

# Combinação de separação física por densidade e uso de inseticidas protetores na qualidade do milho durante a armazenagem

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

---

## RESUMO

A conservação de grãos durante o armazenamento é crucial para evitar prejuízos financeiros e manter a qualidade dos grãos. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da combinação do uso de inseticidas protetores e da separação de grãos por densidade na manutenção da qualidade dos grãos de milho durante o armazenamento. Grãos de milho de um lote homogêneo foram beneficiados por meio de uma mesa densimétrica, separados em três tipos (bicas) e tratados com três tipos de inseticidas protetores, perfazendo oito tratamentos distintos. Os grãos foram armazenados em condição ambiente e avaliados regularmente a cada 30 dias, ao longo de um período total de 361 dias, resultando em 11 amostragens. Nas amostras foram mensurados o conteúdo de água, massa específica aparente e os percentuais de carunchados e total de grãos avariados. A partir dos resultados é possível inferir que a combinação do uso de inseticidas protetores e da separação de grãos por densidade apresentaram efeito significativo nos parâmetros qualitativos avaliados ao longo de um período de armazenamento. Os tratamentos sem aplicação de inseticidas protetores e associação com separação de grãos defeituosos apresentaram maiores proporções de grãos carunchados, total de avariados e menor massa específica aparente.

**Palavras-chave:** *Zea mays*; Armazenamento; Perdas; Classificação de grãos; Características físicas.

---

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

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

<sup>3</sup>Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João Del Rey (UFSJ), Sete Lagoas, MG.

<sup>4</sup>Estudante de Doutorado em Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG.

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

<sup>6</sup>Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: marco.pimentel@embrapa.br

## INTRODUÇÃO

A preservação da qualidade dos grãos durante a armazenagem visa evitar prejuízos financeiros para produtores e empresas envolvidas na comercialização e processamento de grãos. Diversos fatores devem ser considerados para a manutenção da qualidade dos grãos, incluindo o controle de contaminantes biológicos, químicos, físicos, teor de umidade dos grãos, limpeza das instalações e dos produtos, além do monitoramento durante o armazenamento (DALPASQUALE, 2018; LORINI, 2018). A infestação por insetos-praga, fungos, grãos danificados, impurezas e umidade pode acarretar desvalorização dos produtos e representar barreiras comerciais, gerando perdas econômicas e prejudicando a imagem do país no mercado agrícola (LORINI, 2018; PIMENTEL et al., 2019). Além das implicações econômicas, esses agentes afetam a qualidade nutricional e a disponibilidade dos produtos para a comercialização, levando à insegurança alimentar.

A proteção dos grãos de milho durante o armazenamento é crucial para prevenir perdas causadas pelo ataque de insetos-praga. Estudos indicam perdas de peso de até 18,3% na massa específica de grãos de sorgo e até 17,0% em grãos de milho após 70 dias de armazenamento, causadas pelo caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae), que é uma das principais espécies que atacam os grãos (PIMENTEL et al., 2018; 2019). A forma de controle mais empregada para manejo dos insetos é o uso de inseticidas protetores e o tratamento curativo com fosfina. Entretanto, a resistência a esses inseticidas tem sido observada, e os problemas com resíduos acima dos limites tolerados também são preocupantes (LORINI et al., 2007; PIMENTEL et al., 2008; 2020).

Considerando as premissas do Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados (MIP-Grãos), a associação de medidas de controle deve ser recomendada, visando a otimização e sucesso no controle de insetos-praga em grãos armazenados (LORINI, 2018). O uso de inseticidas na proteção dos grãos, aliado as práticas de beneficiamento e pré-processamento visam assegurar a qualidade física e química, com a exclusão de grãos defeituosos por meio de máquinas, como as mesas densimétricas, que beneficiam o produto antes de seu processamento final nas indústrias ou antes de períodos prolongados de armazenagem (DALPASQUALE, 2018; PEREIRA et al., 2008).

Considerando as premissas do MIP-Grãos este trabalho testou a hipótese de que a combinação do uso de inseticidas protetores com o beneficiamento dos grãos, por mesa densimétrica, contribui para manter a qualidade dos grãos de milho armazenados por períodos prolongados.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da combinação do uso de inseticidas protetores e da separação de grãos por densidade na manutenção da qualidade dos grãos de milho durante o armazenamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental e no laboratório de Grãos Armazenados da Embrapa Milho e Sorgo, localizados em Sete Lagoas-MG. O experimento

foi conduzido ao longo de 361 dias, no período compreendido entre 17 de dezembro de 2020 a 13 de dezembro de 2021. Foi utilizado um lote homogêneo de grãos de milho provenientes do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, totalizando 460 kg. O lote foi dividido em dois sub-lotes de cerca de 230 kg, que passaram por beneficiamento em uma mesa densimétrica da marca CASP, modelo S-25. A mesa tem fluxo de ar por insuflação e capacidade nominal de 1,25 ton h<sup>-1</sup>, sendo mantidas três saídas (bicas) separando os grãos em três frações com base na densidade: a primeira fração continha os grãos e partículas mais leves (bica 1), a saída central continha grãos com massa específica média (bica 2) e a última saída continha os grãos mais densos (bica 3).

Os grãos de cada fração foram homogeneizados em proporções iguais e acondicionados em sacarias com 25 kg de grãos, que constituíam as unidades experimentais. A massa de grãos foi expurgada, antes da aplicação dos tratamentos, para eliminar possíveis infestações e fases jovens de insetos, que poderiam estar presentes no produto colhido. Posteriormente ao beneficiamento, os grãos foram submetidos a oito tratamentos, sendo: T1 - Grãos sem beneficiamento e sem controle químico (controle); T2 - Grãos sem beneficiamento e com inseticida Actellic; T3 - Grãos densos e sem controle químico; T4 - Grãos densos e com inseticida Actellic; T5 - Grãos densos e com inseticida Keepdry; T6 - Grãos densos e com inseticida Starion; T7 - Grãos leves e sem controle químico; e T8 - Grãos leves e com inseticida Actellic.

Foram utilizados três inseticidas, sendo um piretróide (Starion® 25 CE), um organofosforado (Actellic® 500 EC) e um pó inerte inorgânico à base de terra de diatomáceas (Keepdry®). As dosagens recomendadas pelos fabricantes foram aplicadas aos grãos, utilizando atomizador manual com vazão de calda de 20,7 L h<sup>-1</sup>, a uma altura de 20 cm da massa de grãos. Após o acondicionamento dos grãos de cada tratamento nas sacarias foi realizado sorteio das parcelas, que foram distribuídas sobre estrados de madeira, em um galpão sem controle climático.

As avaliações qualitativas dos grãos em cada tratamento foram realizadas a cada 30 dias, por meio de amostragem de grãos nas sacarias, realizada por meio de um calador de gavetas (1,0 m). A cada amostragem foram avaliados o conteúdo de água (%) e a massa específica aparente (kg m<sup>-3</sup>), conforme descrito nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). As amostras também foram classificadas, seguindo as diretrizes da Instrução Normativa n° 60 (BRASIL, 2011; 2012). Na classificação, foram identificadas as diferentes classes de defeitos, incluindo grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados, cuja soma correspondeu ao percentual total de grãos avariados. Foram quantificados ainda os percentuais de grãos quebrados, matérias estranhas, impurezas e carunchados (BRASIL, 2011; 2012). O experimento foi conduzido em um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com um esquema fatorial 8x2x12, sendo 8 tratamentos, 2 repetições (dois lotes beneficiados) e 12 coletas de amostras ao longo do período de armazenamento. Os dados coletados de grãos carunchados (CAR), total de avariados (TAV), massa específica aparente (MEA) e conteúdo de água (CA) foram submetidos a análises de variância e correlação de Pearson (r) (p<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros qualitativos avaliados, grãos carunchados (CAR), total de avariados (TAV), massa específica aparente (MEA) e conteúdo de água (CA) variaram significativamente em função dos tratamentos, período de armazenamento e da interação entre estas duas fontes de variação (Tabela 1).

O percentual de grãos carunchados apresentou tendência de aumento ao longo do tempo de armazenamento, com diferenças significativas entre os tratamentos e correlação positiva significativa (Tabelas 1 e 2). Nos tratamentos 1, 3 e 7, sem aplicação de inseticidas mostraram maiores porcentagens de grãos carunchados com o aumento do período de armazenamento, destacando a importância do beneficiamento e do uso de um agente de controle de insetos para evitar danos aos grãos. O incremento dos grãos carunchados apresentou correlação positiva e significativa com o total de avariados e relação contrária, correlação negativa, com a massa específica aparente e com o conteúdo de água (Tabela 2).

O percentual total de grãos avariados aumentou ao longo do tempo de armazenamento, especialmente nos tratamentos sem uso de inseticidas e sem beneficiamento (tratamentos 1 e 7) (Tabela 2). A análise de correlação demonstra esta tendência, onde observa-se correlação positiva e significativa com o percentual de carunchados e com o período de armazenamento (Tabela 2). Os tratamentos que envolveram beneficiamento e aplicação de inseticidas apresentaram menor porcentagem de grãos avariados, indicando que essas práticas são eficazes na redução da proliferação de insetos que causam danos aos grãos.

A massa específica aparente dos grãos de milho também variou significativamente ao longo do tempo de armazenamento e em resposta aos diferentes tratamentos (Tabela 1). Houve uma tendência de redução da massa específica aparente com o tempo de armazenamento, apesar da correlação entre os parâmetros não ter sido significativa (Tabela 2). Este resultado pode ser explicado pelas diferenças entre os tratamentos e a perda de massa natural dos grãos ao longo do período de armazenamento. A correlação com massa específica aparente e conteúdo de água foi negativa e significativa, demonstrando que o aumento do total de avariados, compromete estes parâmetros qualitativos, ao longo do período de armazenamento (Tabela 2). No entanto, os tratamentos que envolveram beneficiamento e a aplicação de inseticidas protetores, como os grãos densos tratados com inseticida, mostraram uma maior estabilidade na massa específica aparente. Isso sugere que essas práticas podem contribuir para a preservação da massa específica e consequentemente da qualidade dos grãos durante o armazenamento (Tabela 2).

O conteúdo de água nos grãos de milho apresentou variação significativas ao longo do período de armazenamento e em função dos tratamentos e da interação entre estes fatores (Tabela 1). Observou-se uma tendência de redução do conteúdo de água com o aumento do tempo de armazenamento, o que é consistente com o equilíbrio higroscópico entre os grãos e as condições ambientais do local de armazenamento (Tabela 2). As condições ambientais no período de armazenamento do experimento (dezembro/2020 a dezembro/2021) apresentaram temperaturas médias máxima de 24,9 °C (setembro/2021) e média mínima de 15,1 °C (julho/2021). Já a umidade relativa do ar teve a média máxima de 79,7% em fevereiro de 2021, e a média mínima de 68,3% em outubro de 2021.

O tratamento onde os grãos foram tratados com o inseticida a base de terra de diatomáceas, apresentou redução significativa no conteúdo de água e da massa específica aparente. Isso pode estar relacionado à capacidade do inseticida de ter uma ação dessecante reduzindo a umidade e o escoamento normal dos grãos (PIMENTEL et al., 2019).

Os resultados observados neste estudo demonstram a importância do beneficiamento e da aplicação de um agente de controle de insetos, como os inseticidas protetores, na preservação da qualidade dos grãos de milho durante o armazenamento por períodos prolongados. As variações nos parâmetros avaliados ao longo do tempo e em resposta aos tratamentos destacam a complexidade das interações que ocorrem durante o processo de armazenamento de grãos. Resultados semelhantes foram observados por Pereira et al. (2008), em amostras de grãos de milho com peso volumétrico abaixo de  $650 \text{ kg m}^{-3}$ , que apresentavam maiores níveis de micotoxinas e ergosterol, além de menores níveis de energia. Caneppele et al. (2003) verificaram que a presença de *S. zeamais* apresentou correlação positiva com a perda de peso em grãos de milho, o que significa que as infestações internas e externas contribuem para a redução de qualidade fisiológica e física de sementes de milho, quando não há uso de alguma ferramenta de controle, como os inseticidas protetores.

A partir dos resultados observados, é possível inferir que a combinação do uso de inseticidas protetores e da separação de grãos por densidade apresentaram efeito significativo nos parâmetros qualitativos avaliados ao longo de um período prolongado de armazenamento. Nos tratamentos sem aplicação de inseticidas protetores (1, 3 e 7) e associação com separação de grãos defeituosos (1 e 7) mostraram maiores proporções de grãos carunchados, total de avariados e com menor massa específica aparente.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância dos parâmetros grãos carunchados (CAR), total de grãos avariados (TAV), conteúdo de água (CA) e massa específica aparente (MEA) dos grãos de milho nos oito tratamentos ao longo do período de armazenamento de 361 dias.

Fontes de variação	g.l.	Quadrados médios			
		CAR	TAV	CA	MEA
Tratamentos (T)	7	71,06*	12,87*	3,12*	15532,08*
Período de armazenamento (PA)	11	12,59*	4,38*	8,07*	658,89*
T x PA	77	7,88*	0,45*	0,15*	195,07*
CV (%)		191,26	14,77	2,38	1,04

n.s. Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. \* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis massa específica aparente (MEA), conteúdo de água (CA), carunchados (CAR) e total de avariados (TAV) de grãos de milho nos oito tratamentos ao longo do período de armazenamento (PA) de 361 dias.

Variáveis	PA	MEA	CA	CAR	TAV
PA	1				
MEA	-0,1026 <sup>n.s.</sup>	1			
CA	-0,7011*	0,3904*	1		
CAR	0,2672*	-0,4415*	-0,2316*	1	
TAV	0,2437*	-0,3572*	-0,2161*	0,2703*	1

<sup>n.s.</sup> Não significativo a 5% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. **Estabelece o Regulamento Técnico do Milho**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 246, 23 dez. 2011. Seção 1, p. 3-5a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 18, de 4 de julho de 2012. **Altera os incisos IV e VI do art. 25 e o art. 31, todos da Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 129, 5 jul. 2012. Seção 1, p. 10.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399 p.

CANEPPELE, M. A. B.; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F. A.; LAZZARI, S. M. N. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47(4), p. 625-630. 2003.

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.

LORINI, I. Manejo integrado de pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: IBG, 2018. p. 659-692.

LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). **Pest Management Science**, v. 63, n. 4, p. 358-364, 2007.

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.; FARONI, L. R. D'A.; BATISTA, M. D.; SILVA, F. H. Resistance of stored-product insects to phosphine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p.1671-1676,2008.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; MENEZES, C. B. de; OLIVEIRA, I. R. de; RAMOS, G. C. P.; FERNANDES, D. K. S. **Escolher o híbrido certo ajuda a controlar o caruncho nos grãos de sorgo?** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 172).

PIMENTEL, M. A. G.; OLIVEIRA, I. R. de.; NORMANDO, C. A.; OLIVEIRA, C. L. de. **Inseticidas recomendados, limites de resíduos e indicações técnicas para aplicação no controle de pragas durante o armazenamento de grãos de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 267. 2020.

PIMENTEL, M. A. G.; OLIVEIRA, I. R. de; MATRANGOLO, W. J. R.; FERNANDES, D. K. S.; RAMOS, G. C. P. **Eficiência de inseticidas alternativos para controle do caruncho-do-milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 186).