

# Correlação Entre Massa Específica, Total de Avariados e Incidência de Fumonisinias em Amostras de Grãos de Milho

*Marcus Vinicius Rodrigues Matos<sup>1</sup>; Artur de Souza Mamedes<sup>2</sup>; Ezequiel Garcia de Souza<sup>3</sup>; Thaíne Teixeira da Silva<sup>4</sup>; Camila Alves Normando<sup>5</sup>; Maria Rita Nunes da Cruz<sup>6</sup>; Marco Aurélio Guerra Pimentel<sup>7</sup>*

---

## RESUMO

O trabalho tem como objetivo estabelecer uma relação entre características físicas, como a massa específica aparente e o total de grãos avariados, com a contaminação por fumonisinias em amostras de milho. A relação entre características físicas e teores de fumonisinias pode proporcionar um método para estimar o risco de contaminação por fumonisinias em lotes de milho. Para testar esta hipótese foram avaliadas 102 amostras de milho obtidas em três safras (35 na safra 2019/18, 24 na safra 2019/20 e 41 na safra 2021/22), no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo e em lavouras comerciais. As amostras foram avaliadas para determinar a massa específica aparente ( $\text{kg m}^{-3}$ ), o percentual de grãos avariados e os teores de fumonisinias totais ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ). O total de grãos avariados apresentou correlação negativa e significativa com a massa específica aparente, demonstrando tendência de redução da massa específica com o aumento do total de avariados. A massa específica aparente apresentou correlação negativa e significativa com o teor de fumonisinias totais, enquanto o total de avariados apresentou correlação oposta com os teores de fumonisinias. A partir dos resultados observados pode-se verificar uma tendência na relação entre as características físicas e a contaminação por fumonisinias em amostras de milho.

**Palavras-chave:** Armazenamento de grãos; micotoxinas; *Zea mays*; classificação de grãos; qualidade de grãos.

---

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>2</sup>Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup>Estudante de Doutorado em Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>5</sup>Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>6</sup>Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>7</sup>Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: marco.pimentel@embrapa.br

## INTRODUÇÃO

O processo de classificação e avaliação de parâmetros físicos dos grãos desempenham um papel crucial na análise de qualidade dos produtos agrícolas. Essas análises são essenciais para as fases de comercialização e pré-processamento, pois influenciam os preços de mercado e a identificação de produtos de qualidade (SOUZA, 2001; PARIZZI, 2014). A classificação de grãos e a medição de características físicas, como as diferentes classes de defeitos, impurezas e massa específica aparente, são procedimentos de baixo custo, realizados com equipamentos simples, facilitando sua execução nas atividades cotidianas das empresas, no momento da recepção e expedição dos grãos (DALPASQUALE, 2018; PIMENTEL, 2020).

A classificação do milho é regulamentada por normas oficiais que estabelecem padrões de classificação baseados em critérios como a qualidade física do produto. Isso influencia a definição de preços no mercado, permitindo uma negociação justa entre compradores e vendedores (SILVA et al., 2008; PARIZZI, 2014). Defeitos como grãos ardidos, fermentados, mofados e outros são avaliados durante o processo de classificação, sendo geralmente associados a contaminações fúngicas que podem resultar em problemas de qualidade e até mesmo na produção de micotoxinas prejudiciais à saúde humana e animal (ASCHERI & GERMANI, 2004; SILVA et al., 2015).

Entre as micotoxinas, as fumonisinas são particularmente preocupantes e são frequentemente associadas a fungos como *Fusarium verticillioides* e *F. proliferatum* (SILVA et al., 2015; PRESTES et al., 2019). A presença de micotoxinas afeta a qualidade dos grãos e seus derivados, sendo uma preocupação para processadores e consumidores, podendo também criar barreiras em mercados consumidores internacionais (MILANI & MALEKI, 2014; SILVA et al., 2015; PRESTES et al., 2019).

O desenvolvimento fúngico nos grãos de milho resulta em deterioração e impacta negativamente nas características nutricionais e físicas, incluindo a massa específica dos grãos (PEREIRA et al., 2008; BATISTA et al., 2023). A massa específica é uma propriedade que pode ser usada como uma ferramenta para estabelecer padrões de qualidade e guiar a comercialização. Ela é influenciada por vários fatores, incluindo a presença de grãos danificados e o teor de água (CORRÊA & SILVA, 2008).

O trabalho tem como objetivo estabelecer uma relação entre características físicas, como a massa específica aparente e o total de grãos avariados, com a contaminação por fumonisinas em amostras de milho. A hipótese testada é que amostras com baixa massa específica aparente e alta porcentagem de grãos avariados tendem a apresentar níveis elevados de fumonisinas (PEREIRA et al., 2008; BATISTA et al., 2023). O estabelecimento dessa relação pode proporcionar um método para estimar o risco de contaminação por fumonisinas em lotes de milho com base em avaliações físicas simples, contribuindo para a garantia da qualidade e segurança dos produtos agrícolas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de grãos de milho utilizadas nas avaliações qualitativas foram obtidas do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, e de lavouras comerciais de regiões produtoras no estado (BRASIL, 2009). Foram coletadas um total de 102 amostras, sendo 35 na safra 2019/18, 24 na safra 2019/20 e 41 na safra 2021/22. A coleta das amostras foi documentada em uma planilha eletrônica, registrando informações básicas, e as amostras foram homogeneizadas, quarteadas e reduzidas para uma amostra de trabalho de aproximadamente 1,0 kg. Essas amostras foram imediatamente submetidas a análises no laboratório de Grãos Armazenados da Embrapa Milho e Sorgo.

Inicialmente, as amostras de trabalho foram submetidas a avaliações de parâmetros qualitativos, incluindo a determinação do teor de água dos grãos em porcentagem e a obtenção do peso volumétrico (massa específica aparente) em  $\text{kg m}^{-3}$  (BRASIL, 2009). Além disso, foi realizada a classificação física dos grãos, seguindo o Regulamento Técnico do Milho estabelecido pelas Instruções Normativas número 60 de 2011 e número 18 de 2012 (BRASIL, 2011; BRASIL, 2012).

A determinação do conteúdo de água dos grãos foi feita pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C, durante 24 horas, utilizando amostras de cerca de 30 g. A massa específica aparente foi determinada por meio de um kit da marca Gehaka®, que possibilita a determinação do peso volumétrico dos grãos. Os resultados foram expressos em  $\text{kg m}^{-3}$ . A classificação física dos grãos envolveu a peneiração das amostras em peneiras de 5 mm e 3 mm, seguida da separação manual de matérias estranhas e impurezas retidas. Os grãos que passaram pela peneira de 5 mm e permaneceram na de 3 mm foram classificados como grãos quebrados, enquanto os que permaneceram na peneira de 5 mm foram considerados grãos normais.

Os defeitos dos grãos foram classificados de acordo com o Regulamento Técnico do Milho, incluindo categorias como grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados, mofados e carunchados. O peso dos defeitos foi registrado e transformado em porcentagem para posterior enquadramento em tipo (BRASIL, 2011; BRASIL, 2012).

As classes de defeitos foram agrupadas considerando o total de grãos avariados, somando as categorias de defeitos mencionadas. Para avaliar a correlação entre a qualidade dos grãos e os demais parâmetros qualitativos, foram quantificados os teores de fumonisinas totais (B1+B2) em todas as amostras de milho coletadas em cada safra. As análises de fumonisinas totais foram realizadas por um laboratório externo à Embrapa, utilizando cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (LCMS/MS), com os resultados expressos em microgramas ( $\mu\text{g}$ ) de fumonisinas totais por quilograma ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ ).

Os dados de massa específica aparente, total de grãos avariados e teores de fumonisinas totais das 102 amostras avaliadas foram submetidos a análises de correlação, além das medidas de dispersão e posição, incluindo médias, máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação para cada parâmetro qualitativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros qualitativos avaliados, total de avariados, massa específica aparente e os teores de fumonisinas totais nas amostras coletas nas três safras apresentaram variação significativa (Tabela 1). O percentual total de grãos avariados variou de 0,11 a 9,92% nas amostras, com média de 2,77% (Tabela 1). O total de grãos avariados apresenta correlação negativa e significativa com a massa específica aparente, ou seja, há tendência de redução da massa específica com o aumento do total de avariados. Tendência oposta é observada na correlação com os teores de fumonisinas, que é positiva e significativa, aumentando a contaminação pelas micotoxinas com o aumento do percentual de avariados nas amostras (Tabela 2). Os dados de grãos avariados foram agrupados em quatro classes distintas, com maior percentual (48,04%) na classe entre 1 e 4% de avariados, seguido pelas amostras com até 1% de avariados que compreendem 27,45% (Tabela 3).

A massa específica aparente das amostras de grãos de milho apresentou variação entre 647,82 e 809,00 kg m<sup>-3</sup>, com média de 754,45 kg m<sup>-3</sup> (Tabela 1). A massa específica aparente apresenta correlação negativa e significativa com o teor de fumonisinas totais, dessa forma, amostras com teores elevados de fumonisinas totais (>5.000 µg kg<sup>-1</sup>) tendem a apresentar menor massa específica aparente quando comparadas as amostras com teores baixos de fumonisinas (<1.000 µg kg<sup>-1</sup>) (Tabela 2). Os dados de massa específica foram agrupados em três classes distintas, com maior percentual de amostras (41,18%) na classe entre 750,1 e 790,0 kg m<sup>-3</sup>, tendo na sequência o conjunto de amostras com até 750,0 kg m<sup>-3</sup>, com 39,22% das amostras (Tabela 3).

As amostras analisadas quanto aos teores de fumonisinas apresentaram ampla variação, com teores entre 125 e 23.400 µg kg<sup>-1</sup>, e média entre as amostras de 4.779,49 µg kg<sup>-1</sup> (Tabela 1). Os dados de teores de fumonisinas apresentaram correlação significativa com as características físicas estudadas, indicando uma tendência de alta contaminação em amostras com baixa massa específica aparente e alto percentual de avariados (Tabela 2). Esta tendência também foi observada por PEREIRA et al. (2008) em amostras de grãos de milho, que apresentavam peso volumétrico abaixo de 650 kg m<sup>-3</sup>, e teores elevados de micotoxinas e ergosterol, além de menores níveis de energia. O estudo precisa ser ampliado, com maior número de amostras para ampliar a confiabilidade das correlações observadas, e até mesmo utilizar os dados para o desenvolvimento de sistemas que estimem o risco de contaminação por fumonisinas em amostras de milho.

Os resultados observados neste estudo demonstram a importância da avaliação das características físicas dos grãos de milho, como a massa específica aparente e o total de grãos avariados, que são dois parâmetros que demandam protocolos analíticos e equipamentos simples para sua determinação (ASCHERI & GERMANI, 2004; BATISTA, 2023). A partir dos resultados observados pode-se verificar uma tendência na relação entre as características físicas e a contaminação por fumonisinas em amostras de milho. No entanto, é importante salientar que a análise de risco perante a avaliação das características físicas dos grãos de milho não substitui as análises de referência para micotoxinas, principalmente via cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas.

**Tabela 1.** Medidas de posição e estatística descritiva dos parâmetros total de grãos avariados, massa específica aparente e fumonisinas totais em amostras de milho coletadas em três safras.

<b>Medidas de Posição</b>	<b>Total de Grãos Avariados (%)</b>	<b>Massa Específica Aparente (kg m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Fumonisinas Totais (µg kg<sup>-1</sup>)</b>
Média	2,77	754,45	4779,49
Erro padrão	0,24	4,54	564,25
Mediana	1,97	765,00	2158,91
Desvio padrão	2,40	45,82	5698,69
Variância da amostra	5,74	2099,59	32475052,52
Mínimo	0,11	647,82	125,00
Máximo	9,92	809,00	23400,00
Contagem	102	102	102
C.V. (%)	86,47	6,07	119,23

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis total de avariados, massa específica aparente e fumonisinas totais das amostras de milho coletadas em três safras.

<b>Variáveis</b>	<b>Total de Grãos Avariados</b>	<b>Massa Específica Aparente</b>	<b>Fumonisinas Totais</b>
<i>Total de Grãos Avariados</i>	1		
<i>Massa Específica Aparente</i>	-0,7510*	1	
<i>Teores de Fumonisinas Totais</i>	0,8688*	-0,8008*	1

\*significativo a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Frequência relativa de ocorrência nas diferentes classes para total de avariados, massa específica aparente e teores de fumonisinas totais das amostras de milho analisadas.

<b>Total de Grãos Avariados (%)</b>		<b>Massa Específica Aparente (kg m<sup>-3</sup>)</b>		<b>Fumonisinas Totais (µg kg<sup>-1</sup>)</b>	
Classes	Frequência (%)	Classes	Frequência (%)	Classes	Frequência (%)
Até 1,0	27,45	Até 750,0	39,22	Até 1.000	28,43
De 1,01 a 4,0	48,04	De 750,1 a 790,0	41,18	De 1.001 a 5.000	42,16
De 4,01 a 6,0	12,75	De 790,1 a 820,0	19,60	De 5.001 a 20.000	26,47
De 6,01 a 10,0	11,76	-	-	De 20.001 a 25.000	2,94

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, L. F.; VIANA, E. F.; ARNHOLD, E.; CAFÉ, M. B.; LEITE, C. D. S.; STRINGHINI, J. H. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de grãos de milho com diferentes densidades específicas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, e-74343P. 2023.

CORRÊA, P. C.; SILVA, J. de S. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. de S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. p. 19-36.

DALPASQUALE, V. A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: IBG, 2018. p. 149-184.

MILANI, J.; MALEKI, G. Effects of processing on mycotoxin stability in cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 2372-2375. 2014.

PARIZZI, F, C, O processo de classificação e a legislação para a comercialização de grãos, In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 6., 2014, Maringá, **Anais**, Londrina: ABRAPOS, 2014, p, 36-41,

PEREIRA, C.E.; TYSKA, D.; MARTINS, A.C.; BUTZEN, F.M.; MALLMANN, A.O.; MALLMANN, C.A. Peso específico do milho e sua relação com ergosterol, micotoxinas e energia. **Revista Ciências da Vida**, v. 28, p. 186–188. 2008.

PIMENTEL, M. A. G. **Qualidade e classificação de grãos de milho colhidos e armazenados nas safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 219).

PRESTES, I.D.; ROCHA, L.O.; NUÑEZ, K.V.M; SILVA, N.C.C. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559-570. 2019.

SILVA, D. D. da; COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; LANZA, F. E.; GUIMARAES, E. A. **Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 193).

SILVA, J, de S,; PARIZZI, F, C,; NOGUEIRA, R, M,; SOBRINHO, J, C, Beneficiamento de grãos, In: SILVA, J, de S, **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008, p, 325-341,

SOUZA, I, S, F, **Classificação e padronização de produtos com ênfase na agropecuária: uma análise histórico conceitual**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001, 120 p,

ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R. **Protocolo de qualidade de milho**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2004. 23 p. (Embrapa Agroindústria de Alimentos. Documentos, 59).