

## CONTAMINAÇÕES DE GRÃOS E CEREAIS

A FAO ESTIMA QUE **UM TERÇO DOS ALIMENTOS** PRODUZIDOS NO MUNDO PARA CONSUMO HUMANO SÃO PERDIDOS OU DESPERDIÇADOS AO LONGO DA CADEIA DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO.

O **MERCADO DE GRÃOS NATURAIS MOVIMENTA R\$ R\$ 783,2 BILHÕES NO BRASIL**. ESTIMATIVAS INDICAM QUE CERCA DE 10% DA COLHEITA PODE SER PERDIDA NO BRASIL, COM PREJUÍZOS QUE PODEM CHEGAR A BILHÕES DE REAIS.

AS PRINCIPAIS CAUSAS INCLUEM PROBLEMAS NA COLHEITA, TRANSPORTE, ARMAZENAGEM E ATÉ MESMO NA QUALIDADE DOS GRÃOS E CONTAMINAÇÃO

→ **ARMAZENAMENTO INADEQUADO:**

FALTA DE ESTRUTURAS ADEQUADAS, COMO SILOS E ARMAZÉNS COM CONDIÇÕES APROPRIADAS DE TEMPERATURA E UMIDADE, PODE LEVAR À DETERIORAÇÃO DOS GRÃOS.

→ **PRAGAS E DOENÇAS:**

INSETOS, ROEDORES E FUNGOS PODEM CAUSAR PERDAS SIGNIFICATIVAS EM GRÃOS ARMAZENADOS.

→ **CONTAMINAÇÃO:**

FUNGOS, MICOTOXINAS E RESÍDUOS DE **PESTICIDAS E AGROTÓXICOS** PODEM CONTAMINAR OS GRÃOS, TORNANDO-OS IMPRÓPRIOS PARA CONSUMO E EXPORTAÇÃO.

**BRASIL DESPERDIÇA 36,7 MILHÕES DE TONELADAS DE GRÃOS EM 12 MESES.**

O **MERCADO DE GRÃOS NATURAIS MOVIMENTA R\$ R\$ 783,2 BILHÕES NO BRASIL**. ESTIMATIVAS INDICAM QUE CERCA DE 10% DA COLHEITA PODE SER PERDIDA NO BRASIL, COM PREJUÍZOS QUE PODEM CHEGAR A BILHÕES DE REAIS.

AS PRINCIPAIS CAUSAS INCLUEM PROBLEMAS NA COLHEITA, TRANSPORTE, ARMAZENAGEM E ATÉ MESMO NA QUALIDADE DOS GRÃOS E

**CONTAMINAÇÃO .**

**PRODUÇÃO RECORDE:** SE COMPARADO COM 2025, A PREVISÃO REPRESENTA UMA ALTA DE 0,7%, OU 2,3 MILHÕES DE TONELADAS A MAIS. A SAFRA BRASILEIRA VAI ALCANÇAR, PORTANTO, 348,4 MILHÕES DE TONELADAS EM 2026.

**O VBP DE 2025, COM BASE NAS INFORMAÇÕES DE SETEMBRO, SITUA-SE 11,1% ACIMA DO VALOR DE 2024, DE R\$ 1,404 TRILHÃO. AS LAVOURAS TIVERAM ACRÉSCIMO DE 10,6% E A PECUÁRIO ACRÉSCIMO DE 12,3%.**

O BRASIL ESTÁ ENTRE OS DEZ PAÍSES QUE MAIS DESPERDIÇAM ALIMENTOS NO MUNDO, PERDENDO CERCA DE 30% DA PRODUÇÃO, O QUE EQUIVALE A 46 MILHÕES DE TONELADAS POR ANO. A **FAO** DESTACA QUE 14% DOS ALIMENTOS SÃO PERDIDOS PÓS-COLHEITA/TRANSPORTE E 17% DESPERDIÇADOS NO VAREJO/CONSUMO, CONTRIBUINDO PARA A INSEGURANÇA ALIMENTAR E MUDANÇAS CLIMÁTICAS.

**PRINCIPAIS DADOS SOBRE PERDAS NO BRASIL:**

- **VOLUME DE DESPERDÍCIO:** A ESTIMATIVA INDICA 30% DE PERDA DA PRODUÇÃO ANUAL.
- **PRINCIPAIS PRODUTOS AFETADOS:** TUBÉRCULOS E RAÍZES (25%), FRUTAS E VEGETAIS (22%) E CARNE E PRODUTOS ANIMAIS (12%).
- **CAUSAS PRINCIPAIS:** LOGÍSTICA INADEQUADA, **CONTAMINAÇÃO**, ESTRADAS DE MÁ QUALIDADE, ARMAZENAMENTO DEFICIENTE E O DESCARTE NO VAREJO DE PRODUTOS "FEIOS" (FORA DO PADRÃO ESTÉTICO).

**O BRASIL É UM DOS MAIORES COMPRADORES DE AGROTÓXICOS PRODUZIDOS POR EMPRESAS EUROPEIAS (COMO SYNGENTA, BAYER E BASF), INCLUINDO DIVERSAS SUBSTÂNCIAS PROIBIDAS NA UNIÃO EUROPEIA (UE) DEVIDO A RISCOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE.**

OS PRINCIPAIS AGROTÓXICOS PRODUZIDOS/EXPORTADOS PELA EUROPA E AMPLAMENTE UTILIZADOS NOS GRÃOS BRASILEIROS (SOJA E MILHO) INCLUEM:

- **ATRAZINA:** UTILIZADA INTENSIVAMENTE NA CULTURA DO MILHO. BANIDA NA UE DESDE 2004 DEVIDO À CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E TOXICIDADE, CONTINUA SENDO EXPORTADA PARA O BRASIL (200 TONELADAS EM 2019).
- **MANCOZEB (MANCOZEBE):** UM DOS INGREDIENTES ATIVOS MAIS VENDIDOS NO BRASIL, USADO COMO FUNGICIDA EM DIVERSAS CULTURAS, INCLUINDO GRÃOS.
- **ACEFATO:** INSETICIDA AMPLAMENTE UTILIZADO, TAMBÉM FIGURANDO ENTRE OS MAIS VENDIDOS E BANIDO NA UE.
- **CLOROTALONIL:** FUNGICIDA DE ALTO USO NO BRASIL E BANIDO NA EUROPA.
- **GLUFOSINATO DE AMÔNIO:** UTILIZADO NA CULTURA DA SOJA, COM SEU USO BANIDO NA UE DEVIDO A RISCOS DE DESREGULAÇÃO ENDÓCRINA E DANOS AO FÍGADO.

**MAIS COMERCIAIS (BRASIL, 2023):** GLIFOSATO, MANCOZEBE, 2,4-D, ACEFATO, CLOROTALONIL, ATRAZINA, S-METOLACLORO, GLUFOSINATO, MALATIONA E DIBROMETO DE DIQUATE.

## ① FUNGOS E MICOTOXINAS MUTANTES (\*)

A CONTAMINAÇÃO POR NOVOS FUNGOS E MICOTOXINAS TEM AUMENTADO, IMPULSIONADA POR *MUTAÇÕES FÚNGICAS* DECORRENTES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS FAVORÁVEIS.

ESSES FUNGOS, ESPECIALMENTE DOS GÊNEROS *FUSARIUM*, *ASPERGILLUS* E *PENICILLIUM*, PRODUZEM METABÓLITOS SECUNDÁRIOS TÓXICOS QUE CONTAMINAM PRINCIPALMENTE GRÃOS (MILHO, TRIGO, AVEIA) E RAÇÕES.

### PRINCIPAIS PONTOS E DESCOBERTAS RECENTES:

**ALTAS TAXAS DE CONTAMINAÇÃO:** MAIS DE 80% DAS AMOSTRAS DE RAÇÕES E GRÃOS ANALISADAS NO BRASIL EM 2025 APRESENTARAM CONTAMINAÇÃO POR MICOTOXINAS, COM A FUMONIZINA LIDERANDO (87% DAS AMOSTRAS).

**MICOTOXINAS EMERGENTES:** ESTUDOS DESTACAM NOVAS TOXINAS, PRINCIPALMENTE METABÓLITOS DO FUNGO *FUSARIUM*, COMO *FUSA PROLIFERINA*, *MONILIFORMINA*, *BEAUVERICINA* E *ENIATIASINAS*.

**ALTERNARIA:** O *ALTERNARIOL* É UMA MICOTOXINA EMERGENTE ASSOCIADA AO FUNGO *ALTERNARIA*.

**MUTAÇÕES E CLIMA:** ESPECIALISTAS INDICAM QUE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS ESTÃO DIRETAMENTE LIGADAS À MAIOR REPRODUÇÃO E MUTAÇÃO DE FUNGOS, TORNANDO O CONTROLE MAIS DESAFIADOR.

**RISCO NA AMÉRICA DO SUL:** APROXIMADAMENTE 76% DAS AMOSTRAS NA REGIÃO APRESENTAM RISCO DE CONTAMINAÇÃO.

**ESSAS MUTAÇÕES E A PRESENÇA DE MICOTOXINAS MODIFICADAS AUMENTAM O RISCO DE EFEITOS TÓXICOS CUMULATIVOS EM ANIMAIS E SERES HUMANOS, INCLUINDO DANOS HEPÁTICOS, RENAI E IMUNOSSUPRESSÃO.**

## CONTAMINAÇÕES GRÃOS E CEREAIS



Amaranto



Arroz



Cevada



Centeio



Sorgo



Quinoa



Trigo Sarraceno

→ **Fungos e Micotoxinas:** Sementes de amaranto podem ser contaminadas por fungos (como *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.*) durante o armazenamento ou após a colheita, que produzem micotoxinas, substâncias nocivas à saúde

→ **Arsênio e Bacillus Cereus:** A contaminação do arroz ocorre principalmente por **arsênio** (metal pesado natural do solo) ou **bactérias** (*Bacillus cereus*) devido ao armazenamento incorreto.

→ A contaminação em grãos de **cevada** (*Hordeum vulgare*) é um problema significativo, afetando tanto a produção agrícola quanto a qualidade de subprodutos, como a cerveja e rações animais. Os principais riscos incluem fungos, micotoxinas, contaminantes ambientais e resíduos químicos. **Contaminação Fúngica (Fusarium):** O gênero *Fusarium* é o mais predominante nos grãos de cevada, incluindo espécies como *F. poae* e *F. graminearum*.

→ As contaminações no **centeio** podem ser de natureza biológica (fungos e pragas) ou física/química (contaminação cruzada por glúten), sendo o fungo *Claviceps purpurea* o mais historicamente notório. O centeio é altamente suscetível ao **fungo Claviceps purpurea**, conhecido como esporão ou cravagem do centeio.

As contaminações no **sorgo** incluem doenças fúngicas (**antracnose, túsico, mofo**), pragas (pulgões) e contaminação por micotoxinas (**aflatoxinas, fumonisinas**) que reduzem produtividade e qualidade sanitária.

A **quinoa** pode apresentar contaminações por **saponinas** (amargor e irritação digestiva), **fitatos/oxalatos** (antinutrientes que impedem absorção de minerais).

**Antinutrientes:** Contém ácido fítico e oxalatos, que podem reduzir a absorção de cálcio, ferro e zinco, além de contribuir para a formação de cálculos renais. Fungos (como *Aspergillus* e *Penicillium*).

**Sorgo - Contaminação Industrial/Agrícola:** Pode haver contaminação por metais pesados, dioxinas, PCBs, micotoxinas e agrotóxicos (pesticidas) durante o cultivo ou armazenamento.



SOJA



Triticale



Milho



RAÇÕES PELETIZADAS



RAÇÕES

**SOJA** - A contaminação na cultura da soja engloba infecções **fúngicas** (ferrugem asiática, mancha alva, cercospora) que reduzem a produtividade, presença de agrotóxicos (**carbamatos, triazóis**), contaminação transgênica de lavouras orgânicas/convencionais e misturas indevidas em cargas de exportação, gerando riscos fitossanitários e econômicos.

**Rejeição Comercial:** A presença de fungos, micotoxinas ou resíduos agrotóxicos pode levar ao bloqueio de cargas.

**TRITICALE** -triticale (cereal híbrido de trigo e centeio) - Apesar de ser considerado um cereal rústico e resistente, o triticale é suscetível a fungos, especialmente em condições de alta umidade, que afetam a espiga e reduzem a qualidade dos grãos.

- **Giberela (*Fusarium spp.*):** É uma das principais doenças, causando grãos menores e infectados, que contêm micotoxinas (substâncias tóxicas) prejudiciais à saúde animal.
- **Brusone (*Pyricularia oryzae*):** Causa o branqueamento e a morte da espiga, resultando em grãos inviáveis.

**MILHO - Contaminação por Micotoxinas (Fungos) Resíduos de Agrotóxicos**

- **Fusarium (Giberela):** Os principais contaminantes do milho são **micotoxinas** (toxinas produzidas por fungos), resíduos de agrotóxicos e impurezas físicas, sendo as micotoxinas as mais perigosas para a saúde humana e animal. As infecções fúngicas, especialmente por *Fusarium* e *Aspergillus*, são favorecidas por calor e alta umidade, produzindo toxinas como aflatoxina, fumonisina e zearalenona,

**RAÇÕES PELETIZADAS** - Os principais riscos envolvem micotoxinas, patógenos bacterianos e contaminação física/química, muitas vezes potencializados por armazenamento inadequado na fazenda.

**Principais Riscos de Contaminação:**  
**Bacteriana (Salmonella e Enterobactérias)**

- **Micotoxinas:** Produzidas por fungos (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*) em grãos, podem causar queda de desempenho, danos hepáticos e distúrbios metabólicos. A aflatoxina B1, por exemplo, é altamente tóxica para bezerros. São Termoresistentes significando que o processo de extrusão não possa descontaminar.

- **Bacteriana (Salmonella e Enterobactérias)**  
**Salmonella spp:** Matérias-primas vegetais (farelo de soja, milho) e animais podem conter essa bactéria, que causa diarreias graves em bezerros.

A UTILIZAÇÃO DE ATENUANTES (TAMBÉM CONHECIDOS COMO ADSORVENTES OU SEQUESTRANTES) É A ESTRATÉGIA CONVENCIONAL MAIS COMUM PARA LIDAR COM A CONTAMINAÇÃO FÚNGICA NA AGROINDÚSTRIA. NO ENTANTO, A EFICIÊNCIA DESSES COMPOSTOS POSSUI LIMITES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS MUITO BEM DOCUMENTADOS, ESPECIALMENTE QUANDO SE EXIGE ALTA PERFORMANCE EM GRANDES VOLUMES OPERACIONAIS.

ABAIXO ESTÃO OS PRINCIPAIS LIMITES DE EFICIÊNCIA DOS ATENUANTES TRADICIONAIS NO TRATO DE MICOTOXINAS E ESPOROS.

### 1. O PARADOXO DA POLARIDADE E ESPECIFICIDADE

A LIMITAÇÃO MAIS CRÍTICA DOS ATENUANTES (COMO ARGILAS BENTONITAS, ZEÓLITAS E ALUMINOSSILICATOS) É A SUA DEPENDÊNCIA DA ESTRUTURA QUÍMICA DA TOXINA.

**ALTA EFICIÊNCIA (TOXINAS POLARES):\*\*** PARA A AFLATOXINA B1, QUE POSSUI ALTA POLARIDADE E UMA ESTRUTURA PLANAR, OS ATENUANTES INORGÂNICOS PODEM ALCANÇAR EFICIÊNCIAS DE ADSORÇÃO SUPERIORES A 90%.

**BAIXA EFICIÊNCIA (TOXINAS APOLARES):\*\*** PARA MICOTOXINAS DE MAIOR PESO MOLECULAR OU APOLARES — COMO DEOXINIVALENOL (DON), ZEARALENONA (ZEA) E FUMONISINAS —, A EFICIÊNCIA DESSES MESMOS ATENUANTES DESPENCA DRÁSTICAMENTE, MUITAS VEZES OPERANDO ABAIXO DE 20% A 30%. O USO DE PAREDES CELULARES DE LEVEDURAS (*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*) MELHORA A CAPTURA DE ZEA E DON, MAS RARAMENTE ATINGE A INATIVAÇÃO TOTAL.

### 2. A "CEGUEIRA" CONTRA ESPOROS FÚNGICOS

OS ATENUANTES SÃO PROJETADOS PARA INTERAGIR COM O METABÓLITO SECUNDÁRIO (A MICOTOXINA) E **\*\*NÃO TÊM AÇÃO SOBRE OS ESPOROS\*\***.

ADICIONAR UM SEQUESTRANTE A UM LOTE DE GRÃOS NÃO REDUZ A CARGA MICROBIANA. OS ESPOROS DE **\*ASPERGILLUS\***, **\*PENICILLIUM\*** OU **\*FUSARIUM\*** PERMANECEM VIÁVEIS NA SUPERFÍCIE DO CEREAL. SE O MATERIAL FOR ARMAZENADO OU PROCESSADO EM CONDIÇÕES FAVORÁVEIS DE UMIDADE E TEMPERATURA, OS ESPOROS GERMINARÃO, REINICIANDO A PRODUÇÃO DE NOVAS TOXINAS QUE PODEM SATURAR A CAPACIDADE DO ATENUANTE ADICIONADO.

### 3. SEQUESTRO NUTRICIONAL E IMPACTO SENSORIAL

EM ESCALAS INDUSTRIAIS, COMO NO PROCESSAMENTO DE LOTES DE 6.000 KG DE MILHO, TRIGO OU PELLETS DE RAÇÃO, A TENTATIVA DE COMPENSAR A BAIXA EFICIÊNCIA DOS ATENUANTES FREQUENTEMENTE ENVOLVE O AUMENTO DA DOSE NA FORMULAÇÃO.

**\*\*PERDA NUTRICIONAL:\*\*** DOSES ELEVADAS DE ADSORVENTES INORGÂNICOS COMEÇAM A SE LIGAR A MOLÉCULAS BENÉFICAS, **SEQUESTRANDO** VITAMINAS, MINERAIS (COMO ZINCO E MANGANÊS) E AMINOÁCIDOS, REDUZINDO O VALOR NUTRICIONAL DA MATRIZ.

**\*\*ALTERAÇÕES DE QUALIDADE:\*\*** ATENUANTES QUÍMICOS (COMO AMÔNIA, ÁCIDOS ORGÂNICOS OU AGENTES ALCALINOS FORTES) PODEM INDUZIR A OXIDAÇÃO LIPÍDICA E ALTERAR SEVERAMENTE O PERFIL SENSORIAL, AFETANDO O AROMA E O SABOR DE GRÃOS DESTINADOS À ALIMENTAÇÃO HUMANA OU ANIMAL DE ALTO VALOR.

### 4. REVERSIBILIDADE DA ADSORÇÃO NO TRATO GASTROINTESTINAL

A LIGAÇÃO ENTRE A MICOTOXINA E O ATENUANTE DEVE SER ESTÁVEL EM DIFERENTES FAIXAS DE PH. É COMUM QUE UM ADSORVENTE CAPTURE A TOXINA NO AMBIENTE ÁCIDO DO ESTÔMAGO (PH 2-3), MAS SOFRA DESSORÇÃO (LIBERAÇÃO DA TOXINA) AO ATINGIR O AMBIENTE ALCALINO DO INTESTINO (PH 6-7), ONDE A TOXINA É ENTÃO ABSORVIDA PELA CORRENTE SANGUÍNEA, ANULANDO O PROPÓSITO DO ATENUANTE.

ULTRAPASSANDO OS LIMITES: DA ADSORÇÃO PARA A DEGRADAÇÃO ATIVA

DEVIDO A ESSES LIMITES, A DEPENDÊNCIA EXCLUSIVA DE ATENUANTES APRESENTA GARGALOS LOGÍSTICOS E DE SEGURANÇA. PARA RESOLVER O PROBLEMA DE FORMA INTEGRADA — ELIMINANDO A VIABILIDADE DOS ESPOROS E DEGRADANDO UM ESPECTRO AMPLO DE MICOTOXINAS SEM CAUSAR DANOS TÉRMICOS OU PERDAS SENSORIAIS —, A ABORDAGEM PRECISA MUDAR DE **\*MITIGAÇÃO PASSIVA\*** PARA **\*DESCONTAMINAÇÃO ATIVA\***.

### PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS OFERECEM UMA VANTAGEM ESTRUTURAL AQUI.

**A APLICAÇÃO DE **\*\*PLASMA FRIO (DBD - DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE)\*\***, ESPECIALMENTE QUANDO ACOPLADA À AGITAÇÃO MECÂNICA DE UM LEITO FLUIDIZADO PARA GARANTIR CONTATO UNIFORME COM A SUPERFÍCIE DO GRÃO, ATACA O PROBLEMA EM DUAS FRENTES SIMULTÂNEAS:**

**1. **\*\*INATIVAÇÃO DE ESPOROS:\*\*** AS ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO E NITROGÊNIO (RONS), JUNTO COM A RADIAÇÃO UV GERADA PELO PLASMA, PERMEABILIZAM E ROMPEM AS ESPESSAS CAMADAS DE PROTEÇÃO DOS ESPOROS, INATIVANDO-OS EM MINUTOS.**

**. **\*\*CLIVAGEM DE MICOTOXINAS:\*\*** O BOMBARDEIO OXIDATIVO QUEBRA AS LIGAÇÕES DUPLAS E OS ANÉIS AROMÁTICOS DAS MICOTOXINAS (INCLUINDO AS APOLARES E DIFÍCEIS DE ADSORVER, COMO O DON E A ZEA), TRANSFORMANDO-AS EM COMPOSTOS NÃO TÓXICOS E DE BAIXO PESO MOLECULAR, DISPENSANDO A NECESSIDADE DE SOBRECARRREGAR A MATRIZ COM ADITIVOS INORGÂNICOS.**