



Recomendações para a Proteção Pós-Colheita de Grãos e Sementes de Milho Orgânico com Pós Inertes e Embalagens Herméticas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
253**

**Recomendações para a Proteção Pós-Colheita
de Grãos e Sementes de Milho Orgânico com
Pós Inertes e Embalagens Herméticas**

*Marco Aurélio Guerra Pimentel
Marcus Vinicius Rodrigues Matos
Artur de Souza Mamedes
Ezequiel Garcia de Souza
Thaine Teixeira da Silva
Alexandre Martins Abdão dos Passos
Mônica Matoso Campanha*

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2023

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424, Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

Tratamento das ilustrações
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa
Marco Aurélio Guerra Pimentel

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Recomendações para a proteção pós-colheita de grãos e sementes de milho orgânico com pós inertes e embalagens herméticas / Marco Aurélio Guerra Pimentel... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2023.

PDF (27 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 253).

1. *Zea mays*. 2. Grão. 3. Armazenamento. 4. Produção orgânica. I. Pimentel, Marco Aurélio Guerra. II. Matos, Marcus Vinícius Rodrigues. III. Mamedes, Artur de Souza. IV. Souza, Ezequiel Garcia de. V. Silva, Thaine Teixeira da. VI. Passos, Alexandre Martins Abdão dos. VII. Campanha, Mônica Matoso. VIII. Série.

CDD (21.ed.) 633.15

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões.....	23
Referências.....	24

Recomendações para a Proteção Pós-Colheita de Grãos e Sementes de Milho Orgânico com Pós Inertes e Embalagens Herméticas

Marco Aurélio Guerra Pimentel¹

Marcus Vinicius Rodrigues Matos²

Artur de Souza Mamedes³

Ezequiel Garcia de Souza⁴

Thaíne Teixeira da Silva⁵

Alexandre Martins Abdão dos Passos⁶

Mônica Matoso Campanha⁷

Resumo — O armazenamento de grãos de milho enfrenta desafios, por causa da ação de agentes bióticos e abióticos, que causam perdas econômicas. Sistemas de armazenamento adequados para menores escalas de produção, como na agricultura familiar e demais nichos específicos, podem manter a qualidade dos grãos por períodos prolongados. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de métodos alternativos de armazenamento de grãos, incorporando embalagens plásticas e inseticidas de baixo impacto, focando na conservação e na qualidade dos grãos. Grãos de milho foram submetidos a cinco tratamentos, incluindo sacos de rafia, com revestimento de sacos de ensilagem, associados ou não com terra de diatomáceas, e tambores plásticos. Os grãos foram armazenados por 230 dias, e amostras foram coletadas a cada 45 dias, para avaliação de parâmetros qualitativos,

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG;

² Estudante de Engenharia-agronômica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG;

³ Estudante de Engenharia-agronômica, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG;

⁴ Estudante de Doutorado em Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG;

⁵ Engenheira-agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas, MG;

⁶ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG;

⁷ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

como umidade, massa específica aparente e classificação. Os sistemas herméticos, como sacos plásticos e tambores, além dos tratamentos com uso de terra de diatomáceas, mostraram ser soluções viáveis para armazenagem de pequena escala, mantendo os padrões aceitáveis de qualidade ao longo do período de armazenamento.

Termos para indexação: *Zea mays*, agricultura orgânica, classificação de grãos, carunchados, armazenamento de grãos.

Recommendations for Post-Harvest Protection of Organic Maize Grains and Seeds with Inert Powders and Hermetic Packaging

Abstract — Maize grain storage faces challenges due to the action of biotic and abiotic agents, causing economic losses. Storage systems adapted to smaller production scales, such as family farming and other specific niches, can maintain grain quality for extended periods. This study aims to evaluate the efficiency of alternative grain storage methods, incorporating plastic packaging and low-impact insecticides, focusing on grain conservation and quality. Maize grains underwent five treatments, including raffia bags, with a lining of silage bags, associated or not with diatomaceous earth, and plastic vats. The grains were stored for 230 days and samples were collected every 45 days for the evaluation of qualitative parameters, such as moisture, apparent density, and grading. Hermetic systems, such as plastic bags and vats, in addition to treatments with the use of diatomaceous earth, showed to be viable solutions for small-scale storage. Those should maintain acceptable quality standards throughout the storage period.

Index terms: *Zea mays*, organic production, grain classification, insect-damaged kernels, grain storage.

Introdução

A produção nacional de milho vem registrando aumentos sucessivos nas últimas safras, com recordes históricos, alcançando 154,6 milhões de toneladas na atual safra 2022/2023, o que corresponde a 23,1% ou 29 milhões de toneladas acima da ocorrida no ciclo passado, de acordo com estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2023). No cenário nacional de produção de milho, a agricultura orgânica correspondeu a aproximadamente 32 mil toneladas de milho na safra 2021/2022 (CI Orgânicos, 2021; Organics, 2023), o que representa por volta de 0,02% da produção nacional total de milho.

O mercado de grãos orgânicos tem tendência de aumento, com prêmios de até 30% sobre os preços da soja e do milho não orgânicos e demanda crescente da cadeia de proteína animal orgânica, em que só a cadeia de ovos orgânicos representa 0,30% da produção de proteína no Brasil atualmente (CI Orgânicos, 2022). Esses dados são um estímulo para a atividade, com o mercado demonstrando cenários favoráveis ao produtor de grãos orgânicos. No entanto, junto ao aumento da produção observa-se aumento das exigências dos consumidores por qualidade, o que gera maior atenção não só às práticas agrícolas de produção, mas também às práticas de pós-colheita e pré-processamento, visando a atender ao mercado orgânico (Seixas, 2020; CI Orgânicos, 2022).

Os desafios enfrentados na armazenagem de grãos de milho são acentuados pela presença de insetos-praga, fungos, grãos defeituosos, impurezas e excesso de umidade dos grãos. Esses fatores podem resultar em perdas substanciais, deterioração e prejuízos econômicos aos produtores e às empresas que armazenam grãos (Caneppele et al., 2003; Lorini, 2018; Pimentel et al., 2020). A associação entre o adequado emprego de técnicas de controle desses agentes e os sistemas de armazenagem disponíveis aos produtores pode promover a manutenção da qualidade dos grãos, reduzindo perdas qualitativas e consequentes prejuízos financeiros na armazenagem em longos períodos (Silva et al., 2008; Antunes et al., 2011; Dalpasquale, 2018).

As estruturas de armazenagem de grãos em grande escala desempenham papel crucial no abastecimento e na conservação de produtos agrícolas.

No entanto, são estruturas que demandam grande investimento e que invariavelmente estão indisponíveis a produtores de pequeno e médio porte, como na agricultura familiar, ou de nichos de produção específicos, como agricultura orgânica e modelos de transição agroecológica (Martins et al., 2018).

A escolha do sistema de armazenagem deve considerar a produção, os recursos disponíveis e os aspectos técnicos para assegurar eficiente conservação dos grãos (Silva et al., 2008). Nesse sentido, sistemas com menor custo e maior eficiência na manutenção da qualidade dos grãos são uma necessidade recorrente do público de pequeno e médio porte (Baoua et al., 2012; Martins et al., 2018). A agricultura familiar tem grande importância na produção agrícola, pois responde por aproximadamente 70% da produção nacional de alimentos e por 47% do Valor Bruto da Produção (VBP) (França et al., 2009). Apesar da grande importância da agricultura familiar, a produção de grãos nesse segmento ainda é pequena, em relação ao montante total da produção de grãos. No entanto, o setor familiar não é menos importante. Produções de grãos como soja, feijão e milho são as atividades em que a agricultura familiar tem menor participação. Na soja, a participação na produção total é de 9,0%; em feijão e milho, 12,0% cada. Essa baixa parcela pode ser devida às economias de escala e à tecnologia, que são dois atributos relevantes na produção moderna. Isso tende a isolar os estabelecimentos com menor escala de produção (Brasil, 2022).

Apesar da baixa participação na produção geral de grãos, nesse segmento da agricultura familiar, a venda de excedentes de grãos é pequena, sendo que a maior parte da produção é consumida na propriedade, basicamente na alimentação humana e animal. De acordo com Albernaz et al. (2010), por volta de 84% dos agricultores familiares da região Central de Minas Gerais cultivam o milho para ser consumido na propriedade, principalmente para alimentação animal, pois 80% dos produtores trabalham com bovinocultura de leite e corte, em que a ração concentrada é produzida com base nesse cereal, para suplementação na época seca. A venda da produção é mínima, sendo realizada por apenas 16% dos agricultores, preferencialmente para o mercado local.

Sistemas simples e econômicos são escolhas para pequenos agricultores lidarem com o armazenamento em menor escala, seja na produção orgânica,

familiar ou nos sistemas de transição agroecológica (García-Lara et al., 2020). O armazenamento hermético, que restringe trocas gasosas, umidade e insetos, emerge como opção eficaz. Esses sistemas incluem diferentes materiais de baixo custo e amplamente difundidos nos mercados locais, como os sacos de polietileno, utilizados na ensilagem de milho, sacarias de rafia e terra de diatomáceas, além de tambores plásticos (Costa et al., 2010; Baoua et al., 2012; García-Lara et al., 2020). Essas soluções acessíveis e de baixo custo usam materiais de fácil acesso, atendendo eficazmente ao controle da deterioração dos grãos durante longos períodos.

Nesse sentido, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de métodos alternativos de armazenamento de grãos, incorporando embalagens plásticas e inseticidas de baixo impacto, focando na conservação e na qualidade dos grãos, visando ao público de produtores que tem necessidade de armazenagem de pequenos volumes de grãos para consumo na propriedade. Assim, busca-se contribuir para o avanço do conhecimento no campo do armazenamento de grãos, propondo soluções inovadoras e eficazes para a proteção de grãos de milho produzidos em sistemas orgânicos de produção, de agricultura familiar e transição agroecológica, com o intuito de minimizar perdas e garantir a qualidade dos produtos para o consumo humano e animal. Dessa forma, esta publicação aborda temas com maior aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, mais especificamente ODS 2–“Fome Zero e Agricultura Sustentável” e ODS 12– “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”. No ODS 2, a publicação pode contribuir com a meta 2.4: “Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo”. Já no ODS 12, a publicação pode contribuir com a meta 12.3: “Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita”.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, MG, nas instalações do Campo Experimental e no Laboratório de Grãos Armazenados. O experimento foi conduzido por um período de 230 dias, compreendido entre 24 de maio de 2022 e 9 de janeiro de 2023. Para a condução dos experimentos, utilizou-se um lote homogêneo de grãos de milho provenientes de produção convencional no Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, totalizando uma massa de 1.204,6 kg. Esse lote foi submetido ao processo de limpeza e separação de grãos quebrados, utilizando-se uma máquina padronizadora, modelo PFA, da marca Pinhalense (Figura 1). A máquina estava equipada com quatro peneiras retangulares (20, 22, 24 e 26), o que correspondia a quatro bicas de saída, além de uma saída destinada a impurezas, matérias estranhas e quebrados, que totalizaram 204,6 kg da massa total. Após o processo de limpeza, os grãos de cada fração das diferentes peneiras foram homogeneizados em proporções iguais e acondicionados em sacarias com aproximadamente 50 kg de grãos, que constituíam as unidades experimentais utilizadas nos ensaios. Essa massa de grãos foi expurgada, com produto à base de fosfeto de alumínio, previamente à aplicação dos tratamentos, para eliminar possíveis infestações e fases jovens de insetos, que poderiam estar presentes no produto.

Posteriormente ao beneficiamento inicial, os grãos foram então submetidos a cinco tratamentos distintos, sendo: a) Tratamento 1—grãos armazenados em sacaria de rafia, sem nenhum tratamento preventivo contra insetos (controle). b) Tratamento 2—grãos armazenados em sacaria de rafia revestida com embalagem plástica (sacaria e embalagem plástica). c) Tratamento 3—grãos tratados com terra de diatomáceas (TD) armazenados em sacaria de rafia revestida com embalagem plástica (sacaria, embalagem plástica e aplicação de TD). d) Tratamento 4—grãos tratados com terra de diatomáceas armazenados em sacaria de rafia (sacaria e TD). e) Tratamento 5—grãos sem tratamento preventivo contra insetos e armazenados em tambores de polipropileno (tambor).

Nos tratamentos de 1 a 4, foram utilizadas sacarias de rafia (60 cm x 90 cm), e no tratamento 5, tambores de polietileno de 200 L de capacidade útil com tampa removível e cinta metálica de vedação. Nos tratamentos com

sacaria de rafia e embalagem plástica (tratamentos 2 e 3), foram utilizados sacos plásticos para ensilagem de 200 micras (51 cm x 110 cm), inseridos dentro da sacaria de rafia (Figura 2). Nos tratamentos que utilizaram terra de diatomáceas (TD) foi usado o produto comercial marca Keepdry, na dosagem de 1,0 kg de TD por tonelada de grãos (Brasil, 2022).

Após o beneficiamento, aplicação dos tratamentos e acondicionamento dos grãos de cada tratamento (sacarias e tambores), foi realizado sorteio das parcelas, que foram distribuídas sobre estrados de madeira, em um galpão arejado sem controle climático. O período de armazenamento compreendeu o período de 230 dias, entre 22 de maio de 2022 e 9 de janeiro de 2023.

As avaliações qualitativas dos grãos em cada sistema de armazenamento foram realizadas a cada 45 dias, por meio de amostragem de grãos nas sacarias e nos tambores, realizada por meio de um calador de gavetas (1,0 m). As amostras obtidas em cada coleta foram homogeneizadas, quarteadas e reduzidas em homogeneizador tipo Boerner, identificadas e pesadas em balanças de precisão com o peso da amostra anotado para os cálculos de classificação. As amostras de trabalho foram estabelecidas com peso mínimo de 250 gramas e acondicionadas em sacos de papel previamente identificados. No restante da amostra, foi realizada outra homogeneização seguida de quarteamento, para retirada de subamostra para determinação de conteúdo de água (umidade), massa específica aparente, teste de germinação e avaliação de mortalidade de insetos.

A cada amostragem, foram avaliados o conteúdo de água dos grãos (%), a massa específica aparente (kg m^{-3}), o percentual de germinação e o percentual total de grãos avariados (ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados), de grãos quebrados e carunchados, e matérias estranhas e impurezas, em conformidade com a Instrução Normativa n° 60 (Brasil, 2011, 2012) e com a Regra de Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

A massa específica aparente das amostras foi determinada utilizando-se um kit para determinação de massa específica com recipiente com capacidade de um litro de grãos (marca Gehaka) e balança de precisão. A análise foi realizada em cada subamostra, e os resultados foram expressos em kg m^{-3} , conforme recomendações das regras para análise de sementes (Brasil, 2009). Em seguida, foi determinado o conteúdo de água dos grãos em

cada subamostra, pelo método de estufa a 105 °C, por 24 horas, conforme metodologia estabelecida pela RAS (Brasil, 2009).

A avaliação de classificação dos grãos de milho foi determinada, sendo mensurados os seguintes parâmetros qualitativos dos grãos de milho: percentual de grãos avariados (ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados), quebrados, carunchados e matérias estranhas e impurezas (MEI), em conformidade com a Instrução Normativa nº 60 (Brasil, 2011, 2012).

As amostras de grãos de milho, previamente pesadas e identificadas, foram despejadas em um conjunto de duas peneiras sobrepostas, com crivos circulares de 5 mm e 3 mm, e peneiradas por 30 segundos. Inicialmente, foram separados os grãos quebrados, as matérias estranhas e impurezas, e foram anotados os pesos (g) das frações obtidas e da amostra limpa para relativização em relação ao peso da amostra de trabalho.

Os grãos quebrados, retidos na primeira peneira de 5 mm, quando sadios, foram contabilizados como grãos normais, e os pedaços de grãos que passaram pela peneira de 5 mm foram pesados e contabilizados como quebrados. Os grãos retidos na peneira de 5 mm foram separados manualmente e classificados nas diferentes classes de defeitos, sendo grãos carunchados, avariados (ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados) e pedaços de grãos da peneira. Os defeitos foram pesados individualmente e posteriormente relativizados, calculando-se o percentual de cada classe em relação à amostra limpa, ou seja, a amostra livre de matérias estranhas, impurezas e grãos quebrados. Os grãos que apresentaram mais de um defeito foram enquadrados, considerando-se o defeito mais grave seguindo a escala: mofado, ardido, fermentado, germinado, carunchado, chocho ou imaturo e gessado (Brasil, 2011, 2012).

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 50 grãos, distribuídos sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel substrato, a 25 °C. A contagem final foi realizada aos 7 dias, considerando-se as plântulas normais. Os dados foram expressos em percentagem média de germinação, conforme metodologia estabelecida pela RAS (Brasil, 2009).

Os sistemas de armazenagem propostos nos ensaios foram avaliados ainda quanto à capacidade de causar mortalidade em insetos adultos do caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). A avaliação de mortalidade pretendia aferir se a presença de insetos seria suprimida quando grãos infestados fossem armazenados nesses sistemas. Para a realização dessas avaliações, utilizaram-se armadilhas confeccionadas com coletor universal plástico de 80 mL, com o fundo e a tampa confeccionados em tecido tipo organza, de forma a permitir a troca gasosa com o ambiente interno do reator. Os insetos foram mantidos confinados nas armadilhas até a primeira coleta de amostras, aos 45 dias após o início do período de armazenagem. Foi utilizado um conjunto de três armadilhas, por unidade amostral, com 50 insetos adultos em cada (150 insetos adultos por unidade amostral/repetição), além de grãos com os mesmos tratamentos que compunham as unidades amostrais, inseridas no meio da massa de grãos. Na primeira coleta de amostra, as armadilhas foram retiradas, e foi contado o número de insetos mortos.

Os dados de conteúdo de água dos grãos, massa específica aparente, total de grãos avariados (somatório de ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados), quebrados, matérias estranhas e impurezas, carunchados, germinados e número de insetos mortos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), em esquema fatorial, considerando os cinco tratamentos e as seis épocas de coleta ao longo do período de armazenamento.



Figura 1. Processo de limpeza e separação de grãos quebrados para padronização do lote experimental de grãos de milho. Sete Lagoas, MG, 2023. Foto: Marco Aurélio Guerra Pimentel.



Figura 2. Grãos de milho acondicionados em sacos plásticos para ensilagem (200 micras) inseridos dentro da sacaria de ráfia. Sete Lagoas, MG, 2023. Foto: Marco Aurélio Guerra Pimentel.

Resultados e Discussão

Os seguintes parâmetros qualitativos avaliados: grãos carunchados (CAR), matérias estranhas e impurezas (MEI), total de avariados (TAV), conteúdo de água (CA) e massa específica aparente (MEA) variaram significativamente em função dos tratamentos, do período de armazenamento e da interação entre essas duas fontes de variação (Tabela 1). O percentual de grãos quebrados (QUE) apresentou variação significativa em função dos tratamentos e do período de armazenamento, mas não houve variação significativa em função da interação dos dois fatores (Tabela 1). O percentual de germinação (GER) apresentou variação significativa somente em função dos tratamentos, mas não houve variação significativa em função do período de armazenamento e da interação dos dois fatores (Tabela 1).

As variações significativas observadas, de forma mais geral, refletem a diferença entre o tratamento 1, em que os grãos foram armazenados em sacaria de ráfia, sem nenhum tratamento preventivo contra insetos (tratamento-controle), e os demais tratamentos (Figuras 3 a 6). Os parâmetros qualitativos CAR, MEI, TAV, CA e GER mantiveram comportamento similar ao longo do período de 230 dias de armazenagem para os tratamentos 2, 3, 4 e 5 (Figuras 3 a 6). Essa tendência observada nos dados indica que essas opções de

sistemas de armazenamento associadas a medidas protetivas dos grãos favorecem a manutenção da qualidade dos grãos de forma muito similar. Os tratamentos associando sacaria de ráfia e embalagem plástica; sacaria, embalagem plástica e aplicação de TD; sacaria e TD; e grãos armazenados em tambores de polipropileno constituem boas opções para armazenagem de grãos por períodos prolongados, como até 7 meses (≈ 230 dias). Esse tempo de armazenagem, de 6 meses a 7 meses, é suficiente para produtores que precisam estocar grãos para alimentar animais nos períodos de seca, como nas regiões de Cerrado, entre os meses de abril e outubro, em a seca se acentua com a interrupção das chuvas.

O percentual de grãos carunchados aumentou exponencialmente após a quarta coleta de amostras, aos 135 dias de armazenagem, no tratamento-controle, sem aplicação de nenhum inseticida protetor, chegando a mais de 70% de grãos carunchados ao final do período de armazenagem. Em contraste a esse resultado, os demais tratamentos não apresentaram percentual superior a 5,4% de grãos carunchados ao final do período de coletas (Figura 3A). Os tratamentos com melhor resultado quanto ao percentual de grãos carunchados foram os tratamentos 3 e 4, com associação entre embalagens de ráfia e plásticas e TD ou embalagens de ráfia com TD, que não ultrapassaram o percentual de 1,0% de grãos carunchados, que é o limite para classificação dos grãos em Tipo 1 (Brasil, 2011, 2012) (Figura 3A). Os tratamentos 2 e 5 atingiram até 4,26% e 2,43%, respectivamente, ao final do período de armazenagem, o que classificaria os grãos desses tratamentos como Fora de Tipo e Tipo 2, respectivamente.

Esses resultados demonstram que quanto maior o período de armazenagem sem nenhum tipo de agente de proteção maiores são os danos causados por insetos e consequentemente os prejuízos aos produtores. Antunes et al. (2011) verificaram até 35% de grãos carunchados em grãos de milho armazenados por 120 dias, o que correspondeu a um percentual de 17% de perda de peso dos grãos infestados artificialmente com 150 insetos adultos de *S. zeamais*, que foi a espécie predominante no tratamento-controle. Opoku et al. (2023) verificaram até 76,67% de grãos de milho carunchados após 5 meses de armazenagem em sacarias de polipropileno (similar à sacaria de ráfia), enquanto, em sacarias revestidas com sacos plásticos, os autores observaram apenas 5,67% de grãos de milho carunchados após o mesmo período. Esses resultados, similares aos observados neste trabalho,

demonstram que os sistemas propostos e avaliados constituem boas opções para armazenagem e manutenção da qualidade de grãos de milho.

Os percentuais de MEI, QUE e TAV mantiveram-se constantes, ou com pouca variação entre os tratamentos de 2 a 5 durante todo o período de armazenagem (Figuras 3B, 4A e 4B). Os percentuais de MEI não foram superiores a 0,15% nos tratamentos, com exceção do tratamento-controle, que atingiu mais de 0,45% de MEI na coleta aos 182 dias de armazenamento, provavelmente por causa do material gerado pelo aumento da infestação nesse mesmo tratamento (Figura 3B). O percentual de QUE se manteve praticamente constante nos tratamentos, variando de 0,0% a 0,13%, com exceção do tratamento-controle, que atingiu até 0,22% aos 230 dias de armazenamento (Figura 4A). O percentual de TAV não foi superior a 0,75% nos tratamentos 2, 3 e 4 ao longo do período de armazenagem, no entanto, atingiu até 1,59% no tratamento com grãos armazenados em tambores, percentual que foi superior à média do tratamento-controle (0,91%) (Figura 4B).

O CA dos grãos, ao longo do período de armazenagem variou, entre 10,7% e 14,8% (Figura 5A). De forma geral, os tratamentos mantiveram teores de CA de acordo com o equilíbrio higroscópico do ambiente onde estavam armazenados. No tratamento-controle, observou-se aumento do percentual de CA ao final do período de armazenagem, o que o destacou do comportamento dos demais tratamentos, fato que pode ser explicado pelo aumento do percentual de grãos CAR (Figura 5A). Comportamento similar, de incremento do CA ao longo do período de armazenagem, foi verificado por Opoku et al. (2023), quando avaliaram o armazenagem de grãos de milho em sacaria de polipropileno, sem uso de protetores ou sacaria plástica revestindo a sacaria de polipropileno. Esses autores observaram aumento das médias de CA de 12,47% para 15,51% após 6 meses de armazenagem no tratamento sem sacaria revestida com sacos plásticos, enquanto nos tratamentos com revestimento o CA permaneceu constante ao longo do período de 6 meses de armazenagem.

AMEA é um parâmetro que pode ser utilizado para demonstrar a manutenção da qualidade dos grãos ao longo do armazenagem (Corrêa; Silva, 2008). No ensaio implementado, pôde-se observar que houve redução da MEA nos tratamentos que utilizaram TD, quando comparados aos tratamentos sem

TD (Figura 5B). Esse comportamento é normal em grãos tratados com esse inseticida protetor, pois aumenta o atrito entre os grãos e reduz a fluidez, reduzindo, dessa forma, a MEA (Corrêa; Silva, 2008; Pimentel et al., 2019) (Figura 5B). Nos tratamentos com grãos tratados com terra de diatomáceas (TD) armazenados em sacaria de rafia revestida com embalagem plástica (tratamento 3) e com grãos tratados com terra de diatomáceas armazenados em sacaria de rafia (tratamento 4), a MEA apresentou pouca variação ao longo do período de armazenamento (Figura 5B), sendo os melhores tratamentos com relação à manutenção desse parâmetro qualitativo.

O percentual de germinação variou significativamente entre os tratamentos (Tabela 1) mantendo-se estável ao longo de todo o período de armazenamento nos tratamentos 2, 3 e 4 (Figura 6), que apresentaram a melhor conservação desse parâmetro qualitativo. No tratamento 2, o percentual de GER variou de 89,0% a 96,0%; no tratamento 3, de 92,0% a 96,5%; e no tratamento 4, de 80,0% a 85,5% (Figura 6). O tratamento-controle apresentou queda do poder germinativo dos grãos ao longo do período de armazenagem, provavelmente afetado pelo incremento no percentual de CAR, com redução de 94,5% a 51,0% ao final do período de 230 dias (Figura 6). O tratamento com grãos estocados nos tambores iniciou as avaliações com um percentual abaixo dos demais, com média de 65,0%. No entanto, ao longo do período de 230 dias, esse percentual foi afetado negativamente, reduzindo-se o poder germinativo médio dos grãos para 51,5%, próximo ao nível observado no tratamento-controle (Figura 6).

A mortalidade de *S. zeamais*, confinados em armadilhas nas embalagens dos diferentes tratamentos, variou de forma significativa (Tabela 1). Em todos os tratamentos, com exceção do tratamento-controle, houve 100% de mortalidade dos insetos na primeira avaliação aos 45 dias após o início do período de armazenamento. No tratamento-controle, a mortalidade média foi inferior a 3% no primeiro período de avaliação, o que representa a mortalidade natural dos insetos quando mantidos confinados em armadilhas. Dessa forma, há uma tendência de controle de insetos adultos vivos que colonizam os grãos mantidos nas embalagens e nos métodos de proteção aplicados nos tratamentos 2, 3, 4 e 5.

Os principais parâmetros qualitativos avaliados, especialmente CAR, MEI, QUE, TAV e CA, demonstraram tendência de aumento no tratamento-controle

em contraste com os demais tratamentos, com poucas exceções, ao longo do aumento do período de armazenamento. Já os parâmetros MEA e GER apresentaram tendência de redução ao longo do período de armazenamento no tratamento-controle (Figuras 3 a 6). Esse comportamento sugere que a escolha do sistema de armazenamento influencia diretamente na ocorrência desses defeitos e contaminantes (CAR, MEI, QUE e TAV) e na redução de MEA e do poder germinativo dos grãos, que poderiam ser utilizados como sementes em plantios subsequentes. Os tratamentos com uso de embalagens plásticas impedem a troca gasosa com o ambiente, atuando de forma a criar hipercarbia (excesso de CO₂ no ambiente) e hipóxia (redução do teor de oxigênio), e são altamente eficientes na manutenção da qualidade das sementes e dos grãos por períodos prolongados de armazenamento (mais de 6 meses) (Baoua et al., 2012; García-Lara et al., 2020; Opoku et al., 2023).

Os quatro tratamentos avaliados, associando uso de embalagens plásticas e aplicação de TD, nas diferentes combinações, foram eficientes na manutenção da qualidade dos grãos ao longo do período de armazenagem, especialmente os tratamentos 3 e 4, com associação entre embalagens de rafia e plásticas e TD ou embalagens de rafia com TD, o que os torna alternativas viáveis de armazenagem de grãos, para o público-alvo do trabalho, ou seja, agricultura familiar ou agricultores, orgânicos ou em transição agroecológica, que têm a necessidade de estocar grãos em pequenos volumes mantendo a qualidade por períodos prolongados (mais de 6 meses), sem uso de inseticidas químicos convencionais.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos parâmetros grãos carunchados (CAR), matérias estranhas e impurezas (MEI), quebrados (QUE), total de grãos aviariados (TAV), conteúdo de água (CA), massa específica aparente (MEA), percentual de germinação dos grãos de milho (GER) e mortalidade de insetos (MORT) nos sistemas selecionados (tratamentos) ao longo do período de armazenamento de 230 dias.

Fontes de variação	g.l.	Quadrados médios							
		CAR	MEI	QUE	TAV	CA	MEA	GER	MORT
Tratamentos (T)	4	2065,81*	0,028*	0,015*	0,37*	2,41*	21217,91*	1419,62*	2845,21*
Período de armazenagem (PA)	5	901,89*	0,029*	0,011*	0,74*	4,92*	4033,69*	138,97 ^{n.s.}	759,33*
T x PA	20	833,26*	0,025*	0,003 ^{n.s.}	0,19*	1,54*	1103,98*	84,78 ^{n.s.}	612,02*
CV (%)		76,9	89,1	77,4	67,3	2,7	1,1	19,5	85,7

^{n.s.} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

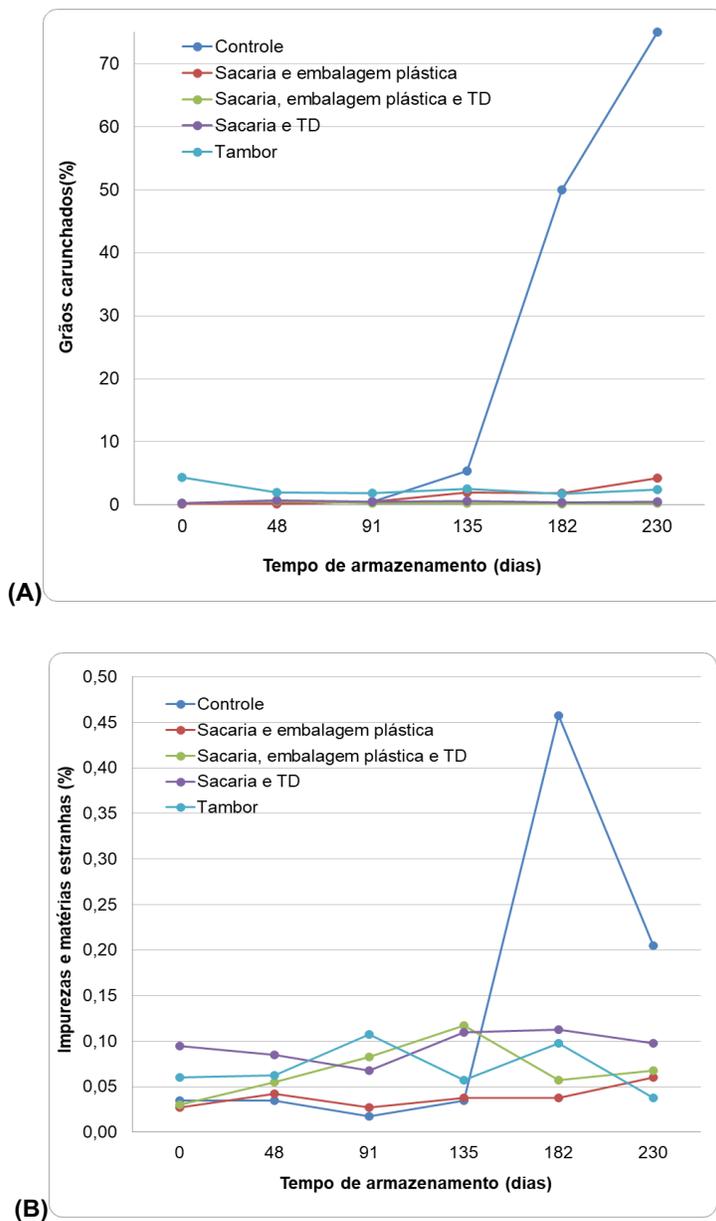


Figura 3. Percentuais médios de grãos carunchados (A) e impurezas e matérias estranhas (B) de grãos de milho, armazenados por até 230 dias nos sistemas de armazenagem selecionados. Sete Lagoas, MG, 2023.

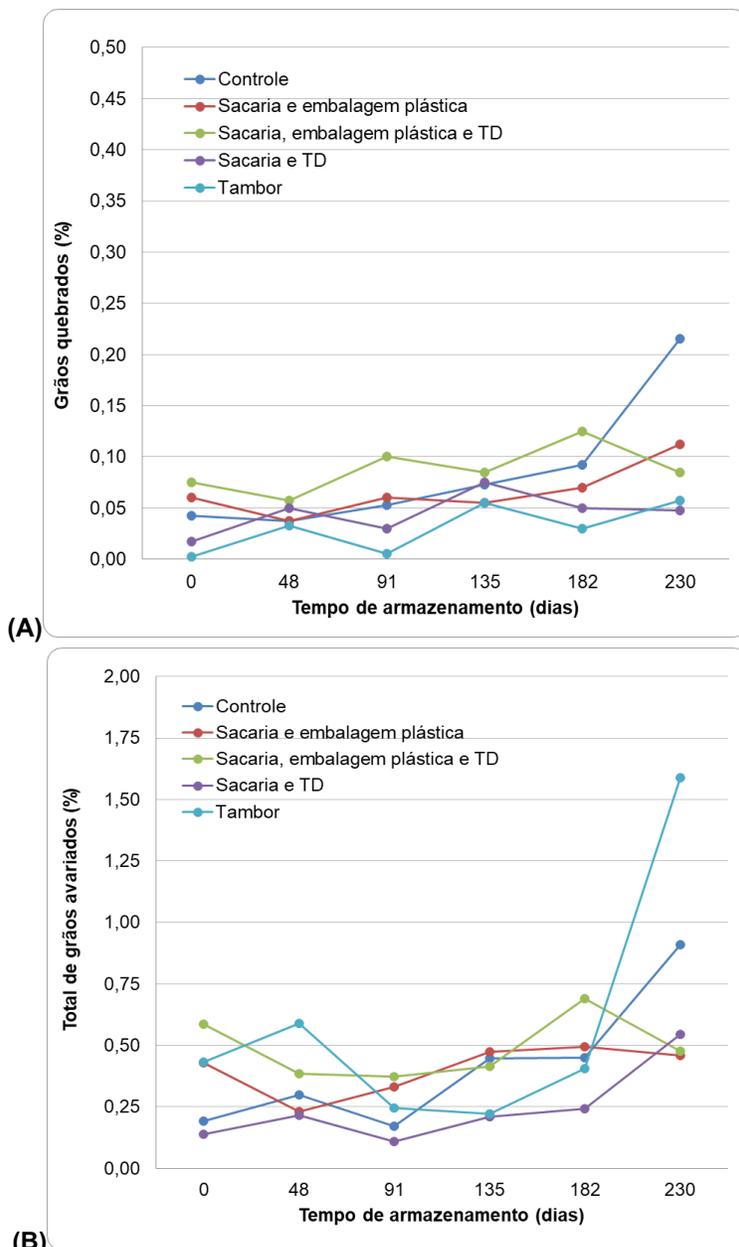


Figura 4. Percentuais médios de grãos de milho quebrados (A) e total de grãos de milho avariados (B), armazenados por até 230 dias nos sistemas de armazenagem selecionados. Sete Lagoas, MG, 2023.

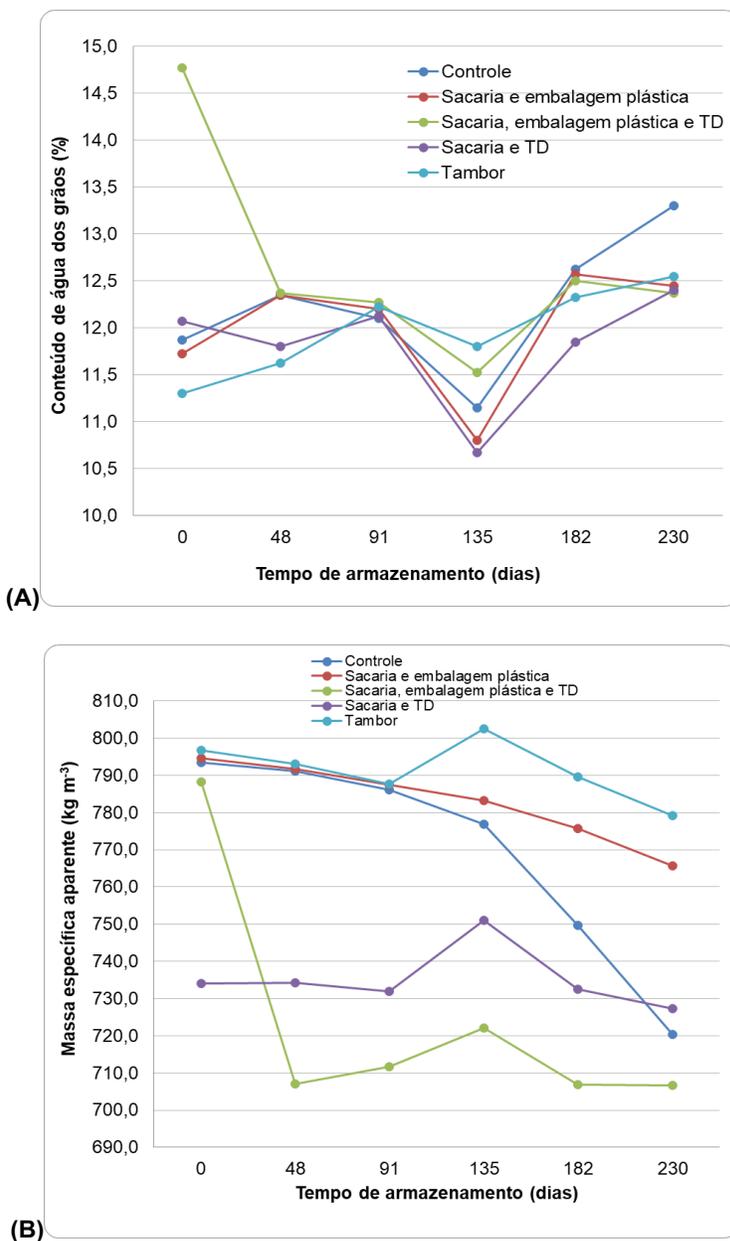


Figura 5. Percentuais médios de conteúdo de água (teor de umidade) (A) e massa específica aparente (kg m^{-3}) (B) de grãos de milho armazenados por até 230 dias nos sistemas de armazenagem selecionados. Sete Lagoas, MG, 2023.

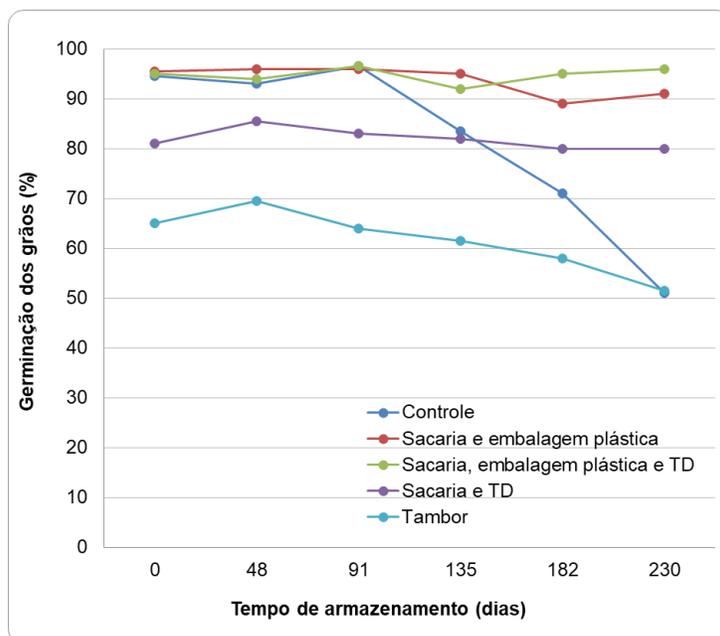


Figura 6. Percentuais médios de germinação (plantas normais) de grãos de milho armazenados por até 230 dias nos sistemas de armazenagem selecionados. Sete Lagoas, MG, 2023.

Conclusões

Diante dos dados obtidos, pode-se concluir que os sistemas de armazenamento de grãos empregando a associação entre embalagens plásticas com sacos de rafia revestida de embalagem plástica, ou apenas sacaria de rafia, com grãos tratados com terra de diatomáceas (TD), em ambos os casos, ofereceram a melhor condição de conservação dos parâmetros qualitativos ao longo de 230 dias de estocagem.

Dessa forma, o tratamento 3, com grãos tratados com terra de diatomáceas (TD) armazenados em sacaria de rafia revestida com embalagem plástica, e o tratamento 4, com grãos tratados com terra de diatomáceas armazenados em sacaria de rafia, foram os mais eficientes na conservação da qualidade dos grãos. Os resultados obtidos habilitam esses sistemas como alternativas de baixo custo e capazes de manter a qualidade de grãos e sementes

por períodos prolongados, auxiliando produtores que têm necessidade de armazenagem de pequenos volumes de grãos para consumo na propriedade, na alimentação humana e animal, ou na venda de excedente de produção, nos nichos de produção voltados à agricultura familiar, à orgânica e a sistemas de transição agroecológica.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2022/23: décimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 10, n. 10, jul. 2023. 111 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 4 ago. 2023.

ALBERNAZ, W. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MATRANGOLO, W. J. R.; NOCE, M. A.; CHAVES, F. F.; CARVALHO, D. O.; SOBRINHO, J. G. B. Concurso de produtividade de grãos na cultura do milho na região Central de Minas Gerais: safra 2009/2010. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

ANTUNES, L. E.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 615-620, 2011.

BAOUA, I. B.; MARGAM, V.; AMADOU, L.; MURDOCK, L. L. Performance of triple bagging hermetic technology for postharvest storage of cowpea grain in Niger. **Journal of Stored Products Research**, v. 51, p. 81-85, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.07.003>.

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico do Milho. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, 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 República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 129, 5 jul. 2012. Seção 1, p. 10.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2021/22 a 2031/32: projeções de longo prazo. Brasília, DF, 2022. 111 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-deve-crescer-36-8-nos-proximos-dez-anos/PROJEESDOAGRONEGCIO20212022a203132.pdf>. Acesso em: 4 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 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, n. 4, p. 625-630, 2003.

CI ORGÂNICOS. Centro de Inteligência em Orgânicos. **Grãos orgânicos**: cresce o mercado de soja e milho orgânicos. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/sustentabilidade/graos-organicos-cresce-o-mercado-de-soja-e-milho-organicos/#:~:text=A%20Folio%2C%20rede%20de%20produtores,%C3%A9%20de%20alta%2C%20dizem%20especialistas>. Acesso em: 4 set. 2023.

CI ORGÂNICOS. Centro de Inteligência em Orgânicos. **Ex-traders de Dreyfus e NovaAgri fomentam orgânicos do Brasil e veem salto em poucas safras**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://ciorganicos.com.br/noticia/ex-traders-de-dreyfus-e-novaagri-fomentam-organicos-do-brasil-e-veem-salto-em-poucas-safra/>. Acesso em: 4 set. 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.

COSTA, A. R. da; FARONI, L. R. D.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silos bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 200-207, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200005>.

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.

FRANÇA, C. G.; DEL GROSSI, M. E.; MARQUES, V. P. M. A. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009.

GARCÍA-LARA, S.; GARCÍA-JAIMES, E.; ORTÍZ-ISLAS, S. Field effectiveness of improved hermetic storage technologies on maize grain quality in Central Mexico. **Journal of Stored Products Research**, v. 87, 101585, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101585>.

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.

MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. R.; OLIVEIRA, P. A. V.; ANGONESE, C. Silos de alvenaria armada para propriedade familiar. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D'A. (ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto BioGeneziz, 2018.

OPOKU, B.; OSEKRE, E. A.; OPIT, G.; BOSOMTWE, A.; BINGHAM, G. V. Evaluation of hermetic storage bags for the preservation of yellow maize in poultry farms in Dormaa Ahenkro, Ghana. **Insects**, v. 14, n. 2, article 141, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14020141>.

ORGANIS. Associação de Promoção dos Orgânicos. **Panorama do consumo de orgânicos no Brasil**. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://organis.org.br/pesquisa-consumidor-organico-2023/>. Acesso em: 14 jul. 2023.

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).

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, 2020. 39 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 267).

SEIXAS, M. A. **Segurança alimentar pós-Covid-19**: megatendências dos sistemas alimentares globais. Brasília, DF: Embrapa, 2020. (Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. Diálogos Estratégicos-Mercados Internacionais. Nota técnica 34).

SILVA, J. de S. e; BERBERT, P. A.; AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S. Qualidade dos grãos. In: SILVA, J. de S. e (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. p. 63-105.

Embrapa

Milho e Sorgo

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

CGPE 018375