8
Soja	33.909,4	35.151,4
Sorgo	628,5	656,7
Culturas de inverno	2016/17	2017/18
Aveia	340,3	352,6
Canola	48,1	43,9
Centeio	3,6	3,7
Cevada	108,4	119,7
Trigo	1.916,0	2.009,6
Triticale	23,0	21,8
Total Brasil	60.889,3	61.649,9

Fonte: Conab (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2018).

Várias vantagens podem ser enumeradas para sistemas de plantio direto, com destaque para a qualidade física, química e biológica do solo, sendo o aumento da atividade biológica resultante da matéria orgânica gerada pela palhada. A sucessão entre culturas

geralmente favorece a produtividade (Almeida et al., 2016; Pereira Filho, 2015; Pereira; Velini, 2003). Em outros casos, pode haver aumento de problemas fitossanitários quando patógenos são hospedeiros das culturas usadas na sucessão, sendo os restos culturais mantidos no solo, fonte de inóculo. Entre os patógenos favorecidos estão os fungos e entre eles, os toxigênicos. Dos gêneros produtores de micotoxinas, os mais importantes para culturas de grãos no Brasil pertencem à *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* (Pinto et al., 2007; Jobim et al., 2001). As culturas de grãos mais importantes no país, além do café, estão sujeitas a infecção por estes fungos e a contaminação por micotoxinas. As principais espécies de fungos, as micotoxinas que produzem e as culturas hospedeiras estão descritas na **Tabela 4**.

O milho, principal cultura usada em sucessão no Brasil, será utilizado como modelo para se mostrar a possível dinâmica de fungos produtores de micotoxinas. Para fins comparativos, a distribuição de área plantada de mais três culturas, também hospedeiras de fungos toxigênicos, soja, trigo e sorgo, na primeira e segunda safra no Brasil, são representadas em mapas da Conab (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2018). (**Figura 1**). Pelos mapas, verifica-se que praticamente em todas as regiões brasileiras há possibilidade de semeio em sucessão, de pelo menos duas dessas culturas. Normalmente, a soja entra como cultura principal e as demais são semeadas após a colheita da soja. Quando se analisam estes mapas, pode-se deduzir que os fungos produtores de micotoxinas serão mantidos nas áreas de produção (em restos culturais, grãos que são perdidos durante a colheita e transporte). Mantidas as fontes de inóculo, tais fungos irão infectar as culturas posteriores, pois a maior parte de área de produção se sobrepõe (**Figura 1**).

Tabela 4. Principais micotoxinas, fungos produtores e culturas afetadas.

Micotoxinas	Patógenos	Culturas afetadas
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i>	Trigo
		Cevada
		Milho
		Amendoim
		Algodão
DON	<i>Fusarium culmorum</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. crookwellense</i>	Feijão
		Trigo
		Cevada
		Aveia
		Milho
Zearalenona	<i>F. graminearum</i>	Milho
		Trigo
		Cevada
		Sorgo
		Centeio
Fumonisinás	<i>F. verticillioides</i> <i>F. proliferatum</i> <i>F. nygamai</i> <i>Alternaria alternata f. sp. lycopersici</i>	Arroz
		Milho
		Sorgo
Ocratoxina A	<i>A. ochraceus</i> , <i>Penicillium viricatum</i> , <i>P. cyclopium</i>	Arroz
		Milho
		Uva
		Cevada
		Soja
T-2/HT-2	<i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i>	Café
		Feijão
		Milho
		Trigo
		Cevada
Nivalenol	<i>F. graminearum</i>	Aveia
		Arroz
		Centeio
		Trigo
		Milho

Fonte: Peng et al. (2018), Hussein e Brasel (2001), Silva et al. (2015).



Figura 1. Área total de produção de milho, soja, trigo e sorgo no Brasil, somando-se a primeira e segunda safra, segundo a Conab (Acompanhamento da safra brasileira [de] grãos, 2018).

Nesse contexto, em que o milho é cultivado em praticamente todas as regiões produtoras de grãos, a ampla distribuição de *Fusarium verticillioides* e fumonisinas no Brasil, pode ser compreendida. Vários trabalhos confirmam a presença de espécies de *Fusarium* e ocorrência de fumonisinas pelo país (Lanza et al., 2014; Pietri et al., 2004; Embrapa, 2018, dados não publicados). Por outro lado, quando se pensa em zearalenona e nivalenol, a ocorrência mais ao Sul do país, também pode ser explicada com base nas culturas semeadas na região. Essas micotoxinas são sintetizadas principalmente por *F. graminearum*, fungo bem adaptado a condições de clima ameno, sendo comum em trigo e outras culturas de inverno (Nelson et al., 1993; Nedelnik, 2002; Schollenberger et al., 2005 citados por Oldenburg et al., 2017), condições que prevalecem no Sul do país. Vale ressaltar que, com o avanço do trigo para região de cerrados, a presença de *F. graminearum* e estas micotoxinas deverão ser monitorados. Na **Figura 2**, algumas micotoxinas com possibilidade de ocorrência em diferentes culturas.

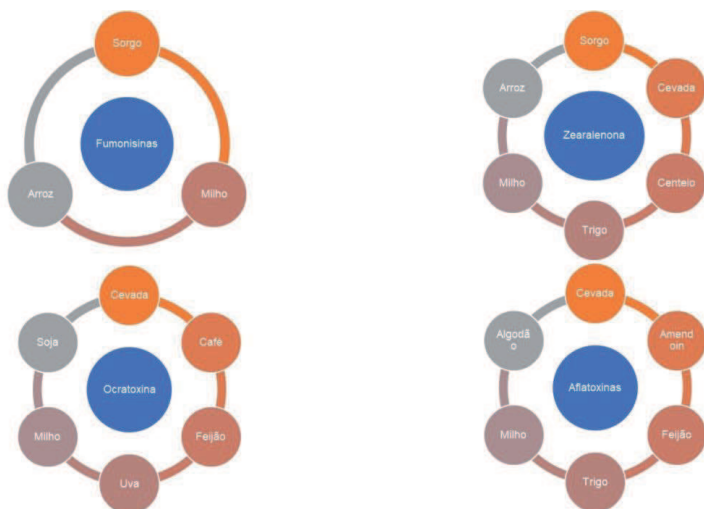


Figura 2. Possibilidade de ocorrência de micotoxinas em diferentes culturas.

Estima-se que 42% do milho esteja contaminado por micotoxinas no Brasil (Santurio, 2000). Em pesquisa recente, realizada em parceria entre a Embrapa e Mars Brasil, em que quase 1.000 amostras de grãos de milho foram analisadas, apesar de ocorrência ampla de fumonisinas, em aproximadamente 90% das amostras, os valores se encontraram abaixo do LMT de 5000 $\mu\text{kg ha}^{-1}$. Porém, vale lembrar que a alimentação humana e animal é composta por várias outras fontes nutricionais e muitas delas também podem conter uma ou mais micotoxinas, com efeitos crônicos, a questão se torna mais delicada quando se atenta a apenas uma cultura (Oldenburg et al., 2017; Del Ponte et al., 2012). Existe grande dificuldade para se desenvolver pesquisas que buscam compreender o efeito do consumo de alimentos com micotoxinas, principalmente em humanos e animais “pet”, o acompanhamento durante a vida, a idade do indivíduo, o alto custo das análises, entre outros fatores, são entraves difíceis de se eliminar no processo de pesquisa.

Além das culturas para produção de grãos, outras plantas com finalidade diferente, como as plantas usadas para cobertura de solo, têm sido cada vez mais usadas. Como estas plantas podem ajudar a reduzir ou favorecer a incidência de fungos toxigênicos deve ser pesquisado. Em feijão, Toledo-Souza et al. (2008), observaram diferença na murcha de *Fusarium oxysporum* f.sp. phaseoli em função da planta utilizada como cobertura em plantio direto. Nesse caso, a braquiária, o milheto, o capim Mombaça e o consórcio braquiária + milho favoreceram um melhor controle que as outras plantas (crotalária, guandu, estilosantes e sorgo). Segundo os autores, além da suscetibilidade dessas culturas, a menor massa de matéria seca produzida pode ter favorecido o fungo. Este trabalho mostra que as plantas, tanto em cobertura como em sucessão, afetam as culturas que as sucedem reduzindo ou aumentando a incidência de fungos, entre eles, o mesmo raciocínio se estende para fungos produtores de micotoxinas.

Vale ressaltar que a produção de micotoxinas depende do crescimento fúngico, que pode ocorrer em qualquer época do crescimento, colheita, ou estocagem do alimento (Iamanaka et al., 2010). Assim, as estratégias para mitigação do problema devem se iniciar ainda na fase de escolha da semente a ser cultivada e seguir ao longo do desenvolvimento da cultura por meio de boas práticas agrícolas (Jouany et al., 2009; Costa et al., 2011). Para se obter um manejo eficiente da ocorrência das podridões de espiga, grãos ardidos e, conseqüentemente, reduzir a incidência de micotoxinas, várias medidas devem ser adotadas de forma integrada, como utilização de cultivares com maior nível de resistência aos principais patógenos; realização, sempre que possível, da rotação de culturas para reduzir o potencial de inóculo dos patógenos; prevenção de plantios sucessivos; utilização de sementes saudáveis e densidade de plantio adequada

do cultivar plantado; não atraso na colheita; manutenção da integridade física dos grãos e das condições adequadas de armazenamento (Pereira Filho, 2015; Jouany et al., 2009).

Considerações finais

A dinâmica dos sistemas produtivos de grãos no Brasil torna favorável a ocorrência de múltiplas micotoxinas nas culturas semeadas em sucessão, assim é importante conhecer quais são suscetíveis a fungos produtores de micotoxinas. Considerando que a síntese de micotoxinas é resultado de uma associação de variáveis, como clima, umidade dos grãos, temperatura, presença de oxigênio, constituição do substrato, resistência genética dos cultivares, ocorrência de danos nos grãos, inóculo dos fungos toxigênicos, competitividade desses fungos com outros microrganismos e condições de secagem e armazenamento (Scussel, 1998; Bhat; Vasanthi, 2003), há necessidade de conhecer como cada um desses fatores afetam a contaminação com micotoxinas. Ressalta-se que avaliar as culturas e as micotoxinas separadamente pode subestimar a real situação e riscos em razão do consumo de alimentos contaminados. Assim, é recomendado que o sistema de produção para produção de grãos seja considerado como um todo para que o fornecimento de alimentos seguros e a competitividade comercial do Brasil sejam garantidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa, Fapemig e Mars Brasil pelo financiamento de projetos relacionados a micotoxinas.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: décimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 10, jul. 2018. 141 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos/item/download/21088_8ca248b277426bb3974f74efa00abab6>. Acesso em: 10 jul. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n° 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 mar. 2011. Seção 1, p. 66-67.

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**, Oxford, v. 84, p. 471-477, 2018.

ALMEIDA, J. L. de; SPADER, V.; DE MORI, C.; PIRES, J. L. F.; STRIEDER, M. L.; FOSTIM, M. L.; STOETZER, A.; CAIERAO, E.; FOLONI, J. S. S.; PEREIRA, P. R. V. da S.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; FAE, G. S.; VIEIRA, V. M. **Estratégias de sucessão trigo/cevada/aveia preta/soja para sistemas de produção de grãos no Centro-Sul do Paraná**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 18 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 31).

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

BERTHILLER, F.; Sulyok, M.; Krska, 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.; Vasanthi, S. **Mycotoxin food safety risk in developing countries**. Washington: International Food Policy Research Institute, 2003. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/16571/1/fo030010.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

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

BOHN, J.; RAZZAI-FAZELI, E. Effects of mycotoxins on domestic pet species. In: DIAZ, D. (Ed.). **The mycotoxin blue book**. Nottingham: Nottingham University Press, 2005. p. 77-92.

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

CHIAVARO, E.; DALL'ASTA, C.; GALAVERNA, G.; BIANCARDI, A.; GAMBARELLI, E.; DOSSENA, A.; MARCHELLI, R. New reversedphase liquid chromatography method to detect aflatoxins in food and feed with cyclodextrins as fluorescence enhancers added to the eluent. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 937, p. 31-40, 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.

COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; CRUZ, J. C.; SILVA, D. D. da; QUEIROZ, V. A. V.; GUIMARAES, L. J. M.; MENDES, S. M. **Recomendações para a redução da incidência de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 22 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).

COULOMBE JR., R. A. Biological action of mycotoxins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 880-891, 1993.

DEL PONTE, E. M.; GARDA-BUFFON, J.; BADIALE-FURLONG, E. Deoxynivalenol and nivalenol in commercial wheat grain related to Fusarium head blight epidemics in southern Brazil. **Food Chemistry**, Essex, v. 132, 1087-1091, 2012.

DIAZ, G. J.; BOERMANS, H. J. Fumonisin toxicosis in domestic animals: a review. **Veterinary and Human Toxicology**, v. 36, p. 548-555, 1994.

FAO. **Micotoxinas em grãos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/x5012o/x5012o01.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

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**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 54-60, 2013.

FINK-GREMMELS, J. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. **Veterinary Journal**, London, v. 176, p. 84-92, 2008.

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. 48 p. (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 Agrônômica**, Recife, v. 7, p. 138-161, 2010.

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.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T. Qualidade sanitária de grãos e de forragens conservadas "versus" desempenho animal e qualidade de seus produtos. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS,

1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p. 242-261.

JOUANY, J. P.; YIANNIKOURIS, A.; BERTIN, G. Risk assessment of mycotoxins in ruminants and ruminant products. In: PAPACHRISTOU, T. G.; PARISSI, Z. M.; MORAND-FEHR, P. (Ed.). **Nutritional and foraging ecology of sheep and goats**. Zaragoza: CIHEAM, 2009. p. 205-224. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, n° 85).

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**, Surrey, 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.; TUMBLESON, M. E.; HASCHECK, W. M. Fumonisin B1 is hepatotoxic and nephrotoxic in milk-fed calves. **Toxicological Sciences**, v. 60, n. 2, p. 385-396, 2001.

MARTINS, C.; 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**, Essex, v. 239, p. 132-140, 2018.

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.

MOLIN, R. Culturas de inverno rentáveis aumentam lucratividade. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 9, p. 160-169, 2009.

AS MICOTOXINAS. **Food Ingredients Brasil**, v. 7, p. 32-40, 2009. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/edicoes_materias.php?id_edicao=17>. Acesso em: 20 jun. 2018.

MUNKVOLD, G. P.; DESJARDINS, A. E. Fumonisin in maize: can we reduce their occurrence? **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, n. 6, p. 556-565, jun.1997.

NEDELNIK, J. Damage to corn by fungi of the genus *Fusarium* and the presence of fusariotoxins. **Plant Protection Science**, v. 38, p. 46-54, 2002.

NELSON, P. E.; DESJARDINS, A. E.; PLATTNER, R. D. Fumonisin, mycotoxins produced by *Fusarium* species: biology, chemistry, and significance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 31, p. 233-252, 1993.

OLDENBURG, E.; HÖPPNER, F.; ELLNER, F.; WEINERT, J. *Fusarium* diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. **Mycotoxin Research**, v. 33, p. 167-182, 2017.

OLIVEIRA, M. A.; LORINI, I.; MALLMANN, C. A. As micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 87-91, nov. 2010.

QUESLATI, S.; BERRADA, H.; MANES, J.; JUAN, C. Presence of mycotoxins in Tunisian infant foods samples and subsequent risk assessment. **Food Control**, Oxford, v. 84, p. 362-369, 2018.

PENG, W. X.; MARCHAL, J. L. M.; VAN DER POEL, A. F. B. Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 237, p. 129-153, 2018.

PERAICA, M.; RICHTER, D.; RAŠIĆ, D. Mycotoxicoses in children. **Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju**, v. 65, n. 4, p. 347-363, 2014.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 355-363, set./dez. 2003.

PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Cultivo do milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8658>. Acesso em: 16 jun. 2018.

PIETRI, A.; BERTUZZI, T.; PALLARONI, L.; PIVA, G. Occurrence of mycotoxins and ergosterol in maize harvested over 5 years in Northern Italy. **Food Additives and Contaminants**, v. 21, n. 5, p. 479-487, 2004.

PIÑEIRO, M. S.; SILVA, G. E.; SCOTT, P. M.; LAWRENCE, G. A.; STACK, M. E. Fumonisin levels in Uruguayan corn products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 80, n. 4, p. 825-828, 1997.

PINTO, N. F. J. A.; VARGAS, E. A.; PREIS, R. A. Sanitary quality and fumonisin B1 production in corn grains at pre-harvest. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 33, n. 3, p. 304-306, 2007.

SAKATA, R. A. P.; SABBAG, P. S.; MAIA, J. T. L. S. Ocorrência de aflatoxinas em produtos alimentícios e o desenvolvimento de enfermidades enciclopédia biosfera. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1477-1498, 2011.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2000.

SCHMALE III, D. G.; MUNKVOLD, G. P. **Mycotoxins in crops: a threat to human and domestic animal health: economic impact of mycotoxins**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2009. Disponível em: <<https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Mycotoxins/Pages/EconomicImpact.aspx>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

SCHOLLENBERGER, M.; MÜLLER, H.-M.; DROCHNER, W. Fusarium toxin contents of maize and maize products purchased in the years 2000 and 2001 in Germany. **Mycotoxin Research**, v. 21, p. 26-28, 2005.

SCUSSEL, V. M. **Micotoxinas em alimentos**. Florianópolis: Insular, 1998.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 675-804.

SILVA, D. D. da; COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; LANZA, F. E.; GUIMARÃES, 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).

SOLFRIZZO, M.; AVANTAGGIATO, G.; VISCONTI, A. Rapid method to determine sphinganine/ sphingosine in human and animal urine as a biomarker for fumonisin exposure. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, v. 692, p. 87-93, 1997.

TOLEDO-SOUZA, E. E.; CAFÉ FILHO, A. C.; LOBO JÚNIOR, M. **Plantas de cobertura para controle da murcha de Fusarium em feijoeiro comum no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica, 83).

WESTHUIZEN, L.; SHEPARD, G. S.; SCUSSEL, V. M.; COSTA, L. L. F.; VISMER, H. F.; RHEEDER, J. P.; MARASAS, W. F. O. Fumonisin contamination and Fusarium incidence in corn from Santa Catarina, Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 5574-5578, 2003.



**XXXII CONGRESSO NACIONAL
DE MILHO E SORGO**



*"Soluções integradas para
os sistemas de produção
de milho e sorgo no Brasil"*

SOLUÇÕES INTEGRADAS PARA OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO E SORGO NO BRASIL

Editores

Maria Cristina Dias Paes
Renzo Garcia Von Pinho
Silvino Guimarães Moreira

Sete Lagoas, MG

Associação Brasileira de Milho e Sorgo

2018



Livro de Palestras

Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil

Editores Técnicos

Maria Cristina Dias Paes
Renzo Garcia Von Pinho
Silvino Guimarães Moreira

Sete Lagoas, MG
Associação Brasileira de Milho e Sorgo
2018

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica

Tânia Mara Assunção Barbosa

Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil / editores técnicos Maria Cristina Dias Paes, Renzo Garcia Von Pinho, Silvino Guimarães Moreira. – Sete Lagoas: ABMS, 2018.

Modo de acesso: <http://www.abms.org.br/eventosanteriores/cnms2018/CNMS2018_livro_palestras.pdf>.

ISBN: 978-85-63892-09-6

1. Milho. 2. *Zea mays*. 3. Sorgo. 4. *Sorghum bicolor*. I. Paes, Maria Cristina Dias. II. Von Pinho, Renzo Garcia. III. Moreira, Silvino Guimarães. IV. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 32., 2018, Lavras, MG.

CDD 633.15 (21. ed.)
