

Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento¹

Edar Ferrari Filho², Luidi Eric Guimarães Antunes², Roberto Gotardi²,
Rafael Gomes Dionello³, Paulo Andre Rocha Petry⁴, Gabriel Pinto Barreto⁴

Resumo – As perdas na pós-colheita de grãos representam, aproximadamente, 10 % do volume produzido no Brasil. Para minimizar esses problemas, este trabalho teve como objetivo estudar diferentes condições de armazenamento de grãos de trigo, avaliando as principais propriedades físicas, químicas, microbiológicas e tecnológicas durante nove meses de armazenamento. Os grãos de trigo utilizados foram colhidos e secos com ar natural e com ar aquecido, tendo como fonte energética o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), até umidade próxima a 13 % e, posteriormente, armazenados em quatro condições diferentes, sendo elas: 1. Armazenamento convencional em sacaria de polipropileno; 2. Armazenamento a granel em silo metálico; 3. Armazenamento a granel em silo rotomoldado de polietileno; 4. Armazenamento a granel em tonel metálico de forma hermética. Foram armazenadas três toneladas para cada tratamento. As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento imediato após a secagem. Para monitorar as condições de armazenagem foram realizadas as seguintes análises: umidade, peso hectolitro, massa específica aparente, proteína bruta, material mineral, análise microbiológica, análise tecnológica. Os resultados permitiram concluir que as menores perdas físicas de peso hectolítrico e de massa específica ocorreram nos grãos armazenados de forma hermética e a granel em silo rotomoldado; as menores variações químicas foram observadas nos grãos armazenados de forma hermética; ocorreram reduções no desenvolvimento de fungos dos gêneros *Fusarium* e *Penicillium* e aumento de fungos do gênero *Aspergillus* ao longo do armazenamento; os grãos armazenados de forma hermética, na análise tecnológica, foram classificados como tipo 1, os armazenados em silo rotomoldado como tipo 3 e os demais como fora de tipo, ao final do experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, armazenagem, hermético, granel, sacaria

Quality of wheat grains under different storage conditions

Abstract – Post-harvest grain losses correspond to approximately 10% of the Brazilian crop. The aim of this work was to study different storage conditions of wheat, by means of physical, chemical, microbiological and technological evaluations for nine months. The wheat grains were harvested and used air-dried natural gas and LPG (Liquefied Petroleum Gas) to moisture content around 13%, and stored in four different conditions, as follows: 1. Storage conventional polypropylene sacks 2. Storage in bulk without metallic silo 3. Bulk storage silo without rotomolded polyethylene 4. Storage in bulk metal barrel behind closed doors. Three tons were stored for each treatment. The analyzes were performed at intervals of three months counting as initial time the moment after drying. There were the following analysis: moisture, hectolitre weight, density, protein, mineral material, microbiological analysis, technology analysis. The smallest physical loss of weight and density occurred in grains stored in airtight silo and bulk rotational molded. The lowest chemical variations were observed in grains stored in airtight. During storage *Fusarium* and *Penicillium* presented low development and percentage of fungi from genera *Aspergillus* increased. In technological analysis, grains stored in airtight were classified as type 1, grains stored in silo rotomolded as type 3 and the other grains were classified as out of type, at the end of the experiment.

Keywords: *Triticum aestivum*, storage, bulk, bags

¹ Manuscrito submetido em 08/06/2012 e aceito para publicação em 25/07/2012.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404.

² Estudantes do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: edarff@gmail.com.

³ Professor Adjunto III do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafidionello@hotmail.com

⁴ Estudantes de graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS

Introdução

O trigo é de grande importância para a economia brasileira, devido ao elevado consumo de seus derivados, principalmente na forma de pão, massas e biscoitos. No entanto, a produção nacional do grão não tem sido suficiente para atender à demanda, situação agravada pela grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior devido ao ataque de pragas, germinação na espiga e redução de matéria seca que ocorrem pelo retardo na colheita (CARNEIRO, 2005).

A produção brasileira de trigo no ano de 2010/11 foi de aproximadamente 5,88 milhões de toneladas, sendo que a previsão para a safra 2011/2012 é de que ocorra redução de aproximadamente 1,6 %, produção essa estimada em 5,79 milhões de toneladas (BRASIL, 2012).

Para trigo, os principais fatores que contribuem para a deterioração e a contaminação dos grãos são a alta umidade e a elevada temperatura no armazenamento, o que favorece a proliferação de contaminantes como insetos-praga e fungos toxigênicos que produzem micotoxinas. Somam-se a esses fatores a carência de estrutura física para secagem e armazenamento (LORINI et al., 2002).

Segundo Bakker-Arkema (1994), para se avaliar a qualidade dos grãos, consideram-se diversas propriedades qualitativas, como teor de água, massa específica, percentual de grãos quebrados, teor de impureza e matéria estranha, danos causados pela secagem, suscetibilidade à quebra, qualidade de moagem, conteúdo de proteínas, valor como ração, viabilidade da semente, presença de insetos e fungos e tipo de grão e ano de produção. Entretanto, nem todas essas características qualitativas são consideradas, apesar de serem de grande importância para compradores internacionais, mas, segundo Roskens (1995), há tendência mundial para se aprimorarem os padrões de classificação, acrescentando mais fatores de qualidade.

O armazenamento de grãos no Brasil é realizado de duas formas: convencional, em sacarias, ou a granel. A armazenagem convencional, extensivamente utilizada no Brasil, usa estruturas como armazéns e/ou depósitos de construção relativamente simples, de alvenaria, na quase totalidade, com o acondicionamento dos grãos em sacaria (LACERDA FILHO et al., 2000). Já a armazenagem a granel caracteriza-se pela dispensa do uso de embalagem, utilizando, para a estocagem dos grãos, estruturas como silos, armazéns graneleiros e/ou granelizados, metálicos ou de concreto, ou materiais de construção disponíveis ou adaptados,

principalmente em situações emergenciais, providos ou não de sistemas de aeração forçada (SILVA, 2000; ELIAS e OLIVEIRA, 2010).

Uma maneira eficiente de armazenamento a granel é através do acondicionamento hermético de grãos secos, que é baseado na redução do oxigênio disponível no ecossistema de armazenamento a níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados, podendo essa redução ser atingida espontaneamente, através do processo respiratório dos grãos e organismos existentes. O armazenamento hermético é uma forma de reduzir o ataque de insetos e fungos (RUPOLLO et al., 2006).

Além do esforço para o aumento da produção de grãos, é preciso incrementar as condições de acompanhamento das etapas de pós-colheita, principalmente no armazenamento. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes condições e tempos de armazenamento de grãos de trigo, avaliando as principais propriedades físicas, químicas, microbiológicas e tecnológicas.

Material e Métodos

A semeadura foi realizada em maio de 2010, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46 m), localizada no km 47 da rodovia BR 290.

Os grãos foram colhidos mecanicamente e, posteriormente, secos em silo secador de concreto, utilizando ar natural ou ar aquecido através da queima de gás liquefeito de petróleo (GLP), com temperatura variando de 35-40 °C. O queimador de GLP foi programado para acender apenas quando a UR fosse superior a 65 %, do contrário a secagem era realizada somente com ar natural. A secagem foi mantida até o momento em que os grãos atingissem umidade próxima a 13 %. Posteriormente, os grãos foram armazenados em quatro condições, conforme descrito a seguir:

1. Armazenamento convencional em sacaria de polipropileno (60 kg);
2. Armazenamento a granel em silo metálico (3 toneladas);
3. Armazenamento a granel em silo rotomoldado de polietileno (3 toneladas);
4. Armazenamento a granel em tonel metálico (250 litros / 150 kg de trigo) de forma hermética;

Para cada tratamento supracitado foram armazenadas três toneladas de grãos. Para a realização das análises as amostras dos grãos foram coletadas com auxílio de calador ou sonda, conforme recomendado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (OLIVEIRA et al., 2008).

As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento imediatamente após a secagem e, a partir daí, a cada três meses, ou seja, aos três, seis e nove meses.

Umidade

A determinação do grau de umidade foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de umidade, em base úmida.

Peso Hectolitro (PH)

Relaciona a massa em quilogramas equivalente a um volume de 100 litros de grãos. O PH foi determinado em Balança Dalle Molle (sistema Schoper), de acordo com as especificações do fabricante (Dalle Molle). Os resultados foram expressos em kg. hL⁻¹.

Massa Específica Aparente

Os resultados de massa específica aparente foram determinados com a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em recipiente de volume conhecido. Esses resultados foram convertidos para serem expressos em kg m⁻³.

Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, descrito pela A.A.C.C. (2000). Os resultados foram expressos em percentual.

Material mineral

O teor de cinzas ou matéria mineral foi determinado conforme descrito na A.O.A.C. (1990), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560 – 580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentual.

Análise Microbiológica

A contaminação microbiológica foi realizada pelo método do papel filtro “Blotter Test”, recomendado

para análise de sementes pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Análise Tecnológica

Os defeitos foram determinados pela metodologia oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2010). Os resultados foram expressos em percentual.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sob o esquema fatorial 4 x 4, onde os níveis foram os quatro tipos de armazenamento (granel silo metálico, granel silo rotomoldado, convencional e hermético) e os quatro tempos de armazenamento (pós-secagem, três, seis e nove meses). Cada tratamento foi realizado com três repetições.

A análise estatística dos resultados foi realizada através da análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, para comparação das médias dos tratamentos. As análises supracitadas foram realizadas com auxílio do pacote computacional SAS, versão 9.5 (SAS, 2002).

Resultados e Discussão

A temperatura média durante a realização do experimento foi de 17,8 °C, sendo que a variação média mensal foi de 11,6 a 24,9 °C, e a umidade relativa média foi de 93,1 %, sendo que a variação média mensal foi de 88 a 96 %.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que ocorreu aumento significativo da umidade dos grãos ao longo do período de estocagem para os tratamentos armazenados a granel em silo metálico e em sacaria. Esse aumento ocorreu principalmente após seis meses de armazenamento, em função do ataque de insetos da espécie *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e pelo aparecimento de fungos.

Para os grãos que foram armazenados de forma hermética, a umidade reduziu, pois tenderam ao equilíbrio higroscópico com as condições de temperatura e umidade relativa do ambiente. Nesse tratamento, não foi verificada a presença de insetos, o que segundo Rupollo et al. (2006) é uma das principais vantagens do armazenamento em condições de hermeticidade.

Os grãos que foram armazenados em silos rotomoldados apresentaram aumento na umidade após

Tabela 1. Umidade de grãos de trigo, expresso em % b.u., submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	12,83 Ca	13,31 Ba	14,26 Ab	14,66 Aa
Silo Metálico	12,83 Ba	12,57 Bb	14,89 Aa	14,42 Aa
Hermético	12,83 Aa	11,44 Cc	12,24 Bd	11,96 Bc
Silo Rotomoldado	12,83 Ba	11,75 Cc	13,36 Ac	13,09 ABb

1 – valores médios de três repetições, expressos em percentagem de umidade em base úmida (b.u.). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

seis meses de armazenamento, da mesma forma, tendendo ao equilíbrio higroscópico, umidade essa que não ultrapassou os 13,36 %, considerada boa para conservação de trigo. Como a umidade relativa média mensal foi sempre superior a 88 %, os grãos ganharam água durante o armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico.

Pode-se observar na mesma tabela que entre os tratamentos ocorreram diferenças significativas ao final dos nove meses de estocagem, sendo que os grãos armazenados em sacaria e a granel em silo metálico apresentaram os maiores valores de umidade, superiores a 14 %, o que não é recomendado para uma boa conservação de trigo, visto que os mesmos ficam mais suscetíveis ao ataque de fungos e insetos com esses valores de umidade.

Esses maiores valores de umidade ocorreram em função desses dois tipos de armazenamento permitirem maiores trocas de calor e água com o ambiente onde foram armazenadas. Os grãos armazenados em silo rotomoldado apresentaram umidade de 13,09 %, superior estatisticamente aos grãos armazenados de forma hermética, que tiveram os menores valores de umidade ao final do período de avaliação. Esse fato ocorreu porque no armazenamento em condições herméticas, as trocas de água e calor são menos intensas que em condições naturais de estocagem, a redução na concentração de oxigênio reduz o metabolismo dos grãos, principalmente a atividade respiratória, que é muito baixa. Conforme Muir e White, (2000), atribuiu-se o aumento do teor de água durante o armazenamento à atividade respiratória dos grãos, como da microflora a eles associada, embora essa ação dos grãos seja, geralmente, menos intensa que a dos microrganismos.

Ainda de acordo com esses autores, a respiração dos grãos é mais intensa à medida que se têm teores de água elevados, mesmo que a temperatura, a umidade relativa e o estado de conservação também

influenciem o metabolismo dos grãos, eles ainda ressaltam que a água produzida durante o processo respiratório aumenta o teor de água do produto que, por sua vez, intensifica o desenvolvimento e a taxa respiratória da microflora conforme relatado por Moreno et al. (2000) e Rupollo et al. (2006).

As menores variações ocorreram pelo fato dos grãos trocarem menor quantidade de calor e água com o ambiente de armazenamento. De acordo com Multon (1980), as trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa.

Essa tendência ao equilíbrio higroscópico foi verificada por diversos pesquisadores em trabalhos com armazenamento de milho (DIONELLO et al., 2000; RUPOLLO et al., 2006; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

No armazenamento pelo sistema hermético, o CO₂ produzido estabiliza o processo de degradação da massa de grãos e paralisa a respiração pela diminuição da relação O₂/CO₂, diminuindo a produção de água e calor, os processos respiratórios e o ataque por microrganismos.

De fato, a maior causa da produção de CO₂ e perda de matéria seca em cereais armazenados é devida ao desenvolvimento de microrganismos, principalmente os fungos (FERNANDEZ et al., 1985; MUIR et al., 1985; MILLER, 1995; FLEURAT-LESSARD, 2002).

Houve reduções significativas no peso hectolitro de grãos de trigo ao longo do armazenamento, em todas as formas de armazenagem (Tabela 2).

Os grãos que foram estocados em sacaria e a granel em silo metálico apresentaram as maiores reduções ao final dos nove meses de armazenagem, com peso hectolítrico (PH) inferior a 72, portanto considerado fora de padrão para alimentação humana.

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Tabela 2. Peso hectolítrico do trigo, expresso em kg. hL⁻¹, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	78,67 Aa	78,80 Aa	72,88 Bc	67,65 Bb
Silo Metálico	78,67 Aa	75,65 Bb	66,00* Cd	66,00* Cc
Hermético	78,67 Aa	76,10 Bb	74,75 Bb	75,60 Ba
Silo Rotomoldado	78,67 Aa	76,35 Bb	76,72 Ba	75,22 Ba

1 – Valores médios de três repetições, expressos em quilogramas por hectolítrico (kg. hL⁻¹). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. * Resultados inferiores a 66, não permitem a quantificação, visto que na tabela de transformação de kg.m³ para hectolitro, fornecida pelo fabricante da balança de peso hectolítrico não constam esses valores.

Tabela 3. Massa específica aparente do trigo, expresso em kg.m⁻³, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	806,56 Aa	795,50 Aa	790,44 ABa	762,01 Ba
Silo Metálico	806,56 Aa	787,34 Aa	699,38 Bb	603,01 Cb
Hermético	806,56 Aa	794,03 Aa	787,06 Aa	787,34 Aa
Silo Rotomoldado	806,56 Aa	806,05 Aa	808,13 Aa	804,59 Aa

1 – Valores médios de três repetições, expressos em kg m⁻³. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conforme a instrução normativa (IN) número 38 de 28/11/2010, os grãos de trigo do grupo II destinado à moagem e a outras finalidades, para serem classificados em tipo 1, 2 ou 3, devem apresentar PH superior ou igual a 72, do contrário são considerados fora do padrão para a alimentação humana, sendo somente possível sua comercialização para a alimentação animal.

Os grãos armazenados de forma hermética e rotomoldados apresentaram as menores reduções de PH ao longo do armazenamento, mantendo sempre os grãos com PH acima de 75, o que, segundo a IN no 38, classificaria os grãos como tipo 2, ou seja, PH acima de 75 kg hL⁻¹.

Essa pequena variação no PH nos tratamentos hermético e rotomoldado, ao longo do armazenamento, em comparação aos outros dois sistemas (sacaria e silo metálico), se deve, principalmente, ao fato desses grãos não terem sido atacados por insetos.

A redução do PH, em decorrência do atraso na colheita, pode ser atribuída a processos metabólicos dos grãos e de organismos a eles associados, que provocam consumo de suas reservas nutritivas durante o armazenamento (FLEURAT-LESSARD, 2002). Já na armazenagem, a redução do PH está

intimamente relacionada com a presença e o ataque de insetos e microrganismos, principalmente os fungos. Os insetos consomem a parte interna dos grãos, o que mantém o mesmo volume da massa, porém reduz o peso desses grãos.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da massa específica aparente, onde se observa que ocorreu redução apenas para os grãos que foram armazenados em sacaria e a granel em silo metálico. Da mesma forma que para o peso hectolítrico, essa redução ocorreu em função do ataque de insetos pragas, da presença de microrganismos e da atividade metabólica desses grãos, visto que os mesmos apresentaram maiores teores de umidade, o que leva a uma maior atividade metabólica e por consequência a maiores perdas de massa.

Os grãos que foram armazenados a granel em silo rotomoldado e de forma hermética apresentaram os maiores resultados de massa específica aparente, não variando estatisticamente ao longo da estocagem. Essa menor variação pode ser explicada pela inexistência de insetos, sendo que nas outras duas condições de armazenamento (granel em silo metálico e sacaria) ocorreu a presença de *S. zeamais*.

Dionello (2000) e Schuh et al. (2011) afirmaram que baixos valores de massa específica aparente ocorrem em grãos que perderam, excessivamente, matéria seca devido à infestação por fungos e/ou insetos, tanto no campo quanto no armazenamento.

Houve aumento significativo no teor de proteínas no armazenamento em silo metálico e em sacaria (Tabela 4). Esse aumento também foi verificado por outros autores, conforme Bhattacharya e Raha (2002), isso ocorre devido à formação de proteína fúngica, a qual não foi separada, sendo quantificada juntamente com a proteína bruta do grão.

A perda inicial no teor de proteína pode ser devida à fase adiantada de incubação, indicando proteólise e formação de compostos mais simples, como aminoácidos, que são utilizados como fonte de nutrientes pelos fungos. Posteriormente, o conteúdo de proteínas tende a aumentar devido à formação de proteínas fúngicas, que são determinadas juntamente com as proteínas do grão, o que pode explicar os valores encontrados no presente trabalho.

Esses dois tratamentos foram os que apresentaram maiores problemas com insetos e fungos durante o armazenamento. Segundo Matioli e Almeida (1979), os insetos atacam primeiro o endosperma do grão de milho, porém os insetos consomem mais o germe, causando diminuição maior na gor-

dura e podendo até aumentar a proteína, por duas razões: primeiro, por proporção normal devido ao consumo maior de gordura e menor de proteína e, segundo, porque na amostra pode ser determinada, juntamente com a proteína dos grãos, a proteína dos insetos e, com isto, pode também aumentar a porcentagem. Elias et al. (2009), observaram resultados semelhantes quando armazenaram trigo.

Os grãos armazenados a granel em silo rotomoldado e de forma hermética apresentaram reduções de proteína bruta entre o início e o final do período de avaliação. Essas perdas foram de 1,86 e 6,00 %, respectivamente, para o armazenamento em silo rotomoldado e hermético. Essas perdas naturais ocorreram em função da atividade respiratória dos próprios grãos. O armazenamento em silo rotomoldado apresentou as menores perdas de proteína bruta ao final do armazenamento, em comparação aos demais tratamentos, pois esses silos, por serem estruturas construídas com chapa única, trocam pouco calor e umidade com o meio externo, conservando melhor o produto.

Observa-se na Tabela 5 que o percentual de material mineral apresentou leve aumento ao longo do armazenamento nos grãos mantidos em silo metálico, nos demais tratamentos as variações entre o início (tempo zero) e o final do experimento (tempo nove meses) não foram significativas.

Tabela 4. Proteína bruta do trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	13,98 BCa	13,85 Ca	14,44 Ab	14,23 ABb
Silo Metálico	13,98 Ba	13,50 Cb	15,15 Aa	14,85 Aa
Hermético	13,98 Aa	13,47 Bb	13,89 Ac	13,73 Bd
Silo Rotomoldado	13,98 BCa	14,13 Ba	14,59 Ab	13,15 Cc

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Material mineral ou cinzas em trigo, expresso em percentual, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	1,73 ABa	1,40 Bc	1,77 Abc	1,84 Ab
Silo Metálico	1,73 Ca	1,74 Cab	2,08 Ba	2,90 Aa
Hermético	1,73 Ba	1,78 ABa	1,88 Ab	1,77 ABb
Silo Rotomoldado	1,73 Aa	1,64 Bb	1,71 ABc	1,73 ABb

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual (%) base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao final do armazenamento, os grãos que apresentaram as maiores variações de material mineral foram aqueles armazenados em silo metálico, por consequência onde as perdas da fração orgânica foram maiores. A atividade metabólica dos grãos e microrganismos associados consome matéria orgânica, produzindo gás carbônico, água, calor e outros produtos, podendo alterar a proporção de minerais presentes no grão. Conforme Posner e Hibbs (1999), dentre os constituintes do trigo, o conteúdo de cinzas é a fração que apresenta menores variações em conteúdo total durante o armazenamento, sendo que essa variação ocorre devido à degradação da fração orgânica. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores, proporcionalmente, maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida. Ou seja, quanto maior o teor de cinzas ao longo do armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desse produto, o que foi verificado nos grãos armazenados em silo metálico, comparados com os demais tratamentos.

Ocorreu redução do desenvolvimento de fungos do gênero *Fusarium* para todos os tratamentos estudados (Tabela 6).

Ao longo do armazenamento ocorreram reduções na incidência de fungos do gênero *Fusarium* para todos os tratamentos avaliados, iniciando a partir dos três meses de estocagem. A incidência fúngica no início do armazenamento refere-se basicamente à contaminação vinda da lavoura, ou seja, fungos de campo, pois esses fungos desenvolvem-se melhor em umidades relativas mais elevadas (Tanaka et al., 2001). Conforme Sweenwey e Dobson (1998), os fungos toxigênicos, ou seja, capazes de produzir metabólitos secundários tóxicos pertencem basicamente aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, os quais são responsáveis pela produção da maioria das micotoxinas até hoje conhecidas e estudadas. As espécies de *Fusarium* são patógenos de plantas, produzindo micotoxi-

nas antes da colheita ou imediatamente após ela. Os gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* são mais comumente encontrados como contaminantes de produtos durante a secagem e o armazenamento, sendo denominados fungos de armazenamento.

Entre os tratamentos até seis meses de armazenamento não ocorreram variações significativas. Ao final do experimento, os grãos que foram armazenados em silo metálico apresentaram os maiores valores de fungos do gênero *Fusarium*. Essa maior incidência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos armazenados em silo metálico ocorreu devido a esse produto ter maior quantidade de água, ao final do trabalho, em relação aos demais grãos.

A redução da incidência de fungos de campo (gênero *Fusarium*) foi verificada neste trabalho, ou seja, inicialmente houve uma predominância de fungos de campo, com o passar dos meses de armazenamento, ocorreu uma redução dos fungos do gênero *Fusarium*. A diminuição da contaminação fúngica a partir do terceiro mês de armazenamento pode ter sido provocada pela perda da viabilidade dos esporos, que, conforme Valarini et al. (1990), são facilmente sujeitos à dessecação. Neto et al. (2007) verificaram uma redução na incidência de fungos da espécie *Fusarium graminearum* em sementes de trigo ao longo do armazenamento, eles constataram níveis de incidência de 0,5 % aos onze meses e não constataram a presença do fungo aos doze meses de armazenamento. Segundo os mesmos autores existe uma carência de trabalhos relacionados à longevidade de *F. graminearum* em grãos e/ou sementes de trigo, como também em outras culturas.

Podemos observar na Tabela 7 que ocorreu aumento do desenvolvimento de fungos do gênero *Aspergillus* para todos os tratamentos estudados.

Não houve variação significativa na incidência de *Aspergillus* até seis meses de armazenamento. Ocorreu um aumento na incidência de fungos do

Tabela 6. Incidência de fungos do gênero *Fusarium* em grãos de trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	92,0 Aa	53,0 Ba	59,5 Ba	28,5 Cb
Silo Metálico	92,0 Aa	69,0 Ba	75,0 ABa	56,5 Ba
Hermético	92,0 Aa	62,5 Ba	63,0 Ba	31,0 Cb
Silo Rotomoldado	92,0 Aa	64,5 Ba	66,0 Ba	32,0 Cb

¹ – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (% de incidência). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Incidência de fungos do gênero *Aspergillus* em grãos de trigo, expressa em %, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	4,0 Ba	6,0 Ba	3,5 Ba	35,0 Ac
Silo Metálico	4,0 Ba	0,0 Ba	1,5 Ba	79,0 Aa
Hermético	4,0 Ba	1,5 Ba	2,5 Ba	51,5 Ab
Silo Rotomoldado	4,0 Ba	1,5 Ba	1,5 Ba	35,0 Ac

1 – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (% de incidência). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Incidência de fungos do gênero *Penicillium* em grãos de trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	60,0 Aa	47,0 ABa	22,5 Ca	30,0 BCa
Silo Metálico	60,0 Aa	60,5 Aa	32,5 Ba	17,5 Bab
Hermético	60,0 Aa	54,5 ABa	39,5 Ba	5,5 Cb
Silo Rotomoldado	60,0 Aa	60,5 Aa	31,5 Ba	25,5 Ba

1 – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (%). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

gênero *Aspergillus* a partir dos seis meses de armazenamento. Esse aumento pode estar ligado ao fato de que neste período (seis aos nove meses) ocorreu um aumento da temperatura do ar, facilitando o desenvolvimento desse gênero de fungo. Houve maior incidência de *Aspergillus* ao final do período de estocagem na armazenagem em silo metálico, e na armazenagem em sacaria e em silo rotomoldado essa incidência foi menor. Conforme afirmam Sweenwey e Dobson (1998), durante longo período de armazenamento, fungos xerófilos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, denominados fungos de armazenamento, progressivamente substituem os fungos de campo. No presente trabalho verificou-se que a maior incidência de fungos do gênero *Aspergillus* ocorreu devido à redução na incidência de fungos do gênero *Fusarium*, durante o armazenamento do trigo.

Houve redução na incidência de *Penicillium* em todos os tipos de armazenagem (Tabela 8).

Entre os tratamentos até os três meses de armazenamento não ocorreram variações significativas. Ao longo do armazenamento ocorreram reduções significativas na incidência de fungos do gênero *Penicillium* para todos os tratamentos avaliados. Ao final do experimento, os grãos que foram armazena-

dos de forma hermética apresentaram os menores resultados de incidência de fungos do gênero *Penicillium*. Isso pode estar relacionado a uma sobreposição de crescimento de fungos do gênero *Aspergillus* em relação aos fungos do gênero *Penicillium*.

Observa-se na Tabela 9 que de forma geral ocorreu uma manutenção do percentual de grãos inteiros (I) nos tratamentos onde os grãos foram armazenados de forma hermética e nos silos rotomoldados, não ocorrendo variações significativas, quando comparados o tempo inicial e final do experimento, nesses dois tratamentos a presença de insetos foi bastante baixa.

A percentagem de grãos danificados por insetos (DI) durante o armazenamento no tratamento silo rotomoldado foi inferior a 2,44 %, o que mostra que em condições herméticas, devido à baixa concentração de oxigênio e elevação natural da concentração de gás carbônico, há baixa proliferação de insetos (Conyers e Bell, 2007).

Nos grãos armazenados em tonéis metálicos de forma hermética o percentual de dano por insetos foi inferior a 0,48 %, mostrando que além de não permitir a entrada de insetos da parte externa, nessas estruturas a redução na concentração de oxigênio e o aumento na concentração de gás carbônico

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Tabela 9. Análise tecnológica de grãos de trigo, expressa em porcentagem, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses sendo os defeitos: danificados pelo calor, mofados e ardidos (DCMA), chochos, triguilhos e quebrados (CTQ), danificados por insetos (DI), total de defeitos (TD), matérias estranhas e impurezas (ME) e inteiros (I),¹.

Tempo Armazenamento (Meses)	Defeitos	Tratamentos			
		Sacaria	Silo Metálico	Hermético	Silo Rotomoldado
0	DCMA*	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa
3	DCMA	0,19 Ab	0,00 Ac	0,06 Ab	0,00 Ac
6	DCMA	0,65 Aa	0,29 Bb	0,59 Aa	0,30 Bb
9	DCMA	0,00 Ab	0,00 Ac	0,00 Ab	0,00 Ac
0	CTQ**	0,51 Aab	0,51 Ab	0,51 Aab	0,51 Ab
3	CTQ	2,22 Ba	2,74 Ba	1,71 Bab	7,77 Aa
6	CTQ	2,50 Aa	0,82 Aab	2,34 Aa	0,66 Ab
9	CTQ	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab
0	DI***	0,48 Ac	0,48 Ac	0,48 Aa	0,48 Aa
3	DI	4,09 Ab	0,74 Bc	0,14 Ba	0,60 Ba
6	DI	5,92 Ba	14,09 Ab	0,03 Da	2,44 Ca
9	DI	7,15 Ba	82,88 Aa	0,14 Ca	1,12 Ca
0	TD****	1,64 Ab	1,64 Ac	1,64 Aa	1,64 Ab
3	TD	6,50 Aa	3,48 Bc	1,91 Ba	8,38 Aa
6	TD	9,08 Ba	15,19 Ab	2,95 Ca	3,40 Cb
9	TD	7,39 Ba	82,88 Aa	0,14 Ca	1,12 Cb
0	ME*****	1,01 Aa	1,01 Ad	1,01 Ac	1,01 Aa
3	ME	0,94 Ba	1,84 Ac	1,66 Ab	0,50 Cb
6	ME	0,71 Ca	5,04 Ab	2,09 Ba	0,40 Cbc
9	ME	0,71 Ba	14,84 Aa	0,56 Bd	0,04 Cc
0	I*****	97,35 Aa	97,35 Aa	97,35 Aab	97,35 Aa
3	I	92,56 BCb	94,68 ABa	96,43 Aab	91,12 Cb
6	I	90,21 Bb	79,77 Cb	94,95 Ab	96,20 Aa
9	I	92,14 Bb	2,28 Cc	99,30 Aa	98,84 Aa

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual (%). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. * Defeito: danificados pelo calor, mofados e ardidos em %; ** Defeito: chochos, triguilhos e quebrados em %; *** Defeito: danificado por insetos em %; **** Total de defeitos em %; ***** Matérias estranhas e impurezas; ***** Total de grãos inteiros ou sem defeitos em %.

inibem a oviposição de insetos e por consequência a eclosão de ovos.

Na armazenagem em silo rotomoldado a entrada de insetos é dificultada e, por consequência, há redução na porcentagem de grãos inteiros pelo ataque de insetos.

Os grãos armazenados em silo metálico apresentaram alta infestação de *S. zeamais*, o que reduziu o percentual de grãos inteiros e a qualidade dos grãos. Nesse tipo de armazenamento a porcenta-

gem de grãos inteiros reduziu de 79,77 %, aos seis meses de armazenamento, para 2,28 %, aos nove meses de estocagem.

Houve redução na porcentagem de grãos inteiros na armazenagem em sacaria, pelo ataque de insetos, porém, foi inferior ao ataque ocorrido na armazenagem em silo metálico.

Conforme a IN 38 (BRASIL, 2010), ao final do período de estocagem, os trigos do grupo II, destinados à moagem e a outras finalidades que foram

armazenados de forma hermética são classificados como tipo 1, os que foram armazenados em silo rotomoldado como tipo 3, devido à presença de danos por insetos ser superior a 1,00%, o que faz mudar a classificação para tipo 2. O trigo armazenado a granel, devido ao grande percentual de danos por insetos, foi classificado como fora de padrão. Os grãos armazenados de forma convencional em sacaria, também foram classificados como fora de padrão devido à percentagem de danos por insetos ser superior a 2 %, máximo permitido para ser classificado como tipo 3, bem como o percentual do total de defeitos ser superior a 7 %, que também é o limite máximo para ser classificado como tipo 3.

Conclusões

1. Houve menores reduções de peso hectolítrico e massa específica aparente na armazenagem hermética e a granel em silo rotomoldado;
2. As menores variações químicas ocorreram na armazenagem hermética;
3. Houve reduções na incidência de *Fusarium* e *Penicillium* e aumento na incidência de *Aspergillus* ao longo do armazenamento;
4. Na análise tecnológica, os grãos armazenados de forma hermética foram classificados como tipo 1, os em silo rotomoldado como tipo 3 e os demais como fora de tipo.

Agradecimentos

Ao CNPq, à Capes, à Estação Experimental Agrônômica da UFRGS e à Empresa Rotoplastyc.

Referências

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (A.A.C.C.). **Approved methods AACC**. 10 ed. St. Paul: AACC, 2001. p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (A.O.A.C.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16 ed. Arlington: Washington, v. I e II, 1990. p.

BAKKER-ARKEMA, F. W. **Grain quality and management of grain quality standards**. In: International Symposium of Grain Conservation. 1993, Canela. Anais... Porto Alegre: Plus Comunicações, p. 3-11, 1994.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) – DAS. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 399 p., 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa no 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento Técnico para Classificação Oficial do Trigo**. Brasília: MAPA, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2graos_08.09.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2012.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G. de; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, Campinas v. 64, n. 1, p. 127-137, 2005.

CONYERS, S. T.; BELL, C. H. A novel use of modified atmospheres: Storage insect population control. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, p. 367-374, 2007.

DIONELLO, R. G.; RADUNZ, L. L.; CONRAD, V. J. D.; LUCCA FILHO, O.; ELIAS, M. C. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, p. 137-143, 2000.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G.. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de. **Sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras – Tecnologia e Legislação**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 477 p., 2010.

FERNANDEZ, A.; STROSHINE, R.; TUIITE, J. Mould growth and carbon dioxide production during storage of high moisture corn. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, p. 137-143, 1985.

FILHO, A. F. de L.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Estruturas para Armazenagem de Grãos. In: Silva, J. S. (Ed.) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, p. 107-138, 2000.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 38, p. 191-218, 2002.

LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas, SP: Instituto Biogenexiz, v. 1. 1000 p., 2002.

MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, p. 36-46, 1979.

MILLER, J. D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **Journal Stored Products Research**, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995.

MORENO, M.E.; JIMENEZ, A.S.; VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal Stored Product Research**, Oxford, v. 36, p. 25-36, 2000.

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

- MULTON, J. Water vapour and heat transfers in grains silos and their consequences on storage. In: SHEJBAL, J. (Ed.) **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p. 399-408.
- MUIR, W. E.; WATERER, D.; SINHA, R. N. Carbon dioxide as an early indicator of stored cereals and oilseed spoilage. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 28, p. 1673-1675, 1985.
- MUIR, W. E.; WHITE, N. D. G. Microorganisms in stored grain. In: Muir, W. E. (ed.) **Manitoba: Grain Preservation Biosystems**, 2000. p. 1-17.
- NETO, F. X. DE B. T.; REIS, E. M.; CASA, R. T. Viabilidade de *Fusarium graminearum* em sementes de trigo durante o armazenamento. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 414-415, 2007.
- OLIVEIRA, M.; DIONELLO, R.G.; ELIAS, M.C. **Amostragem, análise de umidade e impureza em grãos**, p.195-230. In: Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 461 p., 2008.
- POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. 2. ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 341 p., 1999.
- ROSKENS, B. Annual meeting – industry comments. **Grain Quality Newsletter**, Wisconsin, v. 16, n. 2, p. 3-4, 1995.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.
- SAS. **Statistical Analysis Systems**. Version 9.5. Cary: SAS Institute Inc., 2002.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por seis meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: SILVA, J.S. (Ed.) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 107-138, 2000.
- SWEENEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 43, p. 141-158, 1998.
- TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; ALMEIDA, I. H.; PLAZAS, Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, 2001.
- VALARINI, P. J.; VECHIATO, M. H.; LASCA, C. C. Sobrevivência de fungos associados a sementes de arroz (*Oryza sativa*) em duas condições de armazenamento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 173-176, 1990.