

CONCEITOS BÁSICOS DAS MICOTOXICOSES E FORMAS DE CONTROLE

Introdução

A produção brasileira de milho em 2019/2020 deve fechar com produção recorde de 102,5 milhões de toneladas (1). Mais de 70% da produção mundial de cereais está destinada a alimentação animal (2), portanto, qualquer alteração na qualidade destas matérias-primas para a elaboração de rações provocará significativos impactos na produtividade animal. A contaminação dos grãos com diferentes espécies de fungos não é uma novidade, no entanto, algumas mudanças recentes no clima e nas tecnologias de cultivo, combinados com a grande capacidade de adaptação destes fungos, aumentam sua prevalência. Está claro que a contaminação dos grãos por fungos não é apenas um problema pontual, mas sim um problema sistêmico, pois sob certas condições ambientais (temperatura, disponibilidade de oxigênio e umidade) produzirão metabólitos tóxicos (micotoxinas).

Conhecendo as micotoxinas

As micotoxinas são compostas de diversas estruturas químicas, em geral de baixo peso molecular, produzidas por muitas espécies de fungos sendo os principais *Aspergillus*,

Penicillium e *Fusarium*. Esses fungos e seus metabólitos tóxicos afetam a qualidade das matérias-primas e deste modo causam perdas econômicas milionárias; para mencionar apenas uma estatística, podemos citar a estimativa dos EUA de 900 milhões de dólares (3).

A contaminação por micotoxinas pode ocorrer em vários estágios da produção de grãos, tais como cultivo, colheita, transporte, processamento e armazenamento. Tanto a contaminação fúngica, como a subsequente produção de micotoxinas, estão intimamente relacionadas com fatores tais como umidade, temperatura, nível de oxigênio e qualidade dos grãos [4] (Tabela 1).

A umidade do grão no período de colheita, as boas práticas no processamento e o armazenamento fazem com que as micotoxinas produzidas durante o período pós-colheita (por exemplo, Aflatoxinas) apresentem, na atualidade, uma incidência mais baixa. Por outro lado, as micotoxinas que são formadas nos grãos ainda no campo, como as produzidas pelo gênero *Fusarium* spp. independem da qualidade de armazenamento, e desta forma, estas micotoxinas adquiriram cada vez mais

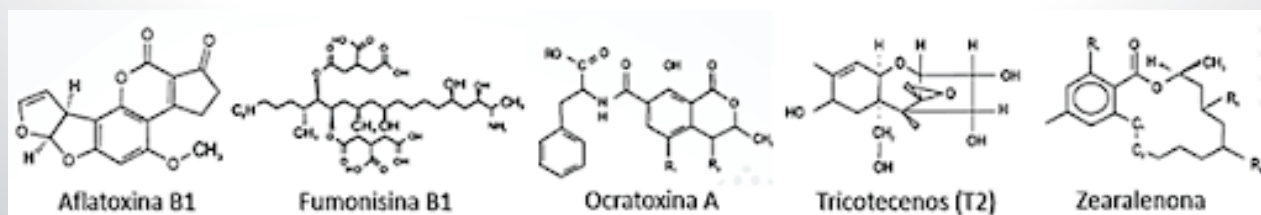


Figura 1. Estruturas moleculares das principais micotoxinas na Suinocultura.

Micotoxina	Fungo	Condições Ambientais
Aflatoxinas	<i>Aspergillus flavus</i> / <i>A. parasiticus</i>	Seco e Quente
DON/Zearalenona	<i>Fusarium graminearum</i> / <i>F. culmorum</i>	Úmido e Frio
Fumonisin	<i>Fusarium verticilloides</i> / <i>F. proliferatum</i>	Seco e Temperado
Ocratoxina A	<i>Penicillium verrucosum</i>	Quente e Úmido

Tabela 1. Os fungos produtores de micotoxinas e as condições climáticas para o seu desenvolvimento.

importância nos programas de controle de micotoxicoses. Portanto, os métodos de controle, necessariamente, vão variar em função da micotoxina presente em cada caso, e desta maneira, faz-se indispensável conhecer a prevalência das micotoxinas nas diferentes regiões e a sua sazonalidade.

A Vetanco S.A. no ano de 2019, realizou mais de 4.000 análises de micotoxinas em matérias-primas de 8 países da América Latina (6). Do total de amostras analisadas, encontrou-se uma positividade de 76% das mesmas para um ou mais micotoxinas (Gráfico de prevalências 1). As prevalência de amostras combinadas de duas ou mais micotoxinas podem ser vistas na Figura 2.

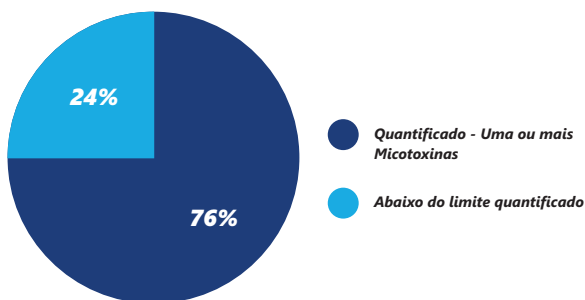


Gráfico 1. Porcentual de amostras positivas

FUMONISINA	AFLATOXINA		25%
FUMONISINA	DON		15%
FUMONISINA	DON	AFLATOXINA	9%
FUMONISINA	DON	ZEARALENONA	7%
FUMONISINA	OCRATOXINA		7%
OUTROS			36%

Figura 2. Porcentual de amostras com duas ou mais Micotoxinas

Muito se evoluiu nas técnicas de detecção de micotoxinas, sendo que hoje existem técnicas como HPLC, ELISA, Imunocromatografia e cromatografia em camada fina. Apesar disso, ainda existem várias complicações quando se trata de detectar micotoxinas: as micotoxinas geralmente se apresentam em "Hot Spot", ou seja, sua distribuição não é homogênea dentro de um lote de grãos. Os níveis mínimos de detecção, em alguns casos, estão acima dos níveis máximos recomendados para os animais. As técnicas geralmente são específicas para uma micotoxina, portanto, vários testes devem ser realizados para determinar o perfil de contaminação completo. Algumas micotoxinas podem estar "ocultas" e não serem detectadas por métodos analíticos tradicionais. Tudo isso faz com que erros sejam cometidos na detecção de micotoxinas e, conseqüentemente, decisões erradas sejam tomadas para o seu controle. Estima-se que aproximadamente 88% dos erros de detecção de micotoxinas são erros de amostragem.

Como elas agem

A ingestão de micotoxinas pelos animais pode desencadear quadros agudos ou crônicos em função das concentrações e periodicidade de ingestão. As lesões podem variar desde uma ligeira diminuição dos parâmetros de produção até culminar com a morte do animal. No entanto, as consequências mais comuns da ingestão de micotoxinas são a imunossupressão e os transtornos reprodutivos. Embora cada tipo de micotoxina tenha impactos diferentes nos animais, existem relatórios sobre a forma como as micotoxinas interagem com o epitélio intestinal. A saúde do Trato Gastrointestinal (TGI) é a chave para alcançar um desenvolvimento adequado da microflora intestinal, a fim de obter os resultados produtivos desejados (5).

Atualmente, existem cerca de 300 tipos diferentes de micotoxinas conhecidas, porém

estima-se que possam existir mais de 20.000 tipos diferentes. Na produção animal, as micotoxinas mais relevantes são Aflatoxinas, Fumonisin, Ocratoxinas, Tricotecenos (DON/T2/TH2/DAS) e Zearalenonas. A seguir, são mencionadas algumas das alterações que podem causadas pelas diferentes micotoxinas.

Lesões orais	T2
Disfunções cardíacas	FUM
Edema pulmonar	FUM
Nefrotoxicidade	AFLA/OTA
Imunossupressão	AFLA/T2/DON/FUM/OTA
Hemorragias	AFLA
Perda de Peso	AFLA/FUM/OTA/DON
Síndrome de má absorção, enterite, necrose	FUM/DON
Morte Súbita	AFLA
Hepatotoxicidade	AFLA/FUM
Abortos, Natimortos, Redução na fertilidade, Alterações no ciclo estral	Z/T2/DON

T2: Tricotecenos T2
DON: Deoxinivalenol
AFLA: Aflatoxina B1
FUM: Fumonisin B1
ZEA: Zearalenona
OTA: Ocratoxina
DAS: Diacetoxiscirpenol

Tabela 2. Resumo das lesões causadas pelas principais micotoxinas em suínos.

As lesões macroscópicas que as micotoxinas podem causar nos animais são muito variadas e características. Além disso, deve ser considerado que raramente encontraremos amostras com contaminação por uma única micotoxina, mas pelo contrário, as contaminações mistas são mais comuns (pelo menos 1 em cada 4 amostras). Dessa forma, as contaminações com mais de uma micotoxina pode gerar efeitos sinérgicos ou aditivos nos animais. O efeito aditivo ocorre

quando o resultado da exposição a duas micotoxinas é maior do que a exposição a cada uma delas individualmente. Tanto DON como Fumonisin diminuem o número de células caliciformes e a altura das vilosidades intestinais. Mas quando estão juntas, a diminuição em ambos os parâmetros é maior. Um efeito sinérgico ocorre quando diferentes micotoxinas atuam em diferentes fases do mesmo mecanismo de ação. Por exemplo, T2 aumenta a peroxidação lipídica, causando um aumento na concentração de espécies reativas de oxigênio (ROS). Enquanto a Aflatoxina B1, inibe os mecanismos naturais de eliminação de ROS.

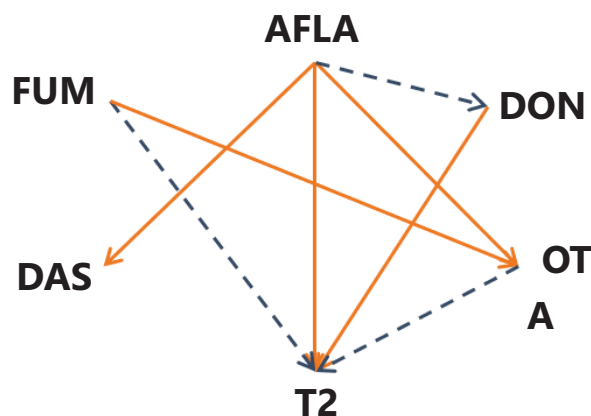


Figura 3. Efeito sinérgico (linha completa) e Efeito aditivo (linha pontilhada)

Formas de Controle

Assim como há uma grande variedade de micotoxinas, existe uma enorme variedade de métodos de controle. Esses variam desde boas práticas agrícolas de armazenamento, à produtos enzimáticos com um elevado valor

Método de Controle	Área de Ação	Objetivo
Boas Práticas Agrícolas	Genótipo e Rotação de cultura, Controle de Pragas e Fungos, Umidade na Colheita e Regulagem da Autoclavagem	Diminuir a contaminação fúngica
Produtos para armazenagem do grão	Umidade, Limpeza e Armazenamento	Diminuir a contaminação fúngica e a produção de micotoxinas
Adsorventes	Trato Gastrointestinal	Evitar a absorção de micotoxinas com maior polaridade
Enzimáticos	Trato Gastrointestinal	Transformar as micotoxinas em metabólitos atóxicos prévios a sua absorção, independente de sua polaridade
Protetores	Órgãos	Diminuir o dano das micotoxinas dos diferentes órgãos brancos

Tabela 3. Métodos de controle de micotoxinas

tecnológico (Tabela 3). Historicamente, os ácidos inibidores de crescimento de fungos e adsorventes minerais têm sido a principal estratégia para o controle das micotoxinas; no entanto, as melhorias tecnológicas permitem obter novas perspectivas de controle na produção animal.

Os inibidores fúngicos impedem o crescimento vegetativo de fungos e, conseqüentemente, a formação de micotoxinas durante o armazenamento de grãos, enquanto que os adsorventes agem na remoção de micotoxinas no trato digestivo dos animais, uma vez que a adsorção é dependente principalmente da polaridade (carga iônica das moléculas) de cada micotoxina, Figura 4.

Nos últimos anos, o uso de enzimas para a inativação de micotoxinas (Figura 5) tornou-se uma ferramenta segura e efetiva, com efeitos sobre uma ampla gama de micotoxinas que na sua maioria não são adequadamente controladas por métodos tradicionais. As enzimas são moléculas amplamente conhecidas por seu efeito fundamental no metabolismo dos seres vivos, com atividades que vão desde a contração muscular até a troca de gás nos pulmões. Essas são substâncias orgânicas de natureza

normalmente protéica com atividade intracelular e extracelular. Elas têm funções catalíticas em reações químicas, permitindo que essas sejam produzidas na forma e velocidade requeridas.

Essa capacidade catalítica das enzimas também as torna adequadas para aplicações industriais, tais como a produção em grande escala de antibióticos e a melhoria da digestibilidade dos nutrientes em dietas monogástricas (por exemplo, fitases). Dentro deste aspecto, os mecanismos de inativação enzimática resultam numa plataforma eficaz para a biotransformação de micotoxinas que são mal controladas pelos mecanismos tradicionais na produção animal. Estudos em microbiologia e sobre as enzimas levaram à descoberta de enzimas segregadas por microrganismos capazes de metabolizar as micotoxinas. Esse mecanismo é chamado de detoxificação, biotransformação ou inativação enzimática.

Tendo as enzimas seu mecanismo de ação muito específico (catalisam reações químicas num determinado ponto de uma molécula), e dependentes de um ambiente característico (temperatura, pH, tempo, etc.), é de suma importância utilizar enzimas adaptadas às espécies animais a serem utilizadas, uma vez

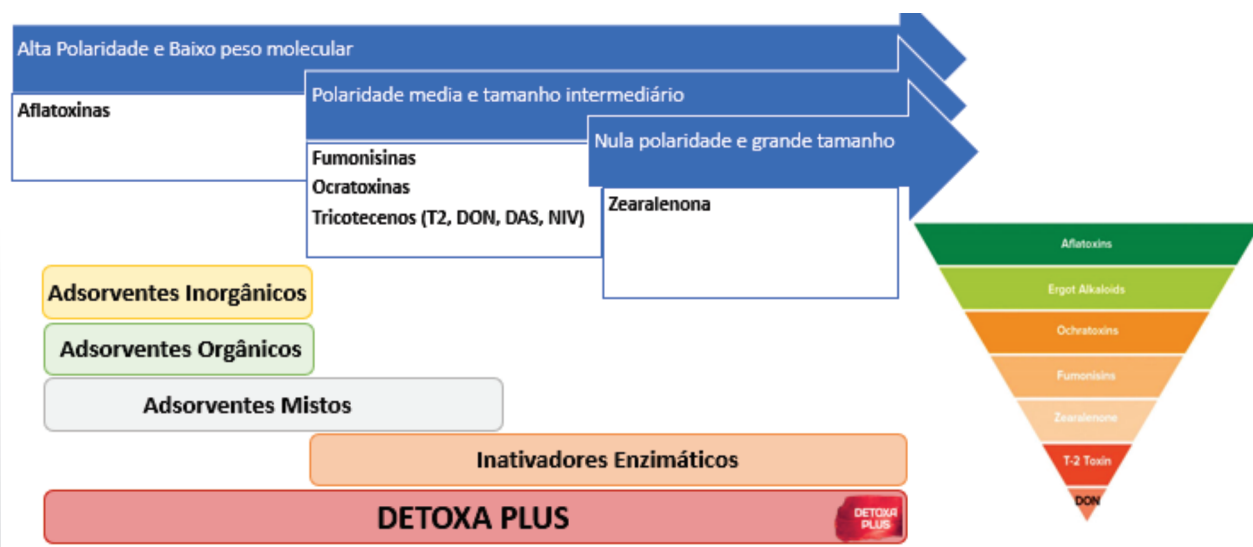


Figura 5. Diferentes ferramentas em função do desafio encontrado.

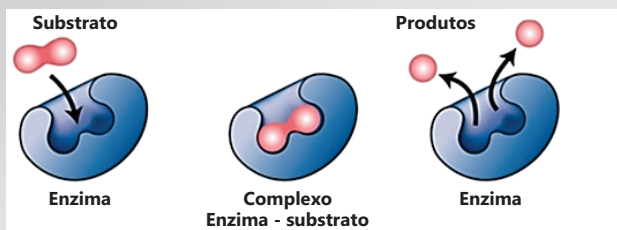


Figura 5. Mecanismo de Ação Enzimático.

que o pH e o tempo de permanência da ração em ruminantes não são os mesmos que em monogástricos.

Conclusões

É fundamental escolher a ferramenta mais adequada, haja visto o desafio de micotoxinas encontrado em cada situação, principalmente para micotoxinas de média e baixa polaridade.

A composição total dos produtos, à base de enzimas, é importante para o efeito biológico do produto sobre os animais e para o controle de micotoxinas.

A atividade enzimática deve ser em pH ácido, para inativar as micotoxinas antes do ingresso dessa no trato intestinal.

Referências:

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Décimo segundo levantamento, Brasília, ISSN: 2318-6852, p. 1-33, setembro 2020.

Charles H.; Godfray J.; Beddington J.R.; Crute I.R.; Haddad L.; Lawrence D.; Muir J. F.; Pretty J.; Robinson S.; Toulmin C. "Food security: feeding the world in 2050" Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. B Biol. Sci. 365, p. 2765 a 3097. 2019.

Desjardins, A.; Maragos, C.; Norred, W.; Pestka, J.; Phillips, T.; Vardon, P.; Whitaker, T.; Wood, G.; van Egmond, H. "Mycotoxins: Risks in Plant, Animal, and Human System" Council for Agricultural Science and Technology: Ames, IA, USA, 2003.

Shurson, J. "Understanding Molds and Mycotoxins in Corn and DDGS" Department of

Animal Science; University of Minnesota. 2012.

Bryden, W.L. "Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security." Anim. Feed Sci. Tech, 173, 134–158. 2012.

eBook Vetanco – Micotoxinas: Prevalência na América Latina – Disponível em: <https://mkt.vetanco.com.br/e-book-micotoxinas-2019-port>