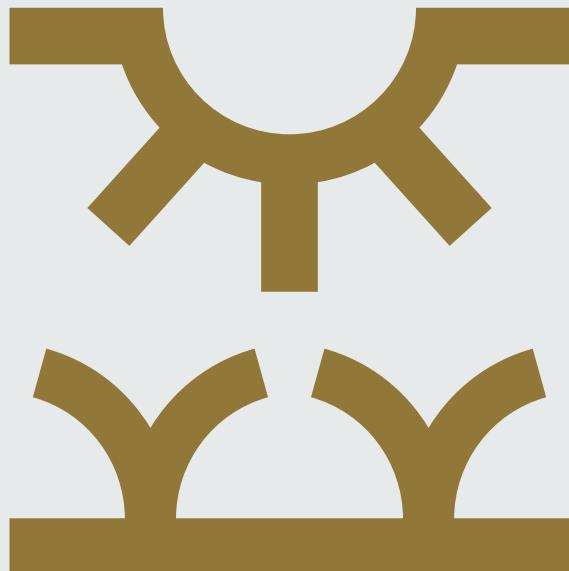


# Manual de Boas Práticas Agrícolas

## Controlo de Fungos e Micotoxinas em Cereais e Grãos



### MYCOTOX-PALOP

Multi-actor partnership for the risk assessment  
of mycotoxins along the food chain in African  
Portuguese-speaking countries (PALOP)

## Título

### Manual de Boas Práticas Agrícolas

Controlo de Fungos e Micotoxinas em Cereais e Grãos.

## Projecto

### MYCOTOX-PALOP

Multi-actor partnership for the risk assessment of mycotoxins along the food chain in African Portuguese-speaking countries (PALOP)

## Parceiros

### IPB – Instituto Politécnico de Bragança

• **CIMO** – Centro de Investigação de Montanha

• **SusTEC** – Associate Laboratory for Sustainability and Technology in Mountains Regions

### UM – Universidade do Minho

• **CEB** – Centro de Engenharia Biológica

• **LABBELS** – Laboratório Associado

### UEM – Universidade Eduardo Mondlane

### ISP-Cuanza Sul – Instituto Superior

Politécnico do Kwanza Sul

—

Bragança  
Outubro, 2025

## Autores:

### João Bila

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal  
Centro de Excelência em Sistemas Agro-Alimentares e Nutrição  
Universidade Eduardo Mondlane  
Maputo, 1102, Moçambique

### Aguinaldo Manhiça

Faculdade de Veterinária  
Universidade Eduardo Mondlane  
Maputo, 1102, Moçambique

### Cláudio Matusse

Escola Superior de Negócios e Empreendedorismo de Chibuto  
Universidade Eduardo Mondlane  
Gaza, 1200, Moçambique

### Custódia Macuamule

Faculdade de Veterinária  
Universidade Eduardo Mondlane  
Maputo, 1102, Moçambique

### Paula Rodrigues

CIMO / LA SusTEC  
Instituto Politécnico de Bragança  
Campus da Santa Apolónia  
5300-253, Bragança, Portugal

### Armando Venâncio

CEB – Centro de Engenharia Biológica  
Universidade do Minho  
4710-057, Braga, Portugal  
LABBELS – Laboratório Associado  
4800-058, Guimarães, Portugal



## PARCEIROS

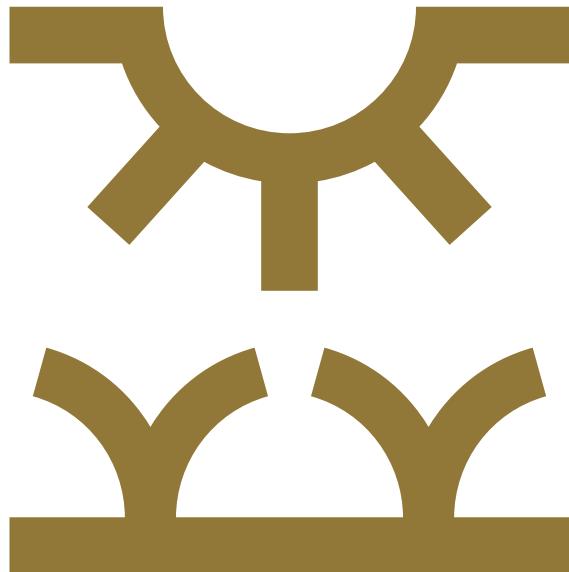


## FINANCIAMENTO



# Manual de Boas Práticas Agrícolas

## Controlo de Fungos e Micotoxinas em Cereais e Grãos



# Índice

P.

- 3 Glossário
- 4 Contextualização e objetivos do manual
- 5 Introdução

---

## 9 **Boas práticas agrícolas para controlo de fungos e micotoxinas**

---

- 10 **1. Boas práticas de cultivo** (aplicadas no campo)
    - 11 1.1 Rotação de culturas
    - 13 1.2 Controlo Biológico
    - 16 1.3 Uso de Variedades Resistentes
- 

- 18 **2. Boas práticas de colheita**
    - 19 2.1 Colheita na fase de maturação fisiológica
    - 21 2.2 Monitorização do teor de humidade do grão
    - 22 2.3 Procedimentos corretos de colheita
- 

- 23 **3. Boas práticas de secagem**
    - 24 3.1 Secagem rápida e eficiente
    - 25 3.2 Tipos de secagem
- 

- 27 **4. Boas práticas de armazenamento**
    - 29 4.2 Controlo de humidade
    - 29 4.3 Controlo de temperatura
    - 30 4.4 Limpeza e inspeção regular dos locais e materiais de armazenamento
- 

- 32 **5. Transporte**

---

- 33 **6. Indústria**
  - 34 6.1 Controlo de qualidade da matéria-prima
  - 34 6.2 Seleção de grãos pela cor
  - 34 6.3 Processamentos adequados
  - 35 6.4 Controlo de qualidade do produto final

- 36 Referências Bibliográficas

# Glossário

---

<b>TERMO</b>	<b>DESCRÍÇÃO DO TERMO</b>
<b>FITOPATÓGENO</b>	Microrganismo que causa doenças em plantas
<b>HEPATOTOXICIDADE</b>	Lesão no fígado causada por substâncias tóxicas
<b>MICOTOXICOLOGIA</b>	Ramo da micologia que estuda as toxinas produzidas por fungos
<b>MICOTOXICOSES</b>	Doenças causadas por intoxicação por micotoxinas
<b>MICOTOXINAS</b>	Toxinas produzidas por fungos filamentosos
<b>NEFROTOXICIDADE</b>	Lesão nos rins causada por substâncias tóxicas
<b>NEUROTOXICIDADE</b>	Lesão no cérebro causada por substâncias tóxicas
<b>TOXIGÉNICO</b>	Microrganismo que produz micotoxinas

---

# Contextualização e objetivos do manual

Este manual destina-se aos técnicos para acompanhamento de produtores agrícolas, com a finalidade de ajudar no controlo da contaminação de alimentos por fungos e micotoxinas. Na agricultura, durante o processo produtivo, pode haver infecção com fungos filamentosos, que causam perdas significativas na produção. Contudo, mais preocupante, é a ocorrência de fungos filamentosos com capacidade de produzir micotoxinas. Geralmente, a proliferação destes fungos e a contaminação com micotoxinas ocorre tanto na pré-colheita como na pós-colheita. Quando contaminados por micotoxinas, os alimentos constituem um risco para a saúde pública, pois podem resultar em toxicidade aguda ou crónica de vários órgãos e tecidos do consumidor, como gastroenterite, imunossupressão, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade ou neurotoxicidade. De forma a evitar estes efeitos nefastos resultantes do consumo de alimentos, os produtores das culturas alimentares precisam ter informação sobre a ocorrência de fungos e micotoxinas, assim como sobre medidas necessárias para a sua mitigação.

# Introdução

Micotoxinas são metabolitos tóxicos secundários produzidos por fungos filamentosos (Chiotta et al., 2020). A proliferação de fungos toxigénicos (os que têm a capacidade de produzir micotoxinas) é assunto preocupante, especialmente nos países tropicais e subdesenvolvidos, porque nesses países ainda não são muito conhecidos os seus efeitos e tampouco estão disseminados métodos eficientes de controlo (Dos Santos et al., 2014). Alguns produtos alimentares são suscetíveis à infecção por fungos toxigénicos na pré-colheita, e os níveis de micotoxinas podem aumentar na pós-colheita, durante o manuseamento e armazenamento (Zanon et al., 2023). As espécies mais abundantes de fungos que contaminam os alimentos e produzem micotoxinas são: *Aspergillus*, *Fusarium*, e *Penicillium* (Vedovatto et al., 2020) (Tabelas 1 e 2).

Existem diversas micotoxinas mas as mais comuns são: aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina A, zearalenona, patulina e tricotecenos (T2, DON, DAS, HT2) (Dos Santos et al., 2014).

As aflatoxinas são metabolitos secundários produzidos pelas espécies *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e outras do mesmo grupo, que ao longo de toda a cadeia de produção podem contaminar os grãos (Gomes et al., 2024). Dentre todas as micotoxinas, as aflatoxinas são responsáveis pelos maiores índices de contaminação de grãos e afetam a indústria alimentar e a saúde pública, tornando-se as de maior importância micotoxicológica. Existem várias aflatoxinas, mas as AFB1, AFB2, AFG1 e AFG2 são as que se apresentam como mais problemáticas, em especial a AFB1, que é considerada a mais tóxica e com maior poder carcinogénico (Ali, 2019). Em produtos lácteos pode ainda surgir a AFM1.

As fumonisinas são micotoxinas que ocorrem frequentemente como contaminantes de produtos agrícolas, que podem causar micotoxicoses em animais e são produzidos principalmente por *Fusarium verticillioides* e *Fusarium proliferatum* (Janse van Rensburg et al., 2015).

A ocratoxina A é um metabolito secundário tóxico produzido por várias espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* e é contaminante comum de alimentos; tem causado uma série de efeitos tóxicos em espécies animais e no homem (Juan et al., 2007).

Zearalenona é uma micotoxina produzida, principalmente por *Fusarium graminearum* (Freire et al., 2007).

A patulina é um metabolito secundário tóxico produzido por vários géneros de fungos, como *Aspergillus* e *Penicillium* (Dos Santos et al., 2014).

Os tricotecenos são micotoxinas produzidos pelos fungos do género *Fusarium*, e os principais compostos produzidos são: Toxina T-2 (T2) e Desoxinivalenol (DON) (Pereira e Fernando, 2011).

**Tabela 1.** Principais alimentos suscetíveis a fungos e micotoxinas (El-Sayed et al., 2022)

Alimentos	Fungos	Micotoxinas
<b>Cereais (milho, arroz, trigo, aveia, cevada, sorgo)</b>	<i>Aspergillus flavus</i> ; <i>A. parasiticus</i> <i>F. verticillioides</i> ; <i>F. proliferatum</i> <i>F. graminearum</i> ; <i>Fusarium</i> spp. <i>Aspergillus ochraceus</i> ; <i>A. alliaceus</i> ; <i>A. niger</i> ; <i>A. carbonarius</i> ; <i>Penicillium verrucosum</i> ; <i>P. nordicum</i> <i>Fusarium</i> spp.	Aflatoxinas Fumonisinas Zearalenona Ocratoxina A  Tricotecenos (T2, DON, HT2)
<b>Oleaginosas (amendoim, castanhas e nozes)</b>	<i>A. flavus</i> ; <i>A. parasiticus</i>	Aflatoxinas
<b>Frutas frescas (maçãs, peras, pêssegos, uvas)</b>	<i>P. expansum</i> ; <i>P. griseofulvum</i> ; <i>A. clavatus</i>	Patulina

**Tabela 2.** Fatores determinantes para a ocorrência de fungos e micotoxinas (Baptista et al., 2004; Prestes et al., 2019; Tibola e Fernandes, 2020)

<b>a.</b>	<b>Fatores determinantes para a ocorrência de fungos produtores de micotoxinas:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Humidade elevada;</li><li>• Temperatura elevada;</li><li>• Secagem inadequada;</li><li>• Armazenamento inadequado;</li><li>• Danos causados por insetos;</li><li>• Má qualidade dos grãos antes do armazenamento.</li></ul>
<b>b.</b>	<b>Fatores determinantes para a produção de micotoxinas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Presença de fungos toxigénicos no produto/grão;</li><li>• Quantidade de inóculo presente nos grãos antes do armazenamento;</li><li>• Elevado teor em água dos grãos;</li><li>• Calor;</li><li>• Oxigenação.</li></ul>

X



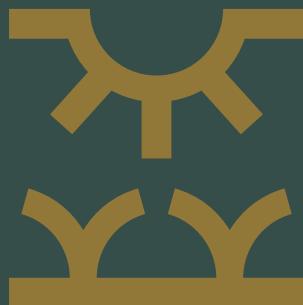
10

100  
ARR

70

65

25



# **Boas práticas agrícolas para controlo de fungos e micotoxinas**

# 1. Boas práticas de cultivo (aplicadas no campo)

Boas Práticas Agrícolas (BPA) constituem a primeira linha de defesa contra a contaminação dos alimentos por fungos e micotoxinas. Elas compreendem as estratégias ou medidas preventivas, aplicadas no campo, para reduzir o risco de contaminação por fungos produtores de micotoxinas antes da colheita. Incluem práticas agronómicas ou de cultivo, como rotação de culturas, controlo biológico, eliminação de pragas e uso de variedades resistentes (Mielińczuk e Skwaryło-Bednarz, 2020).



## 1.1 Rotação de culturas

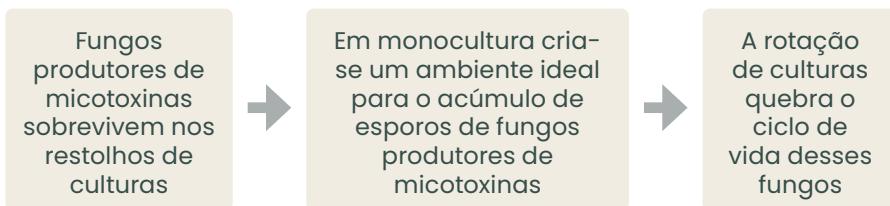
Fazer rotação de culturas significa intercalar culturas diferentes, no mesmo campo, entre ciclos de produção. A rotação de culturas é uma prática agrícola tradicional, mas extremamente eficaz no manejo de doenças fúngicas e na redução da contaminação dos produtos por micotoxinas no campo (Dong et al., 2023; Islam et al., 2022).

### Como isso acontece?

A rotação de culturas reduz o risco de contaminação dos produtos por fungos e micotoxinas, pelas seguintes razões (Figura 1):

- Certos fungos produtores de micotoxinas, como *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., sobrevivem nos restolhos das culturas hospedeiras específicas (ex: milho, amendoim, trigo);
- Quando se faz monocultura (cultivo da mesma cultura suscetível em ciclos sucessivos no mesmo campo), cria-se um ambiente ideal para a acumulação de esporos de fungos produtores de micotoxinas.
- A rotação de culturas quebra o ciclo de vida desses fungos, uma vez que culturas não hospedeiras reduzem a disponibilidade do substrato ideal para o seu crescimento.

### Resumo esquemático:



**Figura 1:** Resumo esquemático de como a rotação de culturas reduz o risco de contaminação dos produtos por fungos e micotoxinas.

## Recomendações práticas

- Sensibilizar os produtores que assiste para que não façam sucessão entre culturas igualmente suscetíveis (ex: milho » mapira, amendoim » feijão);
- Incentive e demonstre a remoção ou incorporação adequada dos restolhos culturais após a colheita;
- Planifique junto dos produtores, um esquema de rotação de culturas de acordo com o histórico de ocorrência de fungos na sua área e as condições climáticas locais (ex: Tabela 3 e Figura 2).

**Tabela 3:** Exemplo de esquema de rotação de culturas, ideal para certas culturas praticadas por agricultores do sector familiar em Moçambique (pensando na gestão de fungos / micotoxinas e manutenção da fertilidade do solo)

Ano	Cultura atual	Cultura seguinte (rotação)	Observações
1	Milho	Feijão	Feijão ajuda a fixar o nitrogénio atmosférico e reduz pressão de <i>Fusarium</i>
2	Feijão	Batata-doce	Batata-doce é pouco suscetível a fungos de grãos e ajuda a quebrar o ciclo
3	Batata-doce	Gergelim	Gergelim é uma cultura resistente e pouco hospedeira de fungos de solo

## Esquema simplificado de rotação ideal:

Milho » Feijão » Batata-doce » Gergelim » Mandioca » Amendoim » (voltar para) Milho



**Figura 2:** Plano de rotação de culturas.

## 1.2 Controlo Biológico

Consiste na proteção das plantas durante a fase vegetativa, usando agentes biológicos (bactérias ou fungos não nocivos), que são inoculados ou introduzidos intencionalmente em culturas de interesse, como defesas naturais contra o ataque por fitopatógenos, incluindo fungos produtores micotoxinas (Mielniczuk e Skwaryło-Bednarz, 2020).

O Instituto Internacional de Agricultura Tropical (*International Institute of Tropical Agriculture, IITA*), junto do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (*United States Department of Agriculture, USDA*) e outros parceiros, desenvolveram produtos para o biocrontrolo de AFs, que utilizam estirpes nativas de *A. flavus* não produtoras de aflatoxinas, para a exclusão competitiva das estirpes produtoras de aflatoxinas. Esses produtos de biocontrolo, registados como marca "Aflasafe" ([www.aflasafe.com](http://www.aflasafe.com)), permitem reduzir 80 a 90% da probabilidade de contaminação por aflatoxinas na cadeia de produção de milho e amendoim (Udomkun et al., 2017) e já se encontram comercialmente disponíveis em muitos países africanos, incluindo Moçambique.

## Como isso acontece?

Os produtos usados no bioncontrolo reduzem o risco de contaminação dos produtos por micotoxinas, dadas as seguintes capacidades ou propriedades:

- 1) Exclusão competitiva: bactérias ou fungos endófitos penetram nos tecidos vegetais e desenvolvem-se neles, competindo por espaço e nutrientes com os fitopatógenos (incluindo fungos produtores de micotoxinas) e/ou induzindo mecanismos de auto-defesa das plantas.
- 2) Ação antifúngica (antagonismo direto): algumas bactérias e fungos endófitos (não nocivos) produzem compostos com propriedades antibacteriana, inseticida ou antifúngica, que inibem o crescimento de outros organismos, incluindo fungos produtores de micotoxinas;
- 3) Blockeio de vias metabólicas: certas bactérias e fungos endófitos são capazes de interferir nas vias metabólicas de fungos toxigénicos, limitando a síntese e/ou a acumulação de micotoxinas no alimento.

## Recomendações práticas

- Procure identificar juntos dos distribuidores de insumos agrícolas (*agrodealers*) locais, a existência de produtos comerciais para controlo biológico (ex: veja a Tabela 4);
- Recomende o uso dos produtos identificados, aos produtores que assiste, seguindo as instruções indicadas pelo distribuidor (*agrodealer*);
- Ao recomendar o biocontrolo, tome em consideração que (1) esta estratégia produz melhores resultados quando aplicada de forma preventiva (antes da instalação dos fitpatógenos), combinada com outras boas práticas agrícolas como a rotação de culturas, destruição de restolhos e controlo de pragas, e (2) a eficácia da intervenção dependerá das condições ambientais como temperatura, humidade e do tipo de solo.

**Tabela 4:** Exemplo de agentes e produtos para biocontrolo de fungos e micotoxinas

Agente biológico	Alvo	Mecanismo	Exemplo de aplicação
<b><i>Aspergillus flavus</i> (não toxigénico)</b>	<i>Aspergillus flavus</i> toxigénico (Aflatoxinas)	Exclusão competitiva	Aflasafe / Afla-guard, usados no milho e amendoim
<b><i>Trichoderma</i> spp.</b>	<i>Fusarium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp.	Antagonismo e micoparassitismo	Usado em sementes e no solo
<b><i>Bacillus subtilis</i></b>	Diversos fungos fitopatogénicos	Produção de fatores antifúngicos	Tratamento de sementes e pulverizações foliares
<b><i>Pseudomonas fluorescens</i></b>	<i>Fusarium</i> spp. e outros	Produção de fatores antifúngicos	Tratamento de solo

## 1.3 Uso de Variedades Resistentes

O uso de variedades resistentes (naturais ou biotecnologicamente desenvolvidas) é uma das estratégias altamente eficientes e sustentáveis para o manejo de fungos micotoxigénicos e redução da contaminação por micotoxinas no campo (Mielniczuk e Skwaryło-Bednarz, 2020). Para a maioria das culturas suscetíveis (ex: milho, amendoim, trigo), já foi comprovada a existência de certas variedades com determinadas características, que as tornam menos propensas à infecção por fungos patogénicos – incluindo os produtores de micotoxinas – ou que limitam a síntese de micotoxinas, nos casos em que infecção já tenha ocorrido (Nigam et al., 2009; Rose et al., 2017).

### Como isso acontece?

As variedades resistentes podem apresentar pelo menos uma das seguintes características que reduzem o risco de infecção fúngica e/ou contaminação por micotoxinas (Figura 3):

- Barreiras físicas: certas variedades com estruturas anatómicas que dificultam a penetração de fungos (ex: grãos com casca mais espessa ou dura)
- Barreiras fisiológicas: variedades com mecanismos bioquímicos capazes de sintetizar certos compostos com propriedades antifúngicas (ex: alexinas)
- Ciclo de produção diferenciado (escape fenológico): variedades que florescem ou amadurecem fora da época tipicamente de maior infecção.
- Menor bioacumulação de micotoxinas: variedades que, mesmo quando infetadas, limitam a capacidade dos fungos de sintetizar micotoxinas (Korani et al., 2017).

## Resumindo:



**Figura 3:** Resumo da vantagem na utilização de culturas resistentes.

## Recomendações práticas

- Pesquise juntos dos *agrodealers* locais e junto da Estação Agrária do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) mais próxima, a disponibilidade de variedades melhoradas das culturas mais praticadas na sua área de atuação, resistentes a contaminação fúngica e/ou síntese de micotoxinas
- Recomende o uso das variedades identificadas aos produtores que assiste, garantido que sejam as variedades mais atualizadas, pois o conhecimento científico evolui constantemente (ex: Veja a Tabela 5);
- Tome em consideração que, para melhores resultados, o uso de variedades resistentes deve ser combinado com outras práticas agronómicas (ex: controlo biológico, rotação de culturas) e as variedades devem ser selecionadas considerando o clima, solo e histórico de doenças na área.

## 2. Boas práticas de colheita

Além dos cuidados de cultivo tomados durante a fase vegetativa da cultura, a aplicação de boas práticas de colheita é também de grande importância no manejo de fungos e micotoxinas nos produtos alimentares. Entre tais práticas destacam-se a colheita na maturação fisiológica, monitorização do teor de umidade do grão, tempo de colheita apropriado (condições ambientais favoráveis), uso de procedimentos corretos e materiais adequados, evitando danos mecânicos e contaminação cruzada (Codex Alimentarius, 2003).



## 2.1 Colheita na fase de maturação fisiológica

A maturação fisiológica de uma cultura ocorre quando o grão ou fruto atinge o seu desenvolvimento completo e cessa o transporte de nutrientes da planta-mãe para a parte produtiva ou económica (ex: espiga de milho, vagem de feijão ou amendoim). Nessa fase, o teor de humidade pode ainda ser alto, mas o potencial de mobilização e de acumulação da matéria seca já foi alcançado.

**Tabela 5:** Exemplo de variedades resistentes à infecção fúngica e síntese de micotoxinas para certas culturas praticadas por agricultores do setor familiar em Moçambique

Cultura	Variedade resistente	Fungo / micotoxina alvo	Características de resistência
<b>Milho</b>	Híbridos resistentes (ex.: DK390)	<i>Fusarium verticillioides</i> (fumonisinas)	Casca espessa, espiga fechada
<b>Amendoim</b>	Variedades resistentes (Ex.: AMENA-018 e MAPUPULO-018)	<i>Aspergillus flavus</i> (aflatoxinas)	Baixo teor de óleo livre, casca firme
<b>Feijão</b>	Genótipos resistentes (Ex. Vulgar: <b>AP 82, AP 89 e LPA 31; e Nhembá: IT00K-96, UC-CB46 e IT98K-1105-5</b> )	<i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Fusarium spp.</i>	Sistema radicular vigoroso
<b>Batata-doce</b>	Variedades locais (Ex.: Beauregard e IAC 134 AL01)	Patógenos de solo ( <i>Fusarium oxysporum</i> )	Resistência a podridões radiculares

A colheita dos produtos susceptíveis justamente nessa fase já foi cientificamente comprovada como sendo eficaz e barata na redução dos níveis de contaminação por micotoxinas (Carbas et al., 2021). Para a cultura do amendoim, por exemplo, um estudo conduzido na Província de Nampula, demonstrou que o amendoim

colhido na fase de maturação fisiológica tende a apresentar menores níveis de contaminação por aflatoxinas, quando comparado com o amendoim colhido (até 10 dias) antes ou depois da maturação fisiológica (Zuza et al., 2018).

## Como isso funciona?

Os seguintes aspectos fazem com que, colhendo as culturas suscetíveis na fase de maturação fisiológica, haja menor risco de infecção fúngica e contaminação por micotoxinas:

- Menos exposição a condições favoráveis aos fungos: evita-se que grãos já maduros permaneçam por muito tempo no campo, evitando-se, por conseguinte, a sua exposição a condições de risco de contaminação por fungos produtores de micotoxinas, como chuvas / alta umidade e ataque de pragas;
- Menor ataque de pragas (insetos): grãos que não permanecem por muito tempo no campo são menos atacados por insetos, mantendo a sua integridade física, e, portanto, com menos portas de entrada para infecções fúngicas;
- Facilidade de secagem e armazenamento adequado: ao colher no ponto correto, facilita-se o início da secagem, desfavorecendo o desenvolvimento de fungos durante o armazenamento.

## Recomendações práticas

- Pesquise os tempos médios de maturação fisiológica de variedades das principais culturas praticadas na sua área (ex: culturas de grão como milho, amendoim e feijões)

- Elabore, junto dos produtores que assiste, planos de produção das principais culturais exploradas, perspetivando a coincidir a colheita de cada cultura com a maturação fisiológica (ex: veja a Tabela 6)
- Ajude os produtores a reconhecer os sinais de maturação fisiológica das culturas por eles exploradas (ex: veja a Tabela 6)

**Tabela 6:** Exemplo de tempos médios e sinais de maturação fisiológica para certas culturas suscetíveis, praticadas por agricultores do sector familiar em Moçambique (IIAM – [www.agricultura.gov.mz](http://www.agricultura.gov.mz))

Cultura	Variedades comuns	Tempo médio até maturação	Sinais de maturação fisiológica
<b>Milho</b>	ZM523, ZM309, Matuba, PAN53	100 – 120 dias após a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Ponto preto” na base do grão</li> <li>- Palha seca</li> <li>- Grão duro e opaco</li> </ul>
<b>Amendoim</b>	Mapupulo-018, AMENA-018, AMM-018	90 – 110 dias após a sementeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vagens firmes e casca interna escura</li> <li>- Folhas amareladas e caindo</li> <li>- Grãos bem formados</li> </ul>
<b>Feijão</b>	Feijão-manteiga, CAL 143, LPA-31, AP-82/89	80 – 100 dias após emergência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vagens secas</li> <li>- Grãos firmes e com cor característica</li> <li>- Planta amarelando/seca</li> </ul>

## 2.2 Monitorização do teor de humidade do grão

O teor de humidade dos grãos é um dos fatores críticos que favorecem a colonização fúngica e a produção de micotoxinas (Figuras 4). Tal é devido à elevação da atividade de água ( $aw$ ) do substrato, que se reflete na maior quantidade de água disponível para a atividade metabólica dos fungos. Assim, a monitorização do teor de

humidade do grão é, de longe, o aspetto mais importante no manejo de fungos e micotoxinas na fase de colheita.

### Como isso acontece?



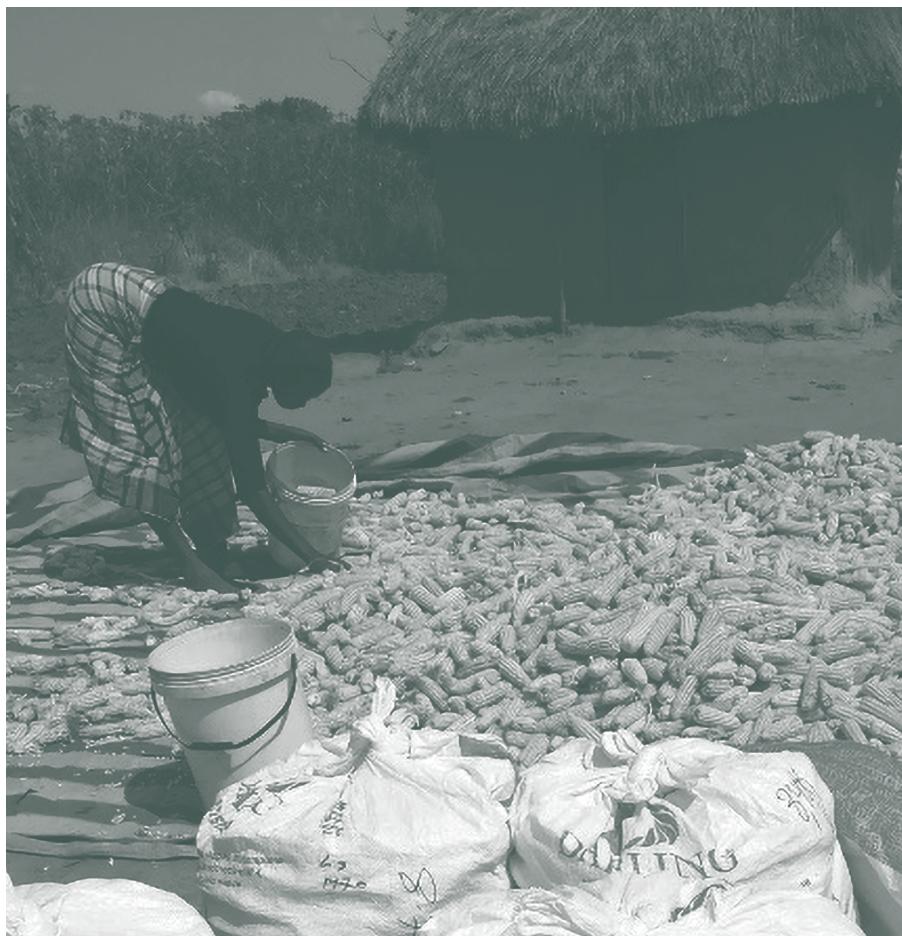
**Figura 4:** Relação entre humidade e acumulação de micotoxinas.

## 2.3 Procedimentos corretos de colheita

- Evitar danos mecânicos;
- Evite que os grãos colhidos entrem em contacto direto com o solo;
- Evite ao máximo criar lesões ou danos aos grãos. Os danos podem levar a fissuras no tegumento e quebra de grãos, tornando-os mais vulneráveis a ataques de fungos e micotoxinas.

### 3. Boas práticas de secagem

A secagem mantém a humidade do produto (principalmente grão) suficientemente baixa e óptima para que os fungos não se desenvolvam. Se for mal conduzida, pode causar a deterioração ou reduzir a qualidade do grão, tornando-o mais suscetível, não só a contaminação por fungos e micotoxinas, mas também à quebra ou diminuição do rendimento nas etapas de processamento.



### 3.1 Secagem rápida e eficiente

Para evitar alterações metabólicas e minimizar a ação de fungos toxigénicos e insetos, a secagem de grãos deve ser rápida, eficiente e homogénea, mantendo o máximo possível a integridade do grão dentro do limite aceitável de humidade. O teor de humidade no momento do armazenamento deve ser ótimo; por exemplo: a secagem do milho deve garantir 15% de teor de humidade em 10 dias e em 20 dias o teor de humidade dever estar abaixo de 13% (Matusse et al., 2025).

### Recomendações práticas

- Pesquise o teor de humidade adequado para as principais culturas produzidas pelos produtores;
- Requisite juntos dos serviços de atividades económicas o aparelho portátil de medição de humidade (Figura 5);
- Faça o acompanhamento dos produtores durante o processo de secagem até atingir a humidade ideal para o armazenamento.



Figura 5: Aparelho portátil de medição da humidade no grão.

**Tabela 7:** Exemplo de teor de humidade de grãos de algumas culturas na secagem para posterior armazenamento (Ng'ang'a et al., 2016; Atungulu et al., 2018; Matusse et al., 2025)

Cultura	Teor de humidade (%)
<b>Arroz</b>	12 – 13
<b>Milho</b>	<13
<b>Trigo</b>	13
<b>Amendoim</b> – Com casca – Descascado	<11 <8
<b>Soja</b>	<12

### 3.2 Tipos de secagem

Existem dois tipos de secagem: a) artificial e b) natural.

A secagem artificial permite com que o produto baixe o seu teor de humidade fora do campo (colher e secar fora do campo). A fonte de calor usada é diversa e é executada através de equipamentos mecânicos ou elétricos forçando-se o ar a circular por entre a massa de grãos (Garcia et al., 2004).

A secagem natural permite com que o produto baixe o seu teor de humidade no campo (na própria planta) ou fora do campo (colher e secar fora do campo) e é caracterizada pela incidência da radiação solar e vento sobre a massa de grãos a céu aberto (Garcia et al. 2004). No caso de colher e secar fora do campo, as espigas ou vagens devem ser estendidas em cima de lonas (Figura 6), e deve-se evitar a colocação direta na superfície do solo ou o uso de esteiras de palha (Figura 7), que podem aumentar a incidência de fungos (Matusse et al., 2025).



**Figura 6:** Uso da lona para a secagem dos produtos agrícolas.



**Figura 7:** Esteira de palha com desenvolvimento de fungos, devido à acumulação de umidade do solo.

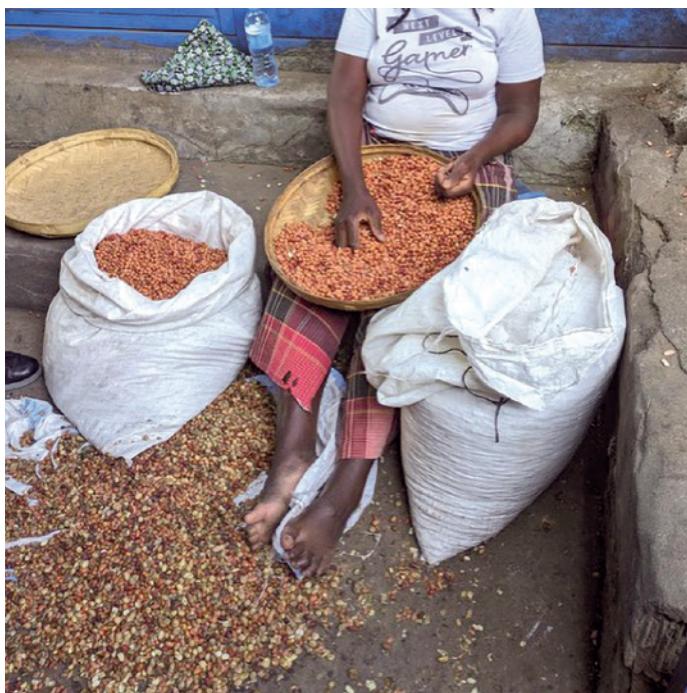
## 4. Boas práticas de armazenamento

O armazenamento de grãos depois da secagem deve consistir em limpar bem e secar os grãos antes de armazenar, limpar toda a estrutura, não permitir acumulação de lixo ou produto próximo da unidade armazenadora, desinfetar a unidade antes de receber novos produtos; monitorizar a temperatura e a umidade dos grãos; monitorizar a presença de insetos e roedores em pontos críticos do local, armazenar em estrutura que tenha sido higienizada, nunca misturar grão novo com grão velho.



## 4.1 Limpeza e seleção dos grãos

Logo depois da secagem e antes do armazenamento, a limpeza do grão é necessária para evitar a interferência dos resíduos (solo, pedras, material vegetal) na conservação do produto ou grão. Descarte os grãos deteriorados (contaminados por fungos ou pragas). Os microrganismos (principalmente os fungos) e as pragas são fatores bióticos de deterioração e que, por sua vez, são influenciados por fatores abióticos, como temperatura e umidade, por isso que antes de armazenamento é necessária a triagem do grão (Figura 8).



**Figura 8:** Seleção manual do grão para consumo e comercialização.

## Como isso funciona?

- O produto é seco, limpo e armazenado;
- A limpeza deve ser feita até valores próximos a 4-5% de impurezas e/ou materiais estranhos, e pelo uso de uma peneira adequada;
- O teor de grãos quebrados não deve exceder 5%;
- Remover os grãos quebrados e aqueles com integridade biológica comprometida.

## 4.2 Controlo de humidade

Os grãos proteicos e os amiláceos devem ser armazenados com teor de humidade que não supere os 13%, e os oleaginosos com maior ou menor teor de óleo devem ser armazenados com 11 ou 12%, respetivamente (Elias, Oliveira, and Vanier 2017). Deve também garantir-se que o armazém ou o material usado para armazenar não esteja húmido.

## 4.3 Controlo de temperatura

O controlo da temperatura no armazenamento é fundamental, pois os processos respiratórios são intensificados quando a temperatura se eleva, criando alterações ligadas à dinâmica metabólica no armazenamento, o que resulta no consumo dos elementos que constituem as reservas nutritivas dos grãos. A temperatura tende a aumentar quando a humidade do grão é demasiado elevada (ver Tabela 7), devido à maior atividade metabólica tanto dos grãos como dos fungos. Sendo difícil regular a temperatura ambiente do local de armazenamento, o principal fator que permite controlar as variações de temperatura é a humidade do grão no momento do armazenamento.

## Como isso funciona?

- A temperatura deve ser controlada, por termometria (Figura 9);
- Sempre que a temperatura comece a aumentar, deve-se arejar o grão ou o local de armazenamento para tentar reduzir a temperatura



**Figura 9:** Termómetro usado para medição da temperatura do grão.

## 4.4 Limpeza e inspeção regular dos locais e materiais de armazenamento

A limpeza prévia do local e material de armazenamento dos grãos é crucial. Após a limpeza do armazém, todas as superfícies internas e externas devem ser pulverizadas com fungicida e inseticida de ação residual. Os grãos podem ser armazenados em diversos tipos de materiais, conforme a disponibilidade. O armazenamento hermético de grãos devidamente secos é o mais adequado. É um método baseado na redução do oxigénio disponível no ecossistema

de armazenamento a níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados. Os sacos herméticos (Figura 10) e tambores (Figura 11) são os melhores materiais para armazenar grão, desde que estejam secos e que o teor de humidade do grão a ser armazenado seja adequado. Os sacos de ráfia e os celeiros tradicionais devem ser evitados, pois não garantem o controlo de pragas e fungos (Matusse et al., 2025). Nos sacos herméticos e tambores devidamente fechados não há necessidade de aplicação de fungicidas ou inseticidas.

Inspecione regularmente os silos, tambores ou sacos. A inspeção dos silos e/ou armazéns onde se armazena grão deve ser regular, pois os grãos são os principais componentes de um ecossistema dinâmico, que se transforma constantemente devido as interações químicas, físicas e biológicas que promovem alterações quantitativas e qualitativas, gerando deteriorações e outras perdas.



**Figura 10:** Saco hermético

**Figura 11:** Tambor metálico

### Recomendações práticas:

- Armazenar grãos em silos limpos e secos;
- Substituir silo pelo tambor metálico limpo e seco;
- Armazenar em sacos herméticos. Evitar armazenar em sacos de ráfia e celeiros tradicionais
- Armazenar o produto em materiais e locais limpos e secos

## 5. Transporte

O transporte dos produtos, grãos ou vagens pode acontecer antes da secagem total ou depois, mas de todas as vertentes, deve-se evitar que haja exposição a fatores favoráveis ao ataque por fungos e outros microrganismos ou contaminantes. O transporte deve ser feito o mais rápido possível para evitar maior exposição. Se o produto levar muito tempo no transporte pode comprometer a ventilação devido à sobreposição e abafamento. Durante o transporte, a temperatura e humidade de grãos devem ser monitorizados regularmente para evitar o aparecimento e proliferação de fungos. O sistema de transporte usado não pode permitir que o grão apanhe chuvas e outros elementos externos.



## 6. Indústria

A indústria alimentar deve buscar sempre a qualidade dos produtos para garantir o fornecimento seguro aos consumidores e que estejam em conformidade com os requisitos de segurança alimentar e nutricional.



## 6.1 Controlo de qualidade da matéria-prima

O controlo de qualidade da matéria-prima dos produtos permite analisar ou classificar, para posteriormente aprovar ou recusar algum produto através de testes ou avaliações sensoriais, físico-químicas, microbiológicas e de normalização. O odor e coloração são aspectos do produto levados em consideração no setor da qualidade na indústria alimentícia. O grão deve passar por um processo de secagem e armazenamento ideais para garantir a qualidade da matéria-prima.

### Recomendações práticas:

- Medir humidade do grão;
- Fazer a triagem do grão (seleção e separação do grão com contaminação aparente);
- Analisar a presença de fungos toxigénicos no grão;
- Detetar e quantificar a concentração de micotoxinas no grão.

## 6.2 Seleção de grãos pela cor

Os grãos de cada matriz/cultura devem ser selecionados de acordo com a coloração original, pois os fungos filamentosos geralmente descoloram os grãos. O recomendado é ter cerca de 97% da cor original do grão (retirar uma amostra de 100 grãos e observar a cor, não podendo haver mais de 3 grãos com cor fora do normal).

## 6.3 Processamentos adequados

Geralmente o processamento de grãos envolve procedimentos como separação de semente, secagem dos grãos e moagem dos grãos secos. Este processo torna-se mais adequado quando é feito sem indício de possível contaminação por fungos e micotoxinas.

## 6.4 Controlo de qualidade do produto final

O grão como matéria-prima na indústria alimentar deve atender padrões de secagem e armazenamento adequados para evitar com que o produto final seja contaminado com fungos e micotoxinas.

### Recomendações práticas

- Controlo sensorial do produto (visão, tato, olfato e paladar, analisando cor, odor, textura, sabor e aspetto geral);
- Controlo técnico padronizado do produto (analisar fungos toxigénicos e micotoxinas);
- Embalar com material que não propicie o aumento da temperatura e humidade do produto;
- Colocar recomendações técnicas ideais para proteção contra fungos e micotoxinas no rótulo do produto (ex: guardar o produto em local seco e fresco).

# Referências Bibliográficas

- Alaniz Zanon, M. S., Pena, G., Yerkovich, N., Bossa, M., Chiotta, L., Chulze, S. N., 2023. Aflatoxins and Fumonisins in Maize under a Climate Change Scenario. *Biocontrol Strategies at the Pre-Harvest Stage. European Journal of Plant Pathology* 167(4): 551–67. doi:10.1007/s10658-023-02735-7.
- Ali, N., 2019. Aflatoxins in Rice: Worldwide Occurrence and Public Health Perspectives. *Toxicology Reports* 6: 1188–97. doi:10.1016/j.toxrep.2019.11.007.
- Atungulu, G. G., Olatunde, G., Wilson, S., 2018. Engineering Methods to Reduce Aflatoxin Contamination of Corn in On-Farm Bin Drying and Storage Systems. *Drying Technology* 36(8): 932–51. doi:10.1080/07373937.2017.1365726.
- Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Nwozo, S., Odongo, G. A., Eseoghene, I. J., Twinomuhwezi, H., Ogbonna, C. U., Upadhyay, A. K., Adeleye, A. O., Okpala, C. O. R., 2022. Mycotoxins' Toxicological Mechanisms Involving Humans, Livestock and Their Associated Health Concerns: A Review. *Toxins* 14(3). doi:10.3390/toxins14030167.
- Baptista, A. S., Horii, J., Baptista, A. S., 2004. Fatores Físico-Químicos e Biológicos Ligados à Produção De Micotoxinas. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 22(1). doi:10.5380/cep.v22i1.1175.
- Carbas, B., Soares, A., Freitas, A., Silva, A. S., Pinto, T., Andrade, E., Brites, C., 2021. Mycotoxin Incidence in Pre-Harvest Maize Grains. *Proceedings* 70(24). doi:10.3390/foods\_2020-07667.
- Chiotta, M. L., Fumero, M. V., Cendoya, E., Palazzini, J. M., Alaniz-Zanon, M. S., Ramirez, M. L., Chulze, S. N., 2020. Toxigenic Fungal Species and Natural Occurrence of Mycotoxins in Crops Harvested in Argentina. *Revista Argentina de Microbiología* 52(4): 339–47. doi:10.1016/j.ram.2020.06.002.

- Codex Alimentarius, 2003. *Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals*. CXC 51-2003. FAO/WHO.
- Dong, F., Chen, X., Lei, X., Wu, D., Zhang, Y., Lee, Y.-W., Mokoena. M. P., 2023. Effect of Crop Rotation on *Fusarium* Mycotoxins and *Fusarium* Species in Cereals in Sichuan Province (China). *Plant Disease* 107(4): 1060–66.
- El-Sayed, R. A., Jebur, A. B., Kang, W., El-Demerdash, F. M., 2022. An Overview on the Major Mycotoxins in Food Products: Characteristics, Toxicity, and Analysis. *Journal of Future Foods* 2(2): 91–102. doi:10.1016/j.jfutfo.2022.03.002.
- Elias, M. C., Oliveira, M., Vanier, N. L., 2017. *Tecnologias de Pré-Armazenamento, Armazenamento e Conservação de Grãos*. Capão do Leão, Universidade Federal de Pelotas, Ministério da Educação, Brasil.
- Freire, F. C. O., Vieira, I. G. P., Guedes, M. I. F., Mendes, F. N. P., 2007. *Micotoxinas: Importância Na Alimentação e Na Saúde Humana e Animal*. Embrapa (ISSN 1677-1915).
- Garcia, D. C., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T., Menezes, N. L., 2004. A Secagem de Sementes. *Ciência Rural* 34(2): 603–8. doi:10.1590/s0103-84782004000200045.
- Gomes, A. L., Petrus, R. R., Sousa, R. L. M., Fernandes, A. M., 2024. Aflatoxins and Fumonisins in Conventional and Organic Corn: A Comprehensive Review. *Food Additives and Contaminants - Part A* 41(5): 575–86. doi:10.1080/19440049.2024.2330092.
- Islam, M. N., Banik, M., Sura, S., Tucker, J. R., Wang, X., 2022. Implications of Crop Rotation and Fungicide on *Fusarium* and Mycotoxin Spectra in Manitoba Barley, 2017–2019.” *Toxins* 14(463). doi: 10.3390/toxins14070463
- Janse van Rensburg, B., McLaren, N. W., Flett, B. C., Schoeman, A., 2015. Fumonisin Producing *Fusarium* spp. and Fumonisin Contamination in Commercial South African Maize. *European Journal of Plant Pathology* 141(3): 491–504. doi:10.1007/s10658-014-0558-7.

- Juan, C., Lino, C. M., Pena, A., Moltó, J. C., Mañes, J., Silveira, I., 2007. Determination of Ochratoxin A in Maize Bread Samples by LC with Fluorescence Detection. *Talanta* 73(2): 246–50. doi:10.1016/j.talanta.2007.03.029.
- Korani, W. A., Chu, Y., Holbrook, C., Clevenger, J., Ozias-Akins, P., 2017. Genotypic Regulation of Aflatoxin Accumulation but Not *Aspergillus* Fungal Growth upon Post-Harvest Infection of Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) Seeds. *Toxins* 9(7): 1–12. doi:10.3390/toxins9070218.
- Matusse, C., Bila, J., Macuamule, C., Sampaio, A., Venâncio, A., Rodrigues, P., 2025. Evaluation of Corn Drying and Storage Techniques to Mitigate Damage and Total Aflatoxin Contamination in Mozambique. *Journal of Stored Products Research* 114: 102794. doi:10.1016/j.jspr.2025.102794.
- Mielniczuk, E., Skwaryło-Bednarz, B., 2020. Fusarium Head Blight, Mycotoxins and Strategies for Their Reduction. *Agronomy* 10(509): 11–15. doi:10.3390/toxins14070463.
- Ng’ang’ā, J., Mutungi, C., Imathiu, S., Affognon, H., 2016. Effect of Triple-Layer Hermetic Bagging on Mould Infection and Aflatoxin Contamination of Maize during Multi-Month on-Farm Storage in Kenya. *Journal of Stored Products Research* 69: 119–28. doi:10.1016/j.jspr.2016.07.005.
- Nigam, S. N., Waliyar, F., Aruna, R., Reddy, S. V., Lava Kumar, P., Craufurd, P. Q., Diallo, A. T., Ntare, B. R., Upadhyaya, H. D., 2009. Breeding Peanut for Resistance to Aflatoxin Contamination at ICRISAT. *Peanut Science* 36(1): 42–49. doi:10.3146/at07-008.1.
- Pereira, K. C., Fernando, C., 2011. Micotoxinas e Seu Potencial Carcinogênico. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde* 15(4): 147–65.
- Prestes, I. D., Rocha, L. O., Nuñez, K. V.M., Silva, N. C. C., 2019. Fungi and Mycotoxins in Corn Grains and Their Consequences. *Scientia Agropecuaria* 10(4): 559–70. doi:10.17268/sci.agropecu.2019.04.13.

- Rose, L. J., Okoth, S., Beukes, I., Ouko, A., Mouton, M., Flett, B. C., Makumbi, D., Viljoen, A., 2017. Determining Resistance to *Fusarium verticillioides* and Fumonisin Accumulation in African Maize Inbred Lines Resistant to *Aspergillus flavus* and Aflatoxins." *Euphytica* 213(4): 1–18. doi:10.1007/s10681-017-1883-7.
- Santos, M. C., Sousa, R. B., Oliveira, S. E. M., Lima, K. S.C., Lima, A. L. S., 2014. Mycotoxins and Their Potential as Warfare Agents. *Revista Virtual de Quimica* 6(3): 761–78. doi:10.5935/1984-6835.20140046.
- Tibola, C. S., Fernandes, J. M. C., 2020. Micotoxinas no trigo: estratégias de manejo para minimizar a contaminação. 21<sup>a</sup> ed. ed. Editores Técnicos. Brasília: Embrapa Trigo.
- Udomkun, P., Wiredu, A. N., Nagle, M., Müller, J., Vanlauwe, B., Bandyopadhyay, R., 2017. Innovative Technologies to Manage Aflatoxins in Foods and Feeds and the Profitability of Application – A Review. *Food Control* 76: 127–38. doi:10.1016/j.foodcont.2017.01.008.
- Vedovatto, M. G., Bento, A. L., Kiefer, C., Souza, K. M. R., Franco, G. L., 2020. Mycotoxins in the Beef Cattle Diet: Review. *Archivos de Zootecnia* 69(266): 234–44. doi:10.21071/az.v69i266.5119.
- Zuza, E., Muitia, A., Amane, M. I. V., Brandenburg, R. L., Emmott, A., Mondjana, A. M., 2018. Effect of Harvesting Time and Drying Methods on Aflatoxin Contamination in Groundnut in Mozambique. *Journal of Postharvest Technology* 06(2): 90–103. doi: 10.5772/intechopen.77300





