

MICOTOXINAS

PARTE III – AFLATOXINAS E SEUS EFEITOS DELETÉRIOS NA PRODUÇÃO ANIMAL

POR **DRA. JAQUELINE DE PAULA GOBI** (GERENTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO)
E **DR. ANDRÉ VIANA** (CHIEF TECHNOLOGY OFFICE)

Nos artigos anteriores, falamos um pouco sobre as micotoxinas de uma forma mais ampla e sobre a importância do programa amostral para analisá-las. Dando continuidade à nossa série, este artigo tem por objetivo discorrer sobre as aflatoxinas, uma das micotoxinas que mais causam debilidade em aves e também atingem outros animais, como suínos e bovinos. Vamos entender o que são as aflatoxinas e como elas afetam negativamente a produção animal.

INTRODUÇÃO

As aflatoxinas foram descobertas em 1960, quando houve um episódio de mortalidade de aproximadamente 100 mil perus na Inglaterra. Na ocasião, foi observado que as aves apresentavam anorexia e apatia e morriam entre uma a duas semanas de idade. Em comum entre todas as ocorrências, estava a inclusão de farelo de amendoim na ração. Investigações subsequentes demonstraram a presença de fungos filamentosos (*Aspergillus flavus*) nas rações produzidas com uso de farelo de amendoim, de onde foram extraídos compostos fluorescentes sob a luz UV. Esses compostos, quando fornecidos aos animais, reproduziam os sintomas observados. Esse grupo de toxinas ocasionou efeitos hepatotóxicos, mutagênicos, imunossupressores e neoplásicos. Sua associação com o câncer ocasionou então um interesse crescente na pesquisa

de substâncias tóxicas produzidas por fungos, as micotoxinas.

O nome aflatoxina deriva do nome do fungo isolado durante a sua descoberta: A FLA Toxina: “A” de *Aspergillus*, “FLA” de *Flavus* e a palavra “Toxina”. Entretanto, não é apenas a espécie *Aspergillus flavus* que produz as aflatoxinas. O nome faz referência à primeira aflatoxina estudada, mas o gênero *Aspergillus* possui diversas espécies que as produzem, sendo as principais: *A. parasiticus*, *A. nomius* e *A. pseudotamarii*. São classificados como fungos saprófitos - ou seja, são seres incapazes de realizar fotossíntese e que se alimentam absorvendo substâncias orgânicas - encontrados nos solos e que podem contaminar os grãos desde o plantio até seu armazenamento.

CARACTERÍSTICAS

As aflatoxinas compreendem um grupo de 17 substâncias pertencentes à classe química das furanocumarinas. Possuem em sua composição um grupo bisfurano, um grupo metoxicumarínico e um grupo lactona (grupo B) ou ciclopentanona (grupo G). As 6 principais aflatoxinas são as: aflatoxina B₁, aflatoxina B₂, aflatoxina G₁, aflatoxina G₂, aflatoxina M₁ e aflatoxina M₂ (Figura 1). Os termos B₁ e B₂ fazem referência ao fato de que, sob a luz UV, essas aflatoxinas fluorescem em azul (*blue* em inglês), enquanto que as aflatoxinas G₁ e G₂ fluorescem na cor verde (*green*), sendo que ambos os grupos são encontrados majoritariamente em cereais. Em relação à numeração, as aflatoxinas da série 1 (B₁, G₁ e M₁) são assim denominadas pois possuem uma dupla ligação em seu grupo bisfurano que as torna altamente reativas com o DNA, elevando assim sua capacidade mutagênica e neoplásica. Por fim, as aflatoxinas M₁ e M₂ são encontradas no leite (daí a letra M, que faz referência à palavra *milk*), sendo secretadas após o consumo de aflatoxina B₁ e aflatoxina B₂, respectivamente, que são biotransformadas com a inserção de uma hidroxila no grupo bisfurano, ocasionando assim um enorme fator de risco para o consumo de leite contaminado (CREPPY, 2002; KUMAR et al., 2017; PETERSON, 2003).

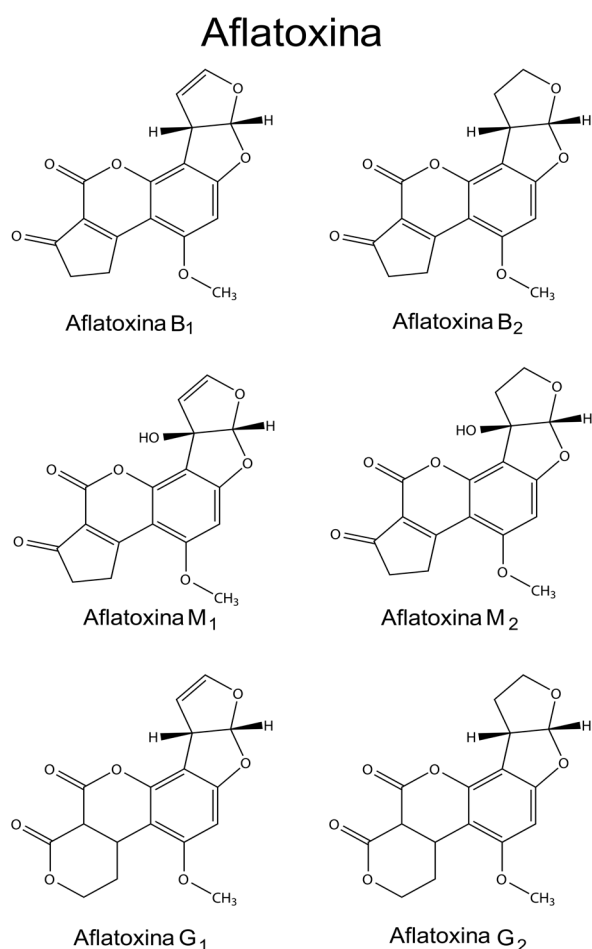


Figura 1. Estruturas químicas das aflatoxinas B₁, B₂, M₁, M₂, G₁, G₂.

Caracterizados por serem substâncias resistentes a altas temperaturas – o que dificulta sua eliminação via tratamento térmico –, de baixo peso molecular e facilmente absorvidas após a ingestão devido às suas estruturas lipofílicas, os membros desse grupo são em geral conhecidos pela produção de esporos verde-amarelados e podem ser encontradas em praticamente todos os alimentos de consumo humano e animal. O amendoim é um dos substratos mais adequados para produção de aflatoxinas, porém outros cereais como milho, trigo, cevada, arroz, feijão, nozes e sorgo podem ser contaminados por *Aspergillus*, podendo-se encontrar doses elevadas de aflatoxinas. Além disso, produtos de origem animal como o leite *in natura* ou em pó, carnes e ovos, também podem ter presença de aflatoxinas (ORGANISACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1983).

As aflatoxinas crescem facilmente em zonas tropicais e subtropicais, com temperatura ótima de crescimento ao redor de 25° C e temperaturas mínima e máxima de 10° C e 40° C, respectivamente (DANTIGNY; GUILMART; BENSOUSSAN; 2005). O crescimento desses fungos e a produção das aflatoxinas pode ocorrer no campo, quando então diagnosticamos a doença *Aspergillus ear rot*, também conhecida como podridão verde das espigas (Figura 2). Todavia, o aparecimento é mais comum no processo de armazenamento dos grãos, sendo necessária, entretanto, a presença de uma umidade mínima (11% UR) para o crescimento desses organismos (AZEVEDO, et al., 1994). Assim, em geral, as grandes contaminações estão associadas à secagem inadequada dos grãos antes do armazenamento (tanto dos grãos quanto das rações) e, consequentemente, têm maior potencial de ocorrência nos meses de maior umidade e de temperaturas mais elevadas.



Figura 2. Espiga de milho acometida por doença conhecida por podridão verde das espigas, oriunda de contaminação por fungos do gênero *Aspergillus*.

CONTAMINAÇÕES EM GRÃOS

Dados compilando 1.200 amostras de milho grão e milho moído – um dos cereais mais afetados por aflatoxinas e ingrediente predominante na formulação de ração para monogástricos – coletadas entre julho de 2016 e julho de 2017 evidenciaram que 69%, ou seja, 828 amostras, apresentaram pelo menos 1 ppb de contaminação por aflatoxinas totais (PAIM, 2018). Desse total de amostras de milho contaminadas, mais de 52% apresentaram contaminação acima de 20 ppb, limite máximo estabelecido pela legislação brasileira. Mais recentemente, ao avaliar a presença de aflatoxinas em rações de um sistema de produção de frangos de corte no estado de São Paulo, Kobashigawa et al. (2019) encontraram valores médios de 29,1 ppb de aflatoxina no milho. Todavia, é preciso ponderar que algumas estatísticas laboratoriais são obtidas considerando amostras oriundas de laboratórios de referência, onde boa parte das amostras recebidas têm suspeitas de altos níveis, o que pode superestimar esses resultados em relação ao que de fato é observado mais comumente na prática. Até mesmo em relação a positividade das amostras, outras fontes relatam positividade de amostras de milho de aproximadamente 50%, ou seja, valores menores do que os relatados nas referências anteriormente citadas.

Em geral, a contaminação de milho é superior à contaminação do farelo de soja, o qual não se mostra, portanto, um ingrediente de risco quanto às aflatoxinas. As rações, por serem compostas de um alto percentual de milho, em geral também apresentam positividade maior em relação ao farelo de soja (Tabela 1). Importante frisar que, mesmo em dosagens aparentemente baixas, essas contaminações podem acarretar em severas quedas de desempenho.

Tabela 1. Ocorrência de aflatoxinas em amostras de milho, farelo de soja e ração de frangos de corte.

INGREDIENTE	POSITIVIDADE (%)	MÉDIA (PPB)
Milho	65	29,1
Farelo de Soja	6	1,5
Ração	21	3,8

Fonte: Adaptado de Kobashigawa et al., 2019.

Um panorama oriundo de 6.591 amostras de rações analisadas para micotoxinas entre os anos de 2001 e 2004 foi divulgado pelo LAMIC (Laboratório de Análises Micotoxicológicas). Do total de rações analisadas no período, 54% apresentaram contaminação por aflatoxinas, com média de 11,63 ppb. Dentre essas amostras positivadas, a contaminação mais alta encontrada foi de 1.636 ppb, reiterando a alta variabilidade de contaminação existente entre diferentes amostras analisadas.

ABSORÇÃO E METABOLISMO EM AVES

As aflatoxinas são extremamente tóxicas para as aves, devido à sua rápida absorção no trato gastrointestinal. Em aves, as aflatoxinas causam uma série de efeitos deletérios, tais como:

- Diminuição na velocidade do crescimento e na eficiência alimentar;
- Redução do metabolismo proteico e absorção de gorduras;
- Ação sobre sistemas enzimáticos (amilase, tripsina e lipase pancreática);
- Redução na produção de sais biliares;
- Redução na absorção de vitaminas lipossolúveis e pigmentos;
- Redução na detoxificação das toxinas pelo fígado;
- Redução de proteínas plasmáticas (menor produção de imunoglobulina, interferência na coagulação sanguínea com hemorragias generalizadas);
- Redução das atividades fagocitárias e linfocitárias com aumento na suscetibilidade a doenças, como a fibrose e o câncer hepático;
- Aumento do peso relativo de órgãos;
- Maior incidência de lesões pancreáticas, renais e intestinais;
- Aumento na mortalidade (não acentuada);
- Redução da produção de ovos e maior incidência de ovos com cascas defeituosas;
- Má-formação de embriões.

Em geral, as grandes contaminações estão associadas à secagem inadequada dos grãos antes do armazenamento (tanto dos grãos quanto das rações) e, conseqüentemente, têm maior potencial de ocorrência nos meses de maior umidade e de temperaturas mais elevadas.

Após ser transportada para o sangue, as aflatoxinas ligam-se à albumina e também, em menor escala, a outras proteínas. Formas de aflatoxinas ligadas e não ligadas a proteínas séricas se espalham pelos tecidos, especialmente o fígado, quando então são transformadas pelo sistema microsomal hepático em metabólitos altamente tóxicos, que possuem a capacidade de se ligarem a macromoléculas intracelulares como o DNA e o RNA, alterando assim a transcrição genética e a síntese de proteínas (ZAVIERO, 2005).

As intoxicações causadas por aflatoxinas são denominadas aflatoxicoses. Os efeitos primários das aflatoxicoses em aves podem ser utilizados como guia para diagnóstico clínico da doença. Dentre as primeiras mudanças que podem ser utilizadas como orientação para diagnóstico clínico da doença (Figura 3), a alteração no tamanho dos órgãos internos é uma das mais marcantes.

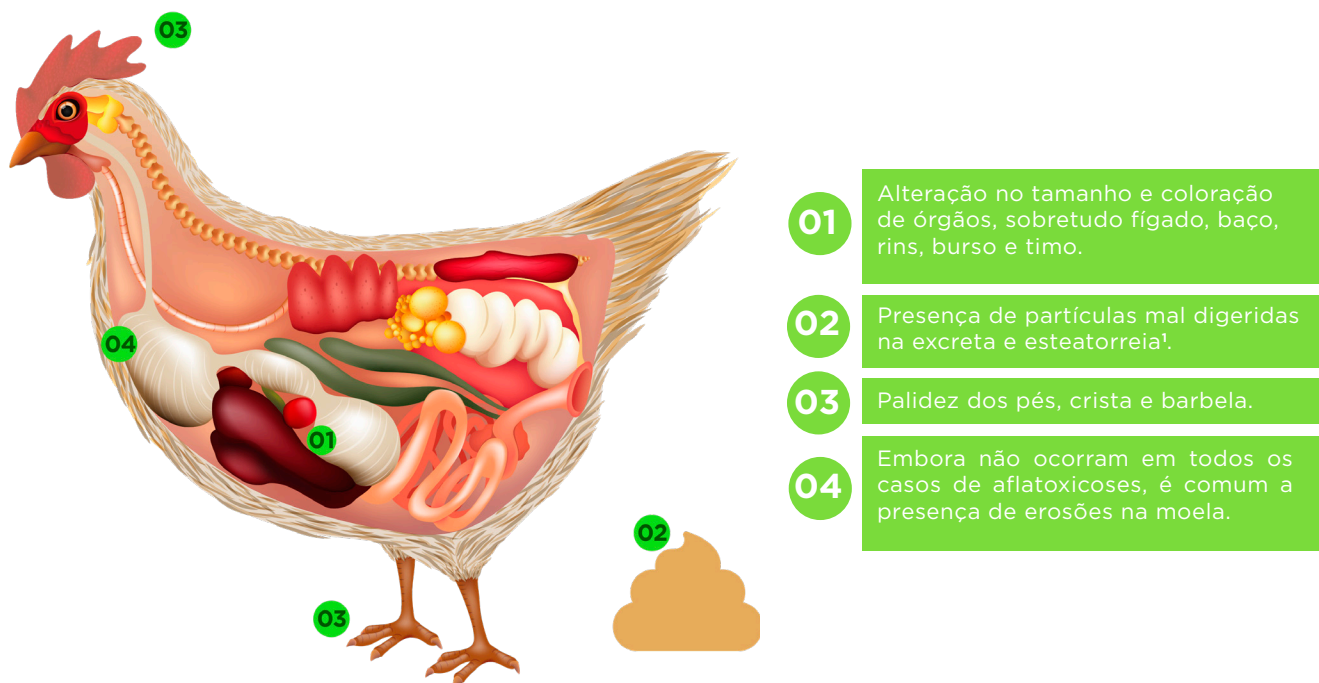


Figura 3. Primeiras alterações visualmente observadas em aves acometidas por aflatoxicoses.
¹**Esteatorreia** - excesso de gordura nas excretas.

Ocorre aumento de tamanho no fígado, baço e rins e redução nos tamanhos da bursa e do timo. Somando-se às alterações de tamanho, ocorrem também alterações na coloração e textura dos órgãos. O fígado de aves com aflatoxicoses, por exemplo, tem como característica a coloração amarelada e friável com acentuada infiltração de gordura (Figura 4).



Figura 4. Aspecto friável de fígado de frango ocasionado pelo consumo de rações contaminadas por aflatoxinas.

A ingestão de aflatoxinas ocasiona severo quadro de lesões hepáticas com proliferação de dutos biliares no fígado e sintomas e alterações características podem ser observados a campo, como o acúmulo de gordura e aspecto friável. Ocorre ainda redução na produção de sais biliares pelo fígado, causando redução na absorção de gorduras, vitaminas lipossolúveis e pigmentos. O fígado tem sua capacidade de detoxificação reduzida e há considerável redução no nível de albumina e proteínas plasmáticas, com aumento da fragilidade capilar que pode ocasionar em micro-hemorragias (HAMILTON & GARLICH, 1971). Embriotoxicidade também são comumente relatadas (CELIK et al., 2000).

Outra característica marcante em surtos de aflatoxicoses, que pode ser considerada como forma de diagnóstico a campo, é a presença de partículas de ração mal digeridas na excreta (Figura 5) que são decorrentes da má absorção das partículas, que prejudica a eficiência da conversão alimentar e consequentemente aumenta o custo de produção (SANTURIO, 2000). Além de partículas na digesta, muitas vezes é possível observar também esteatorreia (aumento de gordura no material fecal), o que ocorre como consequência da redução da atividade da enzima lipase pancreática e redução da presença de sais biliares, os quais são importantes para digestão e absorção de gorduras (OSBORNE & HAMILTON, 1981; SCHAEFFER & HAMILTON 1991) e, em alguns casos, podem ser visualmente percebidos por uma coloração mais amarelada na excreta.



Figura 5. Excreta com passagem de partículas.

A redução da capacidade de absorção de gorduras também prejudica a absorção de vitaminas e pigmentos lipossolúveis, provocando uma outra característica marcante em aves que ingerem micotoxinas: a palidez das pernas (Figura 6) e mucosas (MALLMANN, 2007). Todavia, deve-se ter cautela para que não haja confusão em relação ao efeito deletério do ataque fúngico e do inadequado armazenamento sobre os pigmentos dos grãos – que também provoca palidez nas mucosas – sem necessariamente haver implicação de contaminação do animal por micotoxinas.



Figura 6. Despigmentação de pernas de frango ocasionada pelo consumo de rações contaminadas por aflatoxinas: Acima: Frango alimentado com ração não contaminada. Abaixo: Frango alimentado com ração contaminada.

Em alguns casos, podem ocorrer lesões na moela, pois algumas cepas de *Aspergillus flavus* produzem ácido ciclopiazônico (CPA, como é internacionalmente conhecido), que tem por característica provocar lesões na moela (Figura 7) e aumento do proventrículo (DORNER et al., 1983), devido ao contato direto dessa substância com os órgãos no decorrer da digestão. O CPA é mais comumente encontrado no milho e na ração e, além de possíveis erosões na moela, provoca também diminuição do peso e, a depender da severidade, mortalidade das aves.



Figura 7. Lesão na moela provocada pela presença de ácido ciclopiazônico.

As aflatoxinas agem sobre sistemas enzimáticos (amilase pancreática, tripsina, lipase, RNase, DNase) interferindo na absorção de nutrientes e no sistema imune como um todo. Os resultados obtidos em diferentes testes experimentais sugerem que alterações clínicas, hematológicas, bioquímicas e histopatológicas ocorrem em aves que ingerem a partir de 50-200 ppb de aflatoxina. Essa variabilidade observada se deve sobretudo à sensibilidade da população de aves testada em cada condição experimental.

A campo, de toda forma, as ocorrências muito dificilmente passam de 50 ppb o que faz com que efeitos subagudos, sem quadros patológicos evidentes, com redução discreta na velocidade de crescimento, danos hepáticos e ocorrência de imunossupressão sejam os sintomas mais comuns. Em relação aos efeitos imunossupressores, os mais comuns são a inibição dos fagócitos e da síntese proteica, diminuindo a produção de anticorpos e conseqüentemente, tornando os animais mais suscetíveis a agentes infecciosos e com maiores chances de não terem respostas vacinais.

A sensibilidade aos efeitos tóxicos varia de acordo com o grau de exposição a micotoxina, o estado nutricional e também dentre as espécies animais, de modo que, na avicultura comercial, patos, perus, gansos, faisões e frangos de corte são os mais suscetíveis (MULLER et al., 1970). Em relação ao tempo de exposição, as aves podem ser acometidas de forma crônica - baixas dosagens por longo período, caracterizada por perdas no desempenho, acréscimo no tamanho dos órgãos, imunossupressão e fezes com partículas, ou de forma aguda - doses altas, nas quais ocorrem lesões bioquímicas graves com morte celular, hemopatias agudas e subagudas podendo levar o animal a óbito (OLIVEIRA & GERMANO, 1997, citado por ANDRETTA, 2011). A exposição de forma crônica constitui a principal forma de intoxicação em condições naturais.

Além das variabilidades acima citadas, há também variação da sensibilidade em relação a idade da ave, de modo que aves até os 21 dias de idade têm maior suscetibilidade aos efeitos deletérios causados pelas aflatoxicoses (MULLER et al., 1970).

Um estudo conduzido sintetizando dados oriundos de pesquisas anteriormente publicadas, estimou, por meio de regressão linear, que a cada 1.000 ppb de aflatoxina na ração, a taxa de crescimento de frangos de corte foi deprimida em 5% (DERSJANTLI, VERSTEGEN, GERRITS, 2003). Mais recentemente, dados oriundos de 158 estudos publicados entre 1980 e 2016 foram compilados em uma metanálise, na qual se observou que frangos de corte desafiados por aflatoxinas - com concentração média de 630 ppb, variando entre 0 a 5.000 ppb - reduziram o consumo de ração, o ganho de peso e a eficiência alimentar em 9, 15 e 6%, respectivamente, quando comparados aos tratamentos sem a presença de aflatoxina e que os efeitos deletérios da aflatoxicoses foram mais expressivos em aves mais jovens (KIPPER, 2020). Embora os efeitos deletérios sejam maiores em aves mais jovens, é importante frisar que o reflexo negativo oriundo da redução de desempenho nos primeiros dias pode ser observado até o fim da vida produtiva desses animais.

Em poedeiras alimentadas com rações contaminadas por aflatoxinas, há aumento na idade para alcançar a maturidade (PANDEY & CHAUHAN, 2007), redução na produção de ovos (SIMS et al.,

1970; LEE et al., 2012) e queda nos parâmetros de qualidade de ovo (MONSON et al., 2015). A piora dessas variáveis está muito associada à redução do potencial metabólico do fígado, uma vez que esse órgão é o responsável por grande parte das proteínas e lipídios incorporados à gema do ovo. Além disso, pode haver aumento da gordura hepática, alteração de enzimas séricas e aumento da suscetibilidade para salmoneloses e coccidioses (LEESON, DIAZ & SUMMERS, 1985).

Os efeitos das aflatoxinas na fertilidade de matrizes, bem como a transferência desses metabólitos para os ovos embrionários e seus efeitos na progênie também é uma preocupação na cadeia avícola. O fornecimento de dietas contaminadas com 50 e 75 ppb e de aflatoxina provocou redução na taxa de postura das aves a partir da 65ª semana, entretanto a eclodibilidade e a qualidade dos pintos não foram influenciadas pelas dietas (UTTPATEL, et al., 2011). Em outros estudos, todavia, é possível observar que quando maiores inclusões são testadas, observa-se um decréscimo também nessas variáveis (FERNANDES, 2004; SCHER, 2010).

A Figura 8 ilustra a variabilidade existente em relação ao nível de contaminação necessário para provocar efeitos deletérios na produtividade de aves. Os dados publicados e a realidade observada em campo sugerem que essa variabilidade é oriunda de características intrínsecas da população contaminada e outros fatores correlacionados bem como do processo de amostragem, que pode gerar erros em relação ao real nível médio de contaminação. As micotoxinas não necessariamente ocorrem em todas as sementes, de modo que parte dos grãos pode estar com alta intoxicação e outros completamente livres desses metabólitos. Assim, é necessário adotar medidas de prevenção à micotoxicose, bem como realizar periodicamente amostragens adequadas dos grãos - sobretudo o milho - e das rações para análise de presença de aflatoxinas.

A sensibilidade aos efeitos tóxicos varia de acordo com o grau de exposição a micotoxina, o estado nutricional e também dentre as espécies animais.

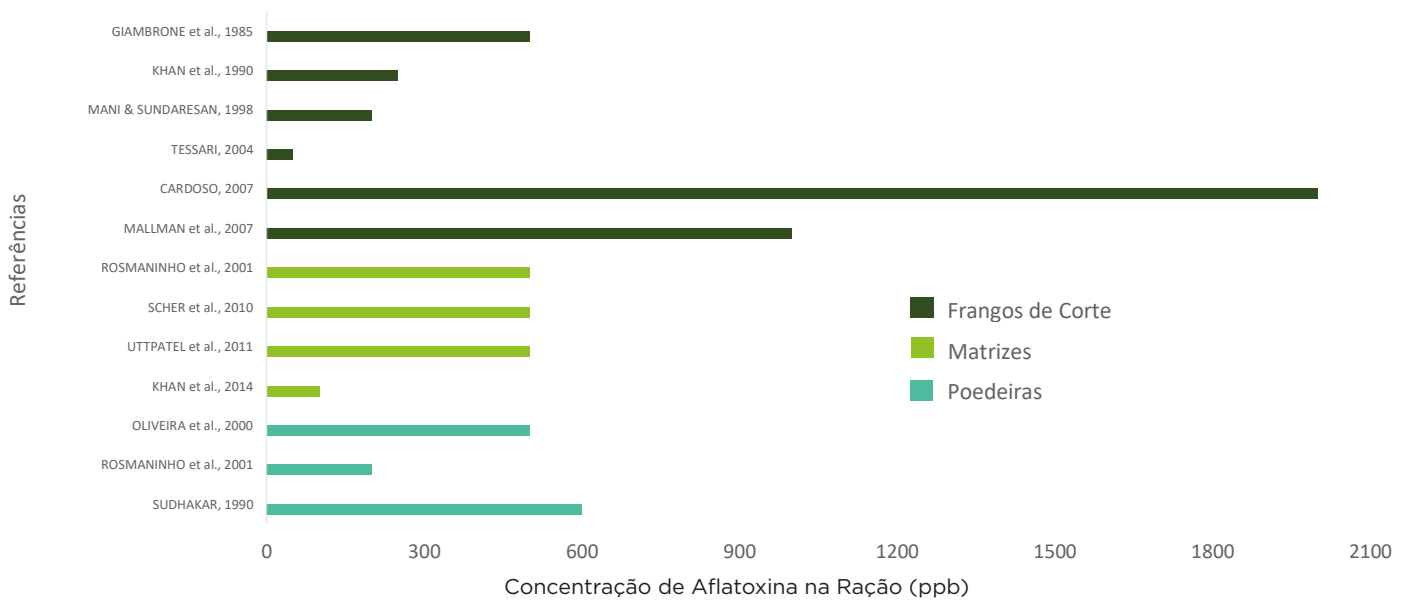


Figura 8. Concentrações de aflatoxinas em rações necessárias para causar quedas de desempenho zootécnico em frangos (ganho de peso), matrizes e poedeiras (produção de ovos) encontradas em diferentes pesquisas publicadas entre os anos de 1985 e 2014.

Outro ponto importante é que, embora se fale muito sobre o impacto negativo das aflatoxinas, outras micotoxinas, tais como fumonisina (FUM), zearalenona (ZEA) e desoxinivalenol (DON) também podem provocar redução no desempenho produtivo de animais de produção. Assim, a FUM também tem sido associada a reduções no desempenho de aves, além de outros sintomas como ascite, quadros de diarreia e aumento de mortalidade. As aves são mais resistentes à DON, porém podem ter seu desempenho reduzido a depender da gravidade da contaminação de grãos por essa micotoxina. De forma similar, quando comparado com outras espécies como os suínos, por exemplo, as aves são mais resistentes à ZEA, mas a depender da contaminação e do estado das aves, ela pode exercer efeitos deletérios na produção, sendo mais estudados seus efeitos em variáveis reprodutivas. Essas micotoxinas devem ser levadas em consideração também pela possibilidade de combinação entre elas, o que conhecidamente causa uma sinergia que pode elevar a toxicidade e conseqüentemente elevar os efeitos deletérios na produtividade das aves, tornando seus efeitos ainda mais agressivos quando comparados a contaminações únicas.

CONTAMINAÇÃO POR AFLATOXINAS EM OUTRAS ESPÉCIES

Embora as contaminações por aflatoxinas em aves sejam muito estudadas, devido à sensibilidade desses animais a esses metabólitos e seus conseqüentes efeitos deletérios na produção, outras espécies também são acometidas por micotoxicoses, causando depressão em variáveis de ordens econômica e sanitária.

Dentre os mamíferos, os suínos representam

uma das espécies mais suscetíveis aos efeitos deletérios das aflatoxinas. Uma das possibilidades levantadas para essa maior suscetibilidade refere-se à baixa concentração da glutathione S-transferase (enzima detoxificante) no citosol dos hepatócitos, a qual é a principal via de conjugação das aflatoxinas (COPPOCK & JACOBSEN, 2009). A absorção e o metabolismo das aflatoxinas no organismo de suínos são muito similares ao descrito para aves, tendo atuação sobretudo no fígado desses animais. Nos casos a campo, a micotoxicose crônica (consumo de doses moderadas a baixas por um longo período de tempo) é a mais frequente, caracterizada por quadros de redução da eficiência reprodutiva, diminuição da conversão alimentar, taxa de crescimento e ganho de peso. Devido à demora na percepção destas conseqüências e das dificuldades naturais de diagnóstico clínico, os prejuízos econômicos podem ser severos. Quando a toxina é ingerida em níveis mais elevados, o fígado apresenta degeneração gordurosa, necrose lobular com incremento de células basofílicas na periferia do lóbulo, proliferação dos dutos biliares e cirrose. A icterícia da carcaça somada ao fígado edemaciado e amarelado são características de intoxicação (DILKIN, 2002). Além disso, porcas que ingerem aflatoxina B1 podem eliminar a aflatoxina M1 pelo leite, intoxicando os leitões lactentes (MALLMAN & DILKIN, 2007). Assim como no caso das aves, os animais mais jovens são mais sensíveis à micotoxicose, de modo que o recomendado é aceitar um máximo de tolerância por volta de 20 ppb. Já para suínos na fase de engorda, alguns autores entendem que até 100 ppb não causam problemas na produção (BORDIN, 1992; MUIRHEAD & ALEXANDER, 2002; ANDERSEN, 2020).

Os ruminantes, quando comparados aos animais monogástricos, são menos suscetíveis às aflatoxinas. Atribui-se que os micro-organismos ruminais auxiliam na degradação e desativação e na ligação dessas moléculas tóxicas, reduzindo o potencial de ação das micotoxinas (JOUANY,

2005). Ainda assim, a capacidade patológica da aflatoxina nos animais ruminantes vai depender de sua concentração. Concentrações mais altas podem afetar o crescimento dos animais, comprometendo seu desempenho zootécnico e, a depender da severidade, até mesmo mortalidade. Um aspecto a ser considerado se refere às aflatoxinas encontradas no leite. Isso porque, após a ingestão de aflatoxina em animais leiteiros, pode haver conversão em metabólitos M1 e M2, os quais são excretados na urina e no leite, contaminando alimentos como leite e queijo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo que níveis mais altos de contaminações nos grãos e na ração, possivelmente não causem efeitos deletérios nas variáveis de desempenho de aves, recomenda-se considerar 20 ppb como uma referência de segurança, tendo em vista a desuniformidade de distribuição de micotoxinas existentes em grãos e rações, que pode subestimar a real contaminação e incorrer em grandes perdas de produtividade.

A forma mais eficaz de se controlar as micotoxinas como um todo está no impedimento de crescimento dos fungos, o que está atrelado a um controle rigoroso desde o plantio dos grãos até a sua ingestão pelos animais. Todavia, uma vez que ocorre a produção dessas substâncias, resta utilizar ferramentas para minimizar o impacto sobre o desempenho. Utilizar boas metodologias de amostragem para análises de micotoxinas é uma prática essencial para o adequado tratamento posterior dos grãos. Além disso, a utilização de sistemas de pré-limpeza de grãos para remoção de impurezas e grãos quebrados (quirera), por exemplo, são manejos que auxiliam reduzir lotes já contaminados, pois é justamente nas frações removidas que ocorrem a maior contaminação por micotoxinas. Outro manejo bastante utilizado é o de destinar os grãos de melhor qualidade às aves mais jovens e, portanto, mais suscetíveis às aflatoxicoses.

Do ponto de vista nutricional, há várias ferramentas de apoio. Dentre elas, uma estratégia valiosa é a inclusão de adsorventes nas rações, que são substâncias com a habilidade de aderirem à aflatoxina e impedir sua absorção no trato gastrointestinal, agindo na detoxificação das aves e eliminando esses metabólitos via excreta. A Polinutri possui em seu portfólio o aditivo adsorvente Micotoxi-fin, produzido a partir de argilas selecionadas e composto por filossilicatos de elevada capacidade de troca catiônica.

O Micotoxi-fin é um aliado na luta contra as micotoxinas, uma vez que, após ingerido pela ave, liga-se às aflatoxinas e forma um complexo que não pode ser absorvido pelo trato gastrointestinal, sendo eliminado via excreta. Em nossos próximos artigos falaremos de forma mais profunda sobre o uso de adsorventes como estratégia para minimização dos efeitos deletérios causados pelas micotoxinas.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, Megan. Managing mycotoxins in on farm swine feeds in the northeastern. 2020. 32f. Dissertação (Master of Agribusiness) - Kansas State niversity, Manhattan, 2020. Disponível em: <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/40663>. Acesso em: 29/09/2022.

ANDRETTA, I. et al. Estudo meta-analítico das interações produtivas e nutricionais das micotoxinas na alimentação de suínos e frangos de corte. 2011. 101f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10761>. Acesso em: 16/06/2022.

AZEVEDO, I. G. et al. Mycoflora and aflatoxigeni species of aspergillus spp isolated from stored maize. Rev. Microbiol, p. 46-50, 1994.

BORDIN, E. L. Contribuição ao Diagnóstico em Patologia Suína. 2. ed. São Paulo-SP, Roca, 1.992. 192 p.

CARDOSO, V. S. Efeitos da piperina em frangos de corte (*Gallus gallus*) com intoxicação experimental por aflatoxinas. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2007.

CELIK, I. et al. Embryotoxicity assay of aflatoxin produced by *Aspergillus parasiticus* NRRL 2999. British Poultry Science, v. 41, n. 4, p. 401-409, 2000.

COPPOCK, Robert W.; JACOBSEN, Barry J. Mycotoxins in animal and human patients. Toxicology and Industrial Health, v. 25, n. 9-10, p. 637-655, 2009.

CREPPY, E. E. Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. Toxicology Letters, v. 127, n. 1-3, p. 19-28, 2002.

DANTIGNY, P.; GUILMART, A.; BENSOUSSAN, M.. Basis of predictive mycology. International Journal of Food Microbiology, v. 100, n. 1-3, p. 187-196, 2005.

DERSJANT-LI, Y., VERSTEGEN, M., & GERRITS, W. The impact of low concentrations of aflatoxin, deoxynivalenol or fumonisin in diets on growing pigs and poultry. Nutrition Research Reviews, v. 16, p. 223-239, 2003.

DILKIN, PAULO. Micotoxicose suína: aspectos preventivos, clínicos e patológicos. Biológico, v. 64, n. 2, p. 187-191, 2002.

DORNER, J. W. et al. Cyclopiazonic acid production by *Aspergillus flavus* and its effects on broiler chickens. Applied and Environmental Microbiology, v. 46, n. 3, p. 698-703, 1983.

FERNANDES, A. J. Desempenho produtivo e reprodutivo de matrizes de corte alimentadas com dietas contendo doses crescentes de aflatoxinas. 2004. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de

Santa Maria, Santa Maria, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10931?show=full> Acesso em: 16/06/2022.

GIAMBRONE, J. J. et al. Effects of purified aflatoxin on broilers chickens. *Poultry Science*, v. 64, p. 852-858, 1985

HAMILTON, P. B.; GARLICH, J. D. Aflatoxin as a possible cause of fatty liver syndrome in laying hens. *Poultry Science*, v. 50, n. 3, p. 800-804, 1971.

JOUANY, J. P. YIANNIKOURIS, A. BERTIN, G. Risk assessment of mycotoxins in ruminants products. *Options Méditerranéennes*, v. 85, n. 85, p. 205-224, 2009.

KHAN, B. A., et al. Response of three commercial broiler chicken strains to aflatoxin. *Journal of Islamic Academy of Sciences*, v. 31, p. 27-29, 1990

KHAN, W. A. et al. Dietary vitamin E in White Leghorn layer breeder hens: a strategy to combat aflatoxin B1-induced damage. *Avian Pathology*, v. 43, n. 5, p. 389-395, 2014.

KIPPER, M. et al. Assessing the implications of mycotoxins on productive efficiency of broilers and growing pigs. *Scientia Agricola*, v. 77, 2020.

KOBASHIGAWA, E. et al. Aflatoxins and fumonisins in feed from a broiler operation system from São Paulo state, Brazil. *Ciência Rural*, v. 49, 2019.

KUMAR, P. et al. Aflatoxins: A global concern for food safety, human health and their management. *Frontiers in microbiology*, v. 7, p. 2170, 2017.

LAMIC - Laboratório de Análises Micotoxicológicas. Disponível em: <https://www.lamic.ufsm.br/site/publicacoes/category/1-aflatoxinas>. Acesso em: 09/06/2022

LEE, J. T. et al. Mycotoxin-contaminated diets and deactivating compound in laying hens: 1. Effects on performance characteristics and relative organ weight. *Poultry Science*, v. 91, n. 9, p. 2089-2095, 2012.

LEESON, S.; DIAZ, G. J.; SUMMERS, J. D. Poultry metabolic disorders and mycotoxins. Guelph, Ontario: University Books, 1995, p. 249-280.

MALLMANN, Carlos A.; DILKIN, Paulo. Micotoxinas e micotoxicoses em suínos, Santa Maria, Ed. Do Autor, 240p., 2007.

MANI, K.; SUNDARESAN, K. Combined Effects of Aflatoxin B- 1 and Spontaneous IBD Exposure of Commercial Broilers. *Cheiron*, v. 27, p. 59-62, 1998.

MONSON, M. S.; COULOMBE, R. A.; REED, K. M. Aflatoxicosis: Lessons from toxicity and responses to aflatoxin B1 in poultry. *Agriculture*, v. 5, n. 3, p. 742-777, 2015.

MUIRHEAD, M. & ALEXANDER, T. Managing Pig Health and the Treatment of Disease. England, 2.002. 608 p.

MULLER, R. D. et al. The response of chicks, ducklings, goslings, pheasants and poult to graded levels of aflatoxins. *Poultry Science*, v. 49, n. 5, p. 1346-1350, 1970.

OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Aflatoxinas: Conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu envolvimento na etiologia do câncer hepático celular. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, p. 417-424, 1997.

OLIVEIRA, C. A. F. et al. Hepatic lesion in laying hens chronically exposed to rations containing different levels of aflatoxin B1. *Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo*, v. 66, p. 39-43, 1999.

ORGANISACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Critérios de salud ambiental 11: Micotoxinas. Cidade de México: OSP, 1983.

OSBORNE, D. J.; HAMILTON, P. B. Decreased pancreatic digestive enzymes during aflatoxicosis. *Poultry Science*, v. 60, n. 8, p. 1818-1821, 1981.

PAIM, F. C. Ocorrência de aflatoxinas em amostras brasileiras de milho no período de julho de 2016 a julho de 2017. 22f. Monografia (Especialista em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12970>. Acesso em: 16/06/2022.

PANDEY, I.; CHAUHAN, S. S. Studies on production performance and toxin residues in tissues and eggs of layer chickens fed on diets with various concentrations of aflatoxin AFB1. *British Poultry Science*, v. 48, n. 6, p. 713-723, 2007.

PETERSON, S. W. Identification of Common *Aspergillus* species by MA Klich (2002). Pp. 116. ISBN 90-70-351-46-3. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands. *Mycologist*, v. 17, n. 3, p. 128-128, 2003.

ROSMANINHO, J. F.; OLIVEIRA, C. A. F.; BITTENCOURT, A. B. F. Efeito das micotoxicoses crônicas na produção avícola. *Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo*, v. 68, p. 107-114, 2011.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxicoses na avicultura. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.2, p.1-12, 2000.

SCHAEFFER, J. L.; HAMILTON, P. B. Interactions of mycotoxins with feed ingredients. Do safe levels exist. *Mycotoxins and Animal Foods*. CRC Press, FI, p. 827-43, 1991.

SCHER, A. et al. Aflatoxinas e desempenhos de duas linhagens de matrizes de corte e de suas progênies. 2010. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade

Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10752>. Acesso em: 16/06/2022.

SIMS J. R., W. M.; KELLEY, D. C.; SANFORD, P. E. A study of aflatoxicosis in laying hens. Poultry Science, v. 49, n. 4, p. 1082-1084, 1970.

TESSARI, E. N. C. Efeitos da administração de aflatoxina B1 e fumonisina B1 sobre frangos de corte. 2004. 134p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Área Qualidade e Produtividade Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

UTTPATEL, R. et al. Desempenho produtivo de matrizes de corte submetidas a dietas contendo aflatoxinas e glucomanos esterificados como adsorventes. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 4, p. 821-826, 2011.

ZAVIERO, D.; CONTRERAS, M. Impacto de hongos y micotoxinas em las aves. Industria Avícola, Illinois, v.52, n.7, p.899-903, 2005.



Dra. Jaqueline de Paula Gobi
Gerente de Pesquisa e Inovação



Dr. André Viana
Chief Technology Office