

CONTAMINAÇÃO ENDÓGENA POR *Aspergillus flavus* EM MILHO

Dariana Carvalho Peixoto¹, Laleska De Miranda Silva¹, Inaia Rhavene Freire Fagundes Nacarath²

RESUMO

O milho é uma das principais culturas da agricultura brasileira, tanto em aspecto de produtividade, quanto para alimentação animal e humana. O Brasil, assumindo uma posição de destaque entre os maiores produtores mundiais, possui uma produtividade média considerada baixa, quando comparado a outros países produtores. Alguns fatores são considerados limitantes para o desenvolvimento da cultura, dentre eles, as doenças causadas por fitopatógenos merecem destaque devido seu elevado potencial de perdas que desempenham sobre a cultura. *Aspergillus flavus* é considerado um fungo de armazenamento e iniciador da deterioração das sementes, como metabólito secundário produz aflatoxina, uma micotoxina com efeitos tóxicos e em decorrência carcinogênicos. Diante disso, apresentamos nesta revisão, informações sobre a contaminação endógena do milho pelo fungo *Aspergillus flavus* e as estratégias de controle disponíveis com intuito de contribuir e melhorar o manejo da doença, e com objetivo de orientar os produtores sobre a doença. Em vista da importância da cultura do milho para o Brasil e do aumento da incidência de *A. flavus* nas lavouras de milho, os produtores devem se atentar ao conhecimento dos sintomas causados pelo patógeno, às condições favoráveis a ocorrência da doença e dos fatores ligados à produção da aflatoxina, o que possibilitará uma correta diagnose da doença.

Palavras-chave: Aflatoxina; Zea mays; métodos de controle.

INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas agrícolas mais antigas e destaca-se por sua relevância econômica, social e nutricional para o país. Com origem nas Américas, é cultivado em diversos países, desde a Rússia até a Argentina (AGEITEC, 2009). Considerado um alimento estratégico na alimentação mundial, sendo utilizado tanto na alimentação humana como para a nutrição animal, especialmente na avicultura, suinocultura e bovinocultura de corte e de leite. Este grão possui uma rica tradição na culinária típica brasileira, com pratos típicos como a pamonha, o curau, o mingau a pipoca, sendo utilizado também na nutrição animal por meio da ensilagem (JÚNIOR et al., 2009).

Este cereal faz parte da história do Brasil, e desde o descobrimento vem sendo cultivado por tribos indígenas e nas regiões Centro-Oeste constituída basicamente pelos estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (EMBRAPA, 2015).

Em relação à produção no Brasil, a cultura do milho é superada apenas pela cultura da soja, que comanda a produção de grãos no país, sendo considerada a segunda maior cultura de importância para a produção agrícola brasileira (SNA, 2016). Os principais estados produtores são: Mato Grosso, seguido do Paraná, Mato Grosso

¹ Acadêmica do curso de Agronomia IESC-FAG

² Eng^a. Agrônoma. Dsc^a. Inaia R. F. F. Nacarath. Prof^a Titular do curso de Agronomia IESC-FAG

do Sul, Goiás, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Na região Norte, o Estado do Tocantins desponta como o “novo polo agrícola do Brasil”, nos últimos dez anos sua produção de grãos teve um crescimento superior a 180% na área plantada e 240% na produção, se destacando como o maior produtor de grãos, incluindo o cultivo do milho (CONAB, 2019).

Para uma produção rentável e sustentável, o milho precisa de um manejo adequado, uma vez que estão sujeitas a diversas doenças, com destaque para infecções causadas por fungos e a contaminação com micotoxinas. Os danos em grãos de milho causados especificamente por fungos, acarretam na diminuição da qualidade nutritiva e como consequência interfere na classificação comercial, concebendo um risco para a segurança alimentar. Os prejuízos causados pelos fungos vão de emboloramento visível à descoloração, o odor desagradável, a perda de matéria seca, o aquecimento, as mudanças químicas e nutricionais, além da infecção por patógenos, tornando os grãos impróprios para o consumo humano e animal, fomentando grandes perdas econômicas (AGROLINK, 2016).

No que se refere às doenças, os fungos destacam-se como os principais patógenos que causam prejuízos ao cultivo do milho, especialmente os produtores de micotoxinas, que são metabólitos secundários tóxicos, que ao serem ingeridas, causam danos à saúde humana e animal, por sua elevada atividade mutagênica, carcinogênica e teratogênica (BENTO et al, 2012). Os fungos toxigênicos predominantes na cultura do milho pertencem aos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*. As espécies *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus* produzem as aflatoxinas, que são um grupo de micotoxinas estruturalmente semelhantes. Devido à importância, este é o grupo de micotoxinas com o maior impacto e alvo de pesquisas (COLE & COX, 1981 apud KAWASHIMA, 2004).

Diante do exposto, como os produtores de milho podem reduzir os prejuízos decorrentes da infecção por *Aspergillus flavus* e a consequente contaminação pela aflatoxina na cultura do milho?

Este trabalho fundamenta-se pela relevância da cultura do milho para o Brasil e pelos prejuízos resultantes da produção da aflatoxina pelo fungo *Aspergillus flavus*. Além disso, é importante divulgar aos produtores soluções para o manejo da doença, de forma a minimizar os prejuízos decorrentes da infecção pelo patógeno.

À vista disso, este trabalho tem como objetivo geral esclarecer aspectos importantes sobre a contaminação endógena do milho pelo fungo *Aspergillus flavus*. Os objetivos específicos: descrever sobre a cultura do milho, as principais doenças que acometem as sementes e grãos de milho, descrever sobre *Aspergillus flavus* e a aflatoxina em milho e abordar as estratégias de controle disponíveis para o manejo da doença.

O presente trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa bibliográfica com caráter descritivo, qualitativo-quantitativo e exploratório. A pesquisa bibliográfica foi baseada em livros, revistas e artigos acerca do tema estudado, realizada entre os meses de fevereiro e outubro de 2019 cuja principais palavras-chaves utilizadas foram: Fitopatologia; fungo; controle.

REVISÃO DE LITERATURA

Cultura do Milho

O milho é a cultura mais significativa em meio aos cereais cultivados no Brasil, com cerca de 54,37 milhões de toneladas de grãos produzidos, em aproximadamente

12,93 milhões de hectares remanescentes das duas safras: normal e safrinha; o milho ocupa o segundo lugar no ranking do cereal de maior importância no mundo, seguido apenas do trigo (EMBRAPA, 2019). Quanto aos países maiores produtores, o Brasil ocupa o terceiro lugar, sendo ultrapassado apenas pelos Estados Unidos e a China. Os maiores estados produtores são: Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (CONAB, 2019).

Sendo produzido em quase todos os continentes, o milho é empregado em várias partes do mercado, o que demonstra sua grande importância econômica, com sua utilidade a começar da nutrição animal até mesmo as indústrias de alta tecnologia, na produção de filmes e embalagens biodegradáveis. De fato, o consumo do milho em grão na alimentação animal exprime o maior número de consumo desse cereal, cerca de 70% somando vários países do mundo como, USA, China, México e Brasil (PIONEER, 2014).

Na última década, a cultura obteve no Brasil, um significativo rendimento de produção, com o desenvolvimento de técnicas de manejo, armazenamento e geração de genótipos mais produtivos. No entanto a produtividade do país ainda possui um extenso percurso para alcançar os Estados Unidos e a China, alavancando as produtividades médias de 10 t. há⁻¹ desses países (EMBRAPA, 2010).

Se tratando de qualidade, os grãos de milho podem ser afetados de forma direta ou indireta, por infecções fúngicas e presença de micotoxinas que acarretam danos à saúde humana e animal; ambos podem ser afetados por essa micotoxina por meio da ingestão de alimentos processados ou *in natura*; por sua vez o homem pode também ser contaminado ao ingerir a própria carne de animais que foram alimentados com ração contaminada, visto que a toxina está presente na carne, leite e ovos (CONAB, 2018).

No final da década de 90, as doenças estão trazendo uma extensa preocupação aos técnicos envolvidos no agronegócio do milho e principalmente aos produtores desse cereal; histórias a respeito da diminuição de produtividade acarretadas ao acometimento de patógenos têm sido frequentes nas mais respeitáveis regiões produtoras do país (EMBRAPA, 2015).

Doenças do Milho

Em consequência da expansão da fronteira agrícola, a expansão das épocas de plantio, a aceitação do sistema de plantio direto, o uso intensificado dos sistemas de irrigação, a carência da rotação de cultura e o hábito de utilizar materiais suscetíveis têm possibilitado alterações significativas na dinâmica populacional dos patógenos, procedendo a cada safra, a manifestação de novos impasses para a cultura do milho, com destaque para ocorrência de doenças (EMBRAPA, 2015).

Todas estas mudanças têm contribuído intensamente para aumentar a incidência de diversos patógenos, incluindo fungos, bactérias, nematoides e vírus. Atualmente, são muitas as doenças causadas por fungos na cultura do milho no Brasil, dentre elas se destacam a mancha-branca; ferrugem causada por *Puccinia sorghi* (ferrugem-comum), *Puccinia polysora* (ferrugem-polissora); *Phytophthora zeae* (ferrugem-branca ou tropical); a queima-de-turcicum (*Exserohilum turcicum*); a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis* e *Cercospora sorghi* f.sp. *maydis*); a mancha foliar por *Sternocarpella macrospora* (*Diplodia macrospora*); a antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) (PINTO; SANTOS; WRUCK, 2006).

Além das doenças foliares, vários fungos estão associados a contaminações de sementes e grãos do milho. Os danos resultantes da contaminação por fungos em

sementes e grãos armazenados são: aborto de sementes (causado por carvões (*Ustilago* spp.), tal como *Drechslera sorokiniana* e algumas espécies de *Fusarium*); podridão; perda da germinação; produção de toxinas (AGROLINK, 2016).

Devido às condições de armazenagem, agentes externos predisõem para a infecção por fungos em sementes e grãos armazenados. Por exemplo, grãos colhidos com teor de umidade elevados podem contribuir para danos na colheita e transporte, umidade e temperatura fora dos padrões adequados para a cultura favorecem ataque de insetos presentes no ambiente, tempo de armazenagem, condição física e sanitária do grão e do armazém, moinho ou silo também são fatores que contribuem para o desenvolvimento de fungos (PEZZINI; VALDUGA; CANSIANI, 2005).

Dentre os fungos produtores de micotoxinas em sementes e grãos, os de maior relevância para cultura do milho são *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. Esses fungos são caracterizados por serem produtores de micotoxinas, sendo a aflatoxina a micotoxina que causa maior risco à saúde humana e animal, produzida pelo fungo do gênero *Aspergillus*. Na maioria das vezes a produção de aflatoxinas está associada a condições de secagem e armazenamento (FAO, 2009).

O fungo *Aspergillus flavus*

O gênero *Aspergillus* é pertencente ao filo *Ascomycota*, ao reino Fungi, à ordem Eurotiales e à família Thichonomaceae. As espécies desse gênero se caracterizam como fungos filamentosos (FRANCISCO, 2017). São um gênero de fungos anamórficos que se reproduzem de forma assexuada (KLICH, 2002). Possuem grande versatilidade metabólica e habilidade para dispersar seus conídios pelo ambiente.

Em seu trabalho Farias (2000), descreve que, o gênero *Aspergillus* sp. foi catalogado em 1729 pelo padre italiano e biólogo Pietro Antônio Micheli. Observando o fungo no microscópio, Micheli lembrou-se da forma de um aspergilum (borrifador de água santa), e nomeou a espécie conforme a semelhança com o objeto (ANDRADE & LIMA, 2010).

Dentre as espécies isoladas de sementes e grãos, *Aspergillus flavus* (Figuras 1 e 2) é o mais frequente. Descrito por Andrade & Lima (2010), o *Aspergillus flavus* apresenta em sua colônia coloração verde-amarelada (Figura 3 A, B e C), seu micélio externo responsável pela característica de patógeno superficial. Os conidióforos são septados (Figura 3 G), essas frutificações produzem esporos (Figura 3 D) que se desenvolvem e multiplicam de forma assexuada através dos conídios. Os conidióforos são simples de formato esférico e ameroseptado.

Várias espécies de *Aspergillus*, principalmente *A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. ochraceus*, têm especial importância para humanos e animais devido a capacidade de produzir metabólicos tóxicos quando presentes nos alimentos. (BORGES et al, 2012). Dentre as espécies citadas, *A. flavus* destaca-se devido ao seu impacto sobre a agropecuária e saúde humana (DURAN et al, 2007). A espécie *A. flavus* por infectar sementes e grãos armazenados, é caracterizada um fungo de armazenamento (PEZZINI; VALDUGA; CANSIANI, 2005). É capaz de produzir micotoxinas tendo em sua composição agentes cancerígenos a humanos e animais.

Figura 1. Caraterística morfológica do fungo *A. flavus*.



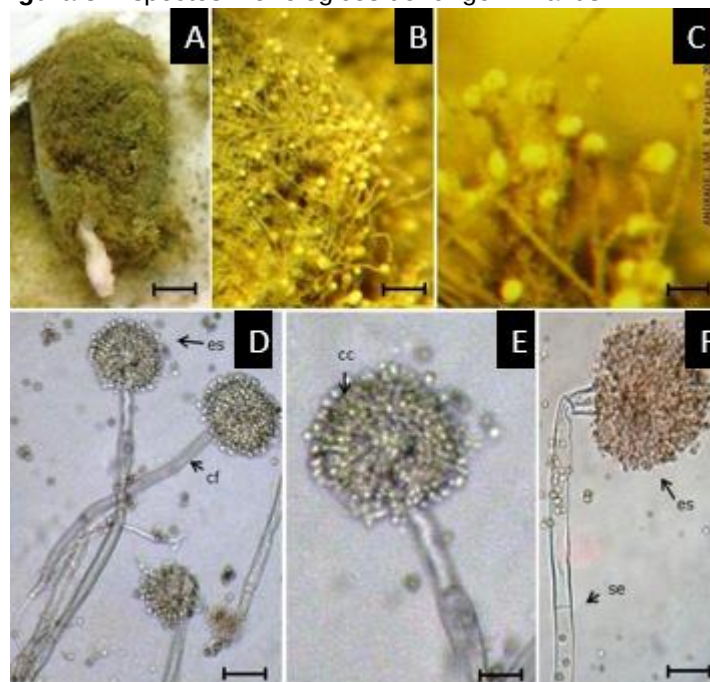
Fonte: Andrade & Lima (2010).

Figura 2. Característica e coloração do fungo *A. flavus*



Fonte: Andrade & Lima (2010).

Figura 3. Aspectos morfológicos do fungo *A. flavus*.



Fonte: Andrade & Lima (2010).

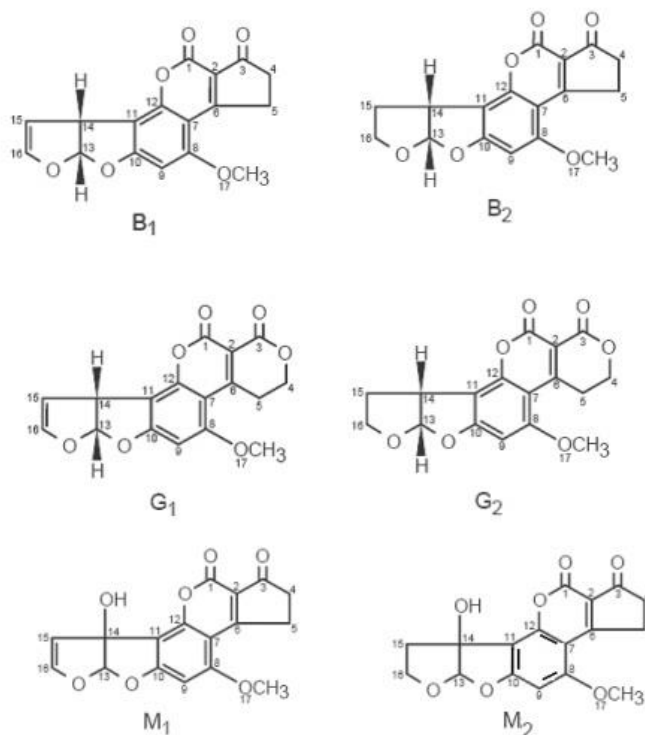
Aflatoxina: micotoxina produzida por *Aspergillus flavus* em milho

Segundo Ito et al (2001), as aflatoxinas são, metabólitos secundários, produzidos por fungos do gênero *Aspergillus*, especialmente por indivíduos das espécies *A. flavus* e *A. parasiticus*, *A. pseudotamarii* e *A. nomius*. Das espécies citadas, somente *A.*

flavus e *A. parasiticus* são de importância econômica (Council for Agricultural Science and technology apud PINHEIRO, 2004).

Existem duas formas de aflatoxinas de acordo com sua fluorescência, B (blue) e G (green) por apresentarem fluorescência azulada e esverdeada, respectivamente. São ainda divididos conforme sua fluorescência, em B1 e B2, G1 e G2, indicando sua toxicidade, sendo as aflatoxinas com numeração 1 a forma mais tóxica. Foram detectadas duas outras aflatoxinas, M1 e M2, que resultaram do metabolismo da B1 e B2 (Figura 4) (PINHEIRO, 2004). Entre as citadas acima, a aflatoxina que apresenta maior toxicidade é a B1 (VAN RENSBURG, 1977; OLIVEIRA & GERMANO, 1997; FLAHERTY & PAYNE 1997; PINHEIRO, 2004).

Figura 4. Composição da aflatoxina.



Fonte: Pinheiro (2004).

O estudo das micotoxinas teve início na Inglaterra em 1960, quando cerca de 100.000 aves morreram após consumirem ração importada do Brasil. A ração continha torta de amendoim, no qual logo depois de realizados testes foi constatada contaminação. No Brasil as pesquisas tiveram início de 1967, no entanto em 1961, o pesquisador Amaral, do Instituto Biológico da Secretaria de Agricultura de São Paulo, responsabilizou a morte dos suínos à ingestão do farelo de amendoim, por serem tóxicos às cobaias. Podendo ser o primeiro trabalho publicado no Brasil em micotoxinas (SHUNDO et al, 2010).

Nos cereais armazenados, as condições favoráveis para a incidência e desenvolvimento de fungos do gênero *Aspergillus*, tal como a produção de aflatoxinas, são a umidade relativa do ar e do substrato e temperatura de armazenamento (DILKIN et al, 2000). Em umidade do substrato inferior a 12% dificilmente haverá crescimento fúngico, sendo condições ótimas em cereais para produção de aflatoxinas, entre 80 e 85% de umidade relativa do ar, 17% de umidade do cereal e de 24 a 35°C de temperatura.

A aflatoxina produzida por *Aspergillus flavus* atinge principalmente o homem, aves, bovinos, suínos e cães (YAN et al, 2018; DIAS, 2018), os roedores são considerados resistentes a essa toxina, e na classe de ruminantes, os ovinos são os mais sensíveis (TAKAGI et al, 2018; DIAS, 2018).

Na safra 2017/18, o estado do Tocantins sofreu problemas com o escoamento da produção de carne bovina devido à constatação de aflatoxina proveniente da ração a base de milho infectado. Consequentemente, 500 mil sacas de milho foram barradas para a venda, segundo levantamento realizado pela Secretaria do Desenvolvimento da Agricultura e Pecuária do estado (Seagro), (Tabela 1) (EMBRAPA, 2018).

Tabela 1. Levantamento da exportação do milho.

Exportação de Milho do TO em US\$	
2018	14.746,508
2017	53.312.114
2016	16.681.137
2014	12.664.057
2013	6.844.334
2012	10.696.659

Fonte: Norte Agropecuário (2019).

Contaminação endógena do milho por *Aspergillus flavus*

Normalmente, a contaminação e os danos causados pelo fungo são ocasionadas ainda no campo, com maior intensificação nos processos de colheita, transporte, secagem, beneficiamento e armazenamento, ocasionando a redução da qualidade física, sanitária e nutricional. Em meio aos prejuízos promovidos por causa dos fungos está o emboloramento visível, a descoloração, o odor desagradável, a perda de matéria seca, o aquecimento, as mudanças químicas e nutricionais além da produção de compostos tóxicos, as micotoxinas (EMBRAPA, 2015).

A qualidade dos alimentos é de extrema importância, assim a presença de micotoxinas é um grave inconveniente para a saúde pública, pois se trata de um composto de natureza cancerígena. Dentre os alimentos utilizados para uso animal, o milho apresenta um elevado risco de contaminação por micotoxinas. Esse tipo de contaminação é suscetível às circunstâncias ambientais favoráveis (nutrientes, luz, oxigênio, temperatura, pH, umidade relativa do ar e do substrato), podendo variar de acordo com as técnicas de processamento, produção e estoque dos produtos. O consumo de rações contendo milho contaminado por aflatoxinas pode diminuir seu desempenho, desenvolvimento e produção, podendo causar até a morte de animais (MAIA; SAKATA; SABBAG, 2011). Os bovinos podem ser considerados mais resistentes à ação das micotoxinas não significando que são imunes aos efeitos das mesmas, podendo assim contaminar a carne e o leite.

O ser humano pode ser afetado por micotoxinas por meio da ingestão de alimentos processados ou *in natura*; do mesmo modo quando o humano consome carne de animais nutridos com ração contaminada, pois a toxina é transmitida pelo

animal através da carne e seus derivados (DIAS, 2018).

Ocasionalmente, diversos países com o objetivo de salvar os consumidores das decorrências negativas das micotoxinas nos alimentos *in natura* e processados, têm adotado legislações que regulamentam a quantidade limite para consumo humano e inclusive em rações para animais de abate e de estimação. As legislações que regulamentam os níveis de aflatoxinas são as mais conhecidas mundialmente (VAN EGMOND E JONKER, 2004).

No Brasil, de acordo com a Resolução RDC nº 274, da ANVISA (Ministério da Saúde) (Diário Oficial da União, de 16/10/2002), alimentos para o consumo humano estão sujeitos ao limite máximo para aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) de 20µg/kg (20ppb), enquanto para leite fluído é de M1= 0,5µ/kg, e para leite em pó M1= 5,0 µg/kg. Com relação a alimentos para consumo animal (matérias-primas e rações), por outro lado a Portaria MA/SNAD/SFA do 183, Ministério da Agricultura (Diário da União, de 09/11/1988), estipula, para qualquer matéria-prima, para alimentação direta ou como ingredientes para rações, o limite máximo para aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) de 50µg/kg (FREIRE et al, 2007).

Controle de *Aspergillus flavus* em milho

Diversas estratégias devem ser utilizadas para o manejo da podridão do milho causada por *Aspergillus flavus*. De forma integrada, recomenda-se o uso de estratégias durante o cultivo, como a utilização de variedades resistentes, rotações de culturas com espécies não hospedeiras do fungo, uso de sementes sadias, colheita na época correta, não retardando a colheita, enterro dos restos culturais atacados pelo fungo, uso de produtos registrados para as culturas e o controle biológico. É de extrema importância controlar a proliferação de *A. flavus* na massa de grãos armazenados.

A aplicação do controle cultural baseia-se no fato de que o objetivo é antecipar-se a ocorrência da doença, monitorando o ambiente, utilizando sementes sadias, realizando a colheita na época certa, não retardando-a, fazer o enterro dos restos culturais atacados pelo fungo e buscando alternativas como: supressão do aumento e/ou a destruição do inóculo existente (EMBRAPA, 2015).

O controle químico é o principal método disponível para reduzir a incidência da doença. Os tratamentos mais eficientes utilizados no controle do *A. Flavus* são os produtos dos seguintes grupos químicos: estrobirulina, benzimidazol, fenilpirrol, pirazol e triazol (AGROFIT, 2017). No mercado já possuem compostos comerciáveis dos grupos químicos citados, disponíveis de acordo a necessidade de controle (Tabela 2).

Para Cook e Baker (1983), o controle biológico é definido pela “redução da densidade de inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno, por um ou mais organismos, realizado naturalmente, ou através da manipulação do ambiente ou do hospedeiro, ou pela introdução em massa de um ou mais antagonistas”. Atualmente, a inclusão do controle biológico a outros métodos vem revolucionando o manejo fitossanitário, visto que várias estratégias do controle biológico são compatíveis a sistemas agrícolas sustentáveis, cujas práticas viabilizam a conservação dos recursos naturais.

De acordo com Souza et al. (2015) isolados de *Trichoderma* spp. apresentam efetivo controle biológico contra os fungos produtores de micotoxinas em amêndoas de castanha-do-brasil. Nesci et al. (2005) isolaram linhagens de *Bacillus subtilis* e de *Pseudomonas solonacearum* que apresentaram um forte antagonismo a *A. flavus* e

A. parasiticus. Em outro trabalho, isolados de *Bacillus subtilis* foram capazes de inibir o crescimento de *A. flavus* em milho e *A. parasiticus* em amendoim (KIMURA & HIRANO, 1988).

Tabela 2. Produtos químicos disponíveis comercialmente para o controle de *Aspergillus flavus*.

Nome comercial	Ingrediente Ativo	Empresa	Formulação
Acris	Piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Bafs S.A – São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Amulet TOP	Fipronil (pirazol) + piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Bafs S.A – São Paulo	SC – Suspensão concentrada
Belure TOP	Fipronil (pirazol) + piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Basf S.A – São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Derosal Plus	Carbendazim (benzimidazol) + tiram (dimetilditiocarbamato)	Bayer S.A – São Paulo	SC – Suspensão concentrada
Derox	Carbendazim (benzimidazol)	Nortox S.A – São Paulo	SC – Suspensão concentrada
Maxim Advanced	Fluodixonil (fenilpirrol) + metalaxil-M + tiabendazol (benzimidazol)	Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. - São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Novum	Piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Basf S.A – São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Rancona 450 FS	Ipconazol (triazol)	UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A – Matriz Ituverava	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Source Top	Fipronil (pirazol) + piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Basf S.A – São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Standak Top	Fipronil (pirazol) + piraclostrobina (estrobilurina) + tiofanato-metílico (benzimidazol)	Basf S.A – São Paulo	FS – Suspensão concentrada para tratamento de sementes
Vitavax Thiram 200 SC	Carboxina (carboxanilida) + tiram (dimetilditiocarbamato)	UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários S.A – Matriz Ituverava	SC – Suspensão concentrada

Fonte: MAPA, Agrofitt – Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários (2017).

No mercado já existem diversas linhagens de bactérias disponíveis para o controle de variados fitopatógenos (Tabela 3) (EMBRAPA, 2009).

Tabela 3. Linhagens de bactérias disponíveis comercialmente para o controle de *Aspergillus flavus*.

Agente de controle	Linhagens	Nomes comerciais	Empresas
<i>Bacillus subtilis</i>	GB03 MBI600 QST713 BD170	Kodiak® Subtilex® Serenade® BioPro®	Gustafson Becker Underwood AgraQuest Andermatt Bioc.
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	MA342 MA342	Cedomon® Cerall®	BioAgri BioAgri
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	A506	Blightban®	Nufarm Inc.
<i>Bacillus pumilus</i>	GB34 QST713 QST2808 QST2808	YieldShield® Rhapsody® Sonata® Ballad®	Gustafson AgraQuest AgraQuest AgraQuest
<i>Bacillus liqueniformis</i>	SB3086	EcoGuard®	Novozymes
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	GB12+GB99	BioYield®	Gustafson

Fonte: Embrapa (2009).

Segundo Silva (2005), o controle da proliferação de *Aspergillus flavus* na massa de grãos armazenados fundamenta-se em cuidados a serem realizados durante as operações de colheita, limpeza e secagem dos grãos e higienização dos graneleiros, silos e equipamentos.

Estratégias disponíveis são: realizar a colheita tão logo seja atingido o teor de umidade que permita proceder a operação; Ajustar os equipamentos de colheita para proceder a máxima limpeza da massa de grãos e evitar danos mecânicos; Desinfetar as instalações e os equipamentos de colheita; Limpar os silos e graneleiros removendo pó, lixo e outros materiais; Proceder de forma correta as operações de pré-limpeza e limpeza; removendo: impurezas, grãos danificados, finos e materiais estranhos. pois estes podem ser utilizados como substrato no desenvolvimento de *A. flavus* no milho; Proceder a operação de secagem de forma correta garantindo a redução do teor de umidade a níveis que não permitam o desenvolvimento do fungo; Monitorar a temperatura da massa de grãos e aerar sempre que necessário, para uniformizar a temperatura; e adotar técnicas para o controle de insetos e roedores, pois a proliferação de *Aspergillus flavus* também pode estar associada ao ataque destas pragas (SILVA, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista da importância da cultura do milho para o Brasil e do aumento da incidência de *A. flavus* nas lavouras de milho, os produtores devem se atentar ao conhecimento dos sintomas causados pelo patógeno, às condições favoráveis a ocorrência da doença e dos fatores ligados à produção da aflatoxina, o que possibilitará uma correta diagnose da doença. Além disso, recomenda-se a adoção de todas as estratégias disponíveis para o controle da doença no campo e na fase de armazenamento de grãos, visando o manejo integrado, o que reduzirá a infecção pelo patógeno e com isso promover a diminuição das concentrações da aflatoxina nos alimentos.

REFERÊNCIAS

- AGEITEC. **Importância socioeconômica do milho**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 8/11/2019.
- AGROLINK. **Tecnologia de sementes**. 12 set. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/patologia_361341.html. Acesso em: 04 maio 2019.
- ANDRADE, J. M. S.; LIMA, M. L. P. **Aspectos gerais e morfológicos de *Aspergillus flavus***. Urutaí, GO. 2010. Disponível em: https://fitopatologia1.blogspot.com/2010/12/aspectos-gerais-e-morfologicos-de_13.html. Acesso em: 1/10/2019.
- BAPTISTA, A. S.; HORII, J.; BAPTISTA, A. S. **Fatores físico-químicos e biológicos ligados à produção de micotoxinas**. Curitiba, PR, 2014. v. 22, ed. 1, p. 1-14. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/viewFile/1175/976>. Acesso em: 7/10/2019.
- BENTO, L. F. *et al.* **Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, SP, 2012. Disponível em: http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552012000100006&lng=pt. Acesso em: 14/03/2019.
- BORGES, V. B.; COUTO, M. A. P. G.; SOUZA, M. C. L.; MIRANDA, Z. B.; MORAES, A. M. L. **Estudo Macroestrutural em cepas de referência de *Aspergillus flavus* em grãos de Amendoins irradiados**. Rio de Janeiro, 2012. Higiene Alimentar, v. 26, n. 214/215, p. 163-168. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/15021/2/aurea_moraes_etal_IOC_2013.pdf. Acesso em: 1/10/2019.
- CONAB. **Líder do ranking da região norte, Tocantins deve produzir 4,6 milhões de toneladas de grãos na safra 2018/2019, aponta Conab**, 2019. Disponível em: <https://www.nortegropecuario.com.br/blog/tocantins-lidera-ranking-da-conab/>. Acesso em: 28/02/2019.
- Cook, R.J., Baker, K.F., 1983. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. American Phytopathological Society. 539 pp.
- CRUZ, J. V. S. **Ocorrência de aflatoxinas e fumosinas em produtos à base de milho e milho utilizado como ingrediente de ração para animais de companhia, comercializados na região de Pirassununga, Estado de São Paulo**. São Paulo, 2010. Tese de Doutorado - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-29092010-141119/publico/DO5525151.pdf>. Acesso em: 14/05/2019.

DIAS, A. S.. **Micotoxinas em produtos de origem animal**, Revista Científica de Medicina Veterinária, ed. 30, jan. 2018. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/2d0q7unkplade0w_2018-7-10-8-20-59.pdf. Acesso em: 24 maio 2019.

DIAS, I. E. **Interação de *Penicillium* spp. e *Aspergillus flavus* com sementes e grãos de milho e soja**. Lavras, MG, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11675/2/TESE_Intera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Penicillium%20spp%20e%20Aspergillus%20flavus%20com%20sementes%20e%20gr%C3%A3os%20de%20milho%20e%20soja.pdf. Acesso em: 4/05/2019.

DILKIN, P.; MALLMANN, C. A.; SANTURIO, J. M.; HICKMANN, J. L. **Classificação Macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho**. Santa Maria, RS, 2000. Revista Ciência Rural, vol. 30, p. 137-141. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/331/33113557022.pdf>> Acesso em: 15/10/2019.

EMBRAPA. **Cultivo do milho**. 2010. Versão eletrônica, 6ª ed. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 2/10/2019.

EMBRAPA. **Cultivo do milho**. 2015. 9ª ed. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8658. Acesso em: 28 fev. 2019.

EMPRAPA. **Doenças na cultura do milho**. 2006. Circular Técnica 83, Sete lagoas, MG. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490415/1/Circ83.pdf>. Acesso em: 12/09/2019.

EMBRAPA. **Manejo da cultura do milho**. 2006. Circular técnica 87, Sete lagoas, MG. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490419/1/Circ87.pdf>. Acesso em: 05/10/2019.

EMBRAPA. **Manejo das principais doenças do milho**. 2007. Circular Técnica 92, Sete Lagoas, MG. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15429067.pdf>. Acesso em: 12/09/2019.

EMBRAPA. **Micotoxinas em Cadeias Produtivas do Milho: Riscos à Saúde Animal e Humana**. 2015. Sete Lagoas, MG, n. 193. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142252/1/doc-193.pdf>. Acesso em: 28/10/2019.

EMBRAPA. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2) , p. 1-45, 19 fev. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

EMBRAPA. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. Londrina, PR, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/469530/1/documento264.pdf>. Acesso em: 12/04/2019.

EMBRAPA. **Principais doenças foliares da cultura do milho no Estado do Tocantins**. 2015. Circular técnica 213, Sete Lagoas, MG. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1038372/1/circ213.pdf>. Acesso em: 12/09/2019.

EMBRAPA. **Tocantins em alerta: 500 mil sacas de milho barradas para comercialização**. 2018. Embrapa Pesca e Aquicultura. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/38997600/tocantins-em-alerta-500-mil-sacas-de-milho-barradas-para-comercializacao>. Acesso em: 28/10/2019.

EINLOFT, T. C. **Biocontrole de *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides* por *Bacillus* Spp. isolados de plantas de milho**. Tese de Doutorado- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/153322>. Acesso em: 28/10/2019.

FARIAS, A. X.; ROBBS, C. F.; BITTENCOURT, A. M.; ANDERSEN, P. M.; CORRÊA, T. B. S. **Contaminação Endógena por *Aspergillus* spp. em Milho Pós-Colheita no Estado do Paraná**. 2000. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, p. 617-621. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n3/v35n3a18.pdf>. Acesso em: 28/20/2019.

FAO - FOODS INGREDIENTS BRASIL. **As micotoxinas**. 2009. REVISTA FOOD INGREDIENTS, ed. 7, p. 32-40. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/90.pdf>. Acesso em: 10/10/2019.

FRANCISCO, M. R. C. M.. **Caracterização de isolados de *Aspergillus* provenientes de ambiente hospitalar – identificação molecular e determinação dos padrões de susceptibilidade aos antifúngicos**. Dissertação (Mestrado Biologia Humana e Ambiente) - Universidade de Lisboa, 2017. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/27709/1/ulfc120777_tm_Mariana_Francisco.pdf. Acesso em: 24 maio 2019.

FREIRE, F. d. C. O. *et al.* **Micotoxinas: Importância na alimentação e na saúde humana e animal**. Fortaleza, CE, 2007. Disponível em: www.cnpat.embrapa.br/download_publicacao.php?id=220. Acesso em: 24/05/ 2019.

GUIMARÃES, L. J. M. *et al.* **Efeito do beneficiamento no teor de micotoxinas em grãos de milho.** [S. l.], 29 jan. 2013. Disponível em: <https://pt.engormix.com/micotoxinas/artigos/beneficiamento-micotoxinas-milho-t37987.htm>. Acesso em: 28/02/ 2019.

GULART, Caroline. **Importância da Patologia de sementes na tomada de decisão no tratamento fitossanitário.** AGROLINK, 2014. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/importancia-da-patologia-de-sementes-na-tomada-de-decisao-no-tratamento-fitossanitario_387469.html. Acesso em: 12/04/ 2019.

KAWASHIMA, L. M.. **Micotoxinas em alimentos e bebidas nacionais produzidos e comercializados em diferentes regiões do Brasil.** Tese (Engenharia de alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 2004. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/254714/1/Kawashima_LucianeMie_D.pdf. Acesso em: 28 fev. 2019.

KWIATKOWSKI, A.; DE FARIA ALVES, A. P. **Importância da Detecção e do controle de Aflatoxinas em alimento.** SaBios-Revista de Saúde e Biologia, v. 2, n. 2, 2007. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/64>. Acesso em: 16/10/2019.

LANZA, M. A.; GUIMARÃES, C. T.; SCHUSTER, I. **Aplicação de marcadores moleculares no melhoramento genético.** Embrapa Milho e Sorgo, v. 21, ed. 204, p. 97-108, 3 ago. 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484109>. Acesso em: 04/10/2019.

MAPA. **AGROFIT: SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS.** Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 11/11/2019.

MARQUES, O. J. *et al.* **Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita.** Acta Scientiarum. Agronomy, p. 667-675, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/3030/303026589018/>. Acesso em: 16/04/2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Decreto nº 3.029, de 09 de outubro de 2002. **Regulamento Técnico Sobre Limites Máximos de Aflatoxinas Admissíveis no Leite, no Amendoim, no Milho.** 2002. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0274_15_10_2002.html. Acesso em: 8/11/2019.

NORTE AGROPECUÁRIO. **Presença de toxina no Estado faz exportações de milho do Tocantins despencarem mais de 70% no ano passado.** 23 jan. 2019. Disponível em: <https://www.norteagropecuário.com.br/noticias/exportacoes-de-milho-despencam/>. Acesso em: 12 maio 2019.

NUNES, J. L. d. S. **Produção de micotoxinas em grãos armazenados**. AGROLINK, 2009. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/armazenagem/artigo/producao-de-micotoxinas-em-graos-armazenados_86926.htm. Acesso em: 28/02/2019.

PEIXOTO, A. R; TORRES, S. B.; KARASAWA, M. **Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho produzidas no submédio São Francisco**. Revista Brasileira de Sementes, v. 20, n. 1, p. 12-15, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Salvador_Barros_Torres/publication/287941393_Qualidade_sanitaria_e_fisiologica_de_sementes_de_milho_produzidas_no_submedio_Sao_Francisco/links/57cf28d308ae057987ac0919/Qualidade-sanitaria-e-fisiologica-de-sementes-de-milho-produzidas-no-submedio-Sao-Francisco.pdf. Acesso em: 02/10/2019.

PEZZINI, V.; VALDUGA, E.; CANSIANI, R. L. **Incidência de fungos e micotoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes condições**, Rev. Inst. Adolfo Lutz, 2005. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v64n1/v64n1a14.pdf>. Acesso em: 01/03/2019.

PINHEIRO, M. d. R. R. **Estudo de Variabilidade Genética de Aspergillus flavus como base para o desenvolvimento de PCR Multiplex para a detecção de fungos produtores de aflatoxinas em Castanha-do-Brasil e Castanha de Caju**. Dissertação de Pós Graduação - Universidade Católica de Brasília, 2004. Disponível em: https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/144/1/Dissert_Maria%20dos%20Reis%20Rodrigues%20Pinheiro.pdf. Acesso em: 30/09/2019.

PINTO, N. F. J. d. A.; SANTOS, M. A. d.; WRUCK, D. S. M. **Principais doenças da cultura do milho**. Belo Horizonte, MG, p. 82-94, 2006. Disponível em: ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66342/1/Principais-doencas.pdf. Acesso em: 18/05/2019.

PIONEER SEMENTES. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. Seed News, 2014. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/165/o-milho-no-brasil-sua-importancia-e-evolucao>. Acesso em: 11/11/2019.

REGINATO, M. P. **Boas práticas de armazenagem de grãos**. ENEPEX, Mato Grosso do Sul, MS. 2014. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/viewFile/2300/2263>. Acesso em: 16/04/2019.

RIBEIRO, S. A. L.; CAVALCANTI, M. A. Q.; FERNANDES, M. J. S.; LIMA, D. M. M. **Fungos filamentosos isolados de produtos derivados do milho comercializados em Recife, Pernambuco**. Brazilian Journal of Botany, São Paulo, v. 26, n. 2, 12 mar. 2003. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042003000200010. Acesso em: 14/10/2019.

SAKATA, R. A. P.; SABBAG, S. P.; MAIA, J. T. L. S. **Ocorrências de aflatoxinas em produtos alimentícios e o desenvolvimento de enfermidades**. Goiânia, GO, 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20da%20saude/ocorrencia.pdf>. Acesso em: 24/05/2019.

SHUNDO, L.; NAVAS, S. P.; RUVIERI, V.; ALABURDA, J.; LAMARDO, L. C. A.; SABINO, M.. **Aflatoxinas em amendoim: melhoria da qualidade e programas de controle**. Revista Instituto Adolfo Lutz, p. 567-570, 29 dez. 2010. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v69n4/v69n4a19.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

SILVA, L. C., 2005. **Fungos e Micotoxinas em Grãos Armazenados**. Disponível em: <http://www.agais.com/fungos.htm#DEB>. Acesso em: 10/11/2019.

SNA, SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Milho é uma das principais fontes de alimento do brasileiro com importância estratégica no agronegócio**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/milho-e-uma-das-principais-fontes-de-alimento-do-brasileiro-com-importancia-estrategica-no-agronegocio/>. Acesso em: 14/03/2019.

SOUZA, I. L. *et al.* 61^a ISTH 2015. **FR034: Seleção de Trichoderma spp. Visando controle biológico de Aspergillus Flavus em amêndoas de castanha-do-Brasil**, Roraima, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138100/1/Daniel2.pdf>. Acesso em: 08/11/2019.

SYNGENTA. Portal Syngenta. **In: Cultura do Milho**. Disponível em: <https://www.portalsyngenta.com.br/cultura/milho>. Acesso em: 28/10/2019.

VALMORBIDA, R. **Fungos e micotoxinas em grãos de Milho (Zea Mays L.) e seus derivados produzidos no Estado de Rondônia, Região Norte do Brasil**. Florianópolis - SC, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/168023/341272.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28/02/2019.