

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO E SOJA EM  
ARMAZENAMENTO HERMÉTICO E NÃO HERMÉTICO SOB DIFERENTES  
UMIDADES DE COLHEITA

Arnaldo Tiecker Junior  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à  
obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia/Ênfase em Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2013

DEDICO

A meus pais, Arnaldo Tiecker e Norma Teresinha Ferner Tiecker e a meus irmãos,

Leandro Ferner Tiecker e Leonardo Rogers Ferner Tiecker.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que ultrapassa as barreiras das paredes acadêmicas, à Faculdade de Agronomia, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À minha família, pelo amor e suporte na interminável luta pela realização pessoal e profissional. À minha namorada Biane de Castro, pela enorme colaboração e companheirismo, sem os quais muito do trabalho aqui apresentado não seria possível.

A meus avós, Doutores *honoris causa* para mim, que me ensinaram o amor e o respeito pelas plantas, animais e elementos da natureza.

Ao professor Rafael Gomes Dionello, pela amizade, acolhida e ensinamentos de tantos anos.

Aos colegas Edar Ferrari Filho, Luid Eric Antunes, Rafael de Lima e Roberto Gottardi pela parceria e coleguismo.

Ao professor Emerson Del Ponte pela colaboração nas análises estatísticas e aos bolsistas do Laboratório de Epidemiologia pela ajuda e esclarecimentos.

Aos funcionários da Estação Experimental Agronômica da UFRGS.

A professores, bolsistas e funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS, pela colaboração nas análises químicas.

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO E SOJA EM ARMAZENAMENTO HERMÉTICO E NÃO HERMÉTICO SOB DIFERENTES UMIDADES DE COLHEITA<sup>1</sup>

Autor: Arnaldo Tiecker Junior

Orientador: Rafael Gomes Dionello

## RESUMO

A produção de grãos no Brasil é de aproximadamente 180 milhões de toneladas anuais e um dos principais problemas são as perdas nas etapas de pós colheita, principalmente no armazenamento desses grãos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de grãos de soja e milho em distintas umidades, utilizando diferentes estruturas de armazenamento. Os experimentos foram desenvolvidos na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No experimento 1, foram utilizados grãos de milho com umidades de, 13, 17 e 29%, sendo armazenados de forma hermética e a granel em tonéis metálicos, com avaliações de dois em dois meses durante oito meses. No experimento 2, foram utilizados grãos de soja com umidades de 9,5, 11 e 11,5%, sendo armazenados de quatro maneiras, em duas estruturas herméticas, tonel hermético e sacaria hermética e duas estruturas abertas, tonel metálico e sacaria convencional. As análises de qualidade realizadas foram de umidade, massa específica, peso de 1000 grãos, proteína, material mineral, extrato etéreo, acidez, carboidratos, microbiológica, fisiológica e tecnológica. Os resultados obtidos permitiram concluir que o armazenamento hermético manteve a umidade dos grãos de milho constante durante os oito meses de estocagem. Os grãos de milho e soja armazenados não hermeticamente tendem a entrar em equilíbrio higroscópico conforme as variações de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, durante a estocagem. Quanto maior a umidade dos grãos, menor é a massa específica e o peso de mil grãos durante o armazenamento na forma não hermética; a qualidade química dos grãos de milho sofreu menores alterações no produto armazenado com 13% na forma hermética. A contaminação de fungos do gênero *Fusarium* spp. foi alta durante os oito meses de armazenamento, e a contaminação de fungos do gênero *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. aumentou durante o armazenamento, independente da umidade dos grãos e do sistema de armazenagem. A germinação dos grãos de milho diminuiu com o aumento da umidade e, igualmente, reduziu durante o período de estocagem deste produto. A germinação dos grãos de soja com umidades de 9,5 e 11% não reduz durante seis meses de armazenamento e reduz, durante o mesmo período, com umidade de 12,5%, independente do sistema de armazenagem. O armazenamento de soja com umidades variando de 9 a 12,5% mantém a qualidade físico química e microbiológica, por até seis meses independente do sistema de armazenagem.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (83p.). Março, 2013.

# QUALITY EVALUATION OF MAIZE AND SOYBEAN GRAINS IN HERMETIC STORAGE SYSTEM AND NO HERMETIC STORAGE WITH DIFFERENT HUMIDITIES HARVEST<sup>1</sup>

Author: Arnaldo Tiecker Junior  
Adviser: Rafael Gomes Dionello

## ABSTRACT

Grains production in Brazil is about 180 million tons annually, and one of the main problems is the losses in the stages of post harvest, especially in grains storage. The objective of this study was to evaluate the quality of soybeans and maize with different humidities harvest, using various storage structures. The study was conducted at the Estação Experimental Agronômica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul. In the first experiment, maize grains were used at humidities harvest of 13, 17 and 29%, stored in hermetic and in bulk at metallic barrels, being evaluated every two months, for eight months. In the second experiment, soybeans grains were used at humidities harvest of 9.5, 11 and 12.5% being stored in four ways: in two hermetic structures, one with hermetic barrels and other with watertight sacks; and two open structures, one with metal barrels and other with conventional sacks. Quality analyzes performed were: moisture, density, weight of 1000 grains, protein, mineral material, ether extract, acidity, carbohydrates, microbiological, physiological and technological. Results showed that hermetic storage preserves humidity of maize grains during eight months of storage. Maize and soybeans grains in no hermetic storage tend to come into humidity equilibrium according to variations in temperature and relative humidity of the ambient air during storage. Higher humidity harvest of the grains, lower is the density and weight of a thousand grains in no hermetic storage. Lowest changes in chemical quality of maize occur with humidity harvest of 13% in hermetic storage system. Contamination of *Fusarium* spp. is high during eight months of storage and contamination of *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. increase during storage, independent of grain humidity and storage system. Germination of maize grains decreases with humidity increasing and it reduces during product storage. Soybeans germination with humidity of 9.5% and 11 does not reduce during six months of storage and it decreases during the same period with humidity of 12.5%, regardless of storage system. Soybean storage with grain humidity ranging from 9 to 12.5% maintains the physical, chemical and microbiological quality by to six months, regardless of the storage system.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (83p.). March, 2013.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Cultivo e importância .....	3
2.1.1 Da cultura do milho .....	3
2.1.2 Da cultura da soja .....	4
2.2 Armazenagem .....	6
2.2.1 Armazenamento e qualidade dos grãos .....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Caracterização dos experimentos .....	15
3.1.1 Experimento 1 – Armazenagem do milho .....	16
3.1.2 Experimento 2 – Armazenagem da soja .....	17
3.2 Caracterização da área experimental .....	20
3.3 Amostragem .....	21
3.4 Análises de qualidade dos grãos armazenados .....	21
3.4.1 Análise física .....	22
3.4.1.1 Umidade .....	22
3.4.1.2 Massa específica .....	22
3.4.1.3 Peso de 1000 grãos .....	22
3.4.2 Análise química .....	22
3.4.2.1 Proteína bruta .....	22
3.4.2.2 Cinzas ou material mineral .....	23
3.4.2.3 Gordura bruta ou extrato etéreo .....	23
3.4.2.4 Acidez da gordura .....	23
3.4.2.5 Carboidratos ou extrativo não nitrogenado .....	23
3.4.3 Análise microbiológica .....	23
3.4.4 Análise fisiológica .....	24
3.4.5 Análise tecnológica .....	25
3.5 Delineamento experimental e análise estatística .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1. Experimento 1 .....	27
4.2. Experimento 2 .....	55
5 CONCLUSÕES .....	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Temperatura dos grãos de milho armazenados a granel e em tonel hermético com umidades de 13, 17 e 29% durante oito meses. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ..	17
2. Temperatura dos grãos de soja armazenados a granel, em tonel hermético, em sacaria convencional e em sacaria hermética, com umidades de 9,5, 11 e 12,5% durante seis meses. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	20
3. Classificação (BRASIL, 1996), conforme o tipo, do milho armazenado em tonel hermético e a granel com umidades de 13, 17 e 29% durante oito meses. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	53

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Armazenamento de grãos em tonel hermético (A) e não hermético (B) e em sacaria hermética (C) e não hermética (D). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	15
2. Silo secador em alvenaria, com ventilação forçada de ar em temperatura ambiente. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.....	16
3. Secador em coluna inteira com ar aquecido. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ...	18
4. Umidade (%) de grãos de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	28
5. Massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) de grãos de milho sob influência do tempo de armazenamento (A) e da umidade inicial dos grãos (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	30
6. Peso de 1000 grãos (g) de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	32
7. Teor de proteína bruta (%) em milho, em função do tipo de ambiente e tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	33
8. Teor de cinzas (%) em milho, sob a influência da umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento dos grãos de milho em ambiente hermético e não hermético. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	35
9. Teor de gordura (%) em milho, sob influência do tipo de ambiente e tempo de armazenamento (A), umidade inicial e tempo de armazenamento (B) e ambiente e umidade inicial de armazenamento (C). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	37
10. Acidez da gordura (% em ácido oléico), nos grãos de milho, sob influência do tipo de ambiente e tempo de armazenamento (A) e umidade inicial e ambiente de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	39
11. Teor de carboidratos (%) em grãos de milho, sob influência da umidade inicial e tempo de armazenamento (A) e ambiente e umidade inicial de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.....	41

12. Incidência de fungos do gênero <i>Aspergillus</i> (%) em grãos de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	45
13. Incidência de fungos do gênero <i>Penicillium</i> (%) em grãos de milho, sob influência da umidade e tipo de armazenamento (A) e umidade e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	46
14. Germinação (%) de grãos de milho sob influência da umidade inicial (A) e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	47
15. Grãos carunchados (%) em milho, armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de duas umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	50
16. Grãos ardidos e brotados (%) em milho, armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não herméticos (B), partindo de duas umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	51
17. Total de grãos avariados (%) em milho, sob influência da umidade e tempo de armazenamento (A) e tipo de ambiente e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	52
18. Grãos de milho ao final de oito meses de armazenamento com 13% de umidade inicial em sistema não hermético (A) e hermético (B), com 17% de umidade inicial em sistema não hermético (C) e hermético (D) e com 29% de umidade inicial em sistema não hermético (E) e hermético (F). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012. ....	55
19. Umidade (%) de grãos de soja armazenados ao longo do tempo em sacaria hermética (A) e em tonel hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	56
20. Umidade (%) de grãos de soja armazenados ao longo do tempo em sacaria convencional (A) e a granel (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	58
21. Teor de proteína bruta (%) em soja, sob influência do tempo de armazenamento dos grãos. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	59
22. Teor de carboidratos (%) de soja sob influência do tempo de armazenamento (A) e da umidade inicial dos grãos (B). Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	60
23. Incidência de fungos do gênero <i>Fusarium</i> (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	63
24. Incidência de fungos do gênero <i>Aspergillus</i> (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	64

	Página
25. Incidência de fungos do gênero <i>Penicillium</i> (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	64
26. Incidência de fungos do gênero <i>Alternaria</i> (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	65
27. Incidência de outros fungos (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	65
28. Incidência de fungos do gênero <i>Cercospora</i> (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	66
29. Germinação (%) de grãos de soja em função da umidade e tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	67
30. Grãos partidos, amassados e quebrados (%) de soja, sob influência da umidade inicial de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012. ....	68

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo a produção de grãos é um dos principais setores do segmento agrícola. É observado o constante e significativo crescimento deste setor no país, que produziu 166,17 milhões de toneladas de grãos na safra 2011/12, ficando 3,21 milhões de toneladas ou 2% superior aos 162,96 milhões produzidos em 2010/11 (BRASIL, 2012) e com previsão de crescimento de 8,6% para safra 2012/13 (BRASIL, 2013), contribuindo significativamente para o superávit da balança comercial brasileira.

A despeito da capacidade produtiva de grãos no Brasil, há um longo caminho a ser percorrido no sentido de adequar as práticas utilizadas na pós-colheita aos padrões de qualidade exigidos pelos mercados nacional e internacional de grãos (ALVES *et al.*, 2001). Tal objetivo tem por finalidade a busca pela preservação das características físicas, químicas e biológicas dos grãos, mantendo a quantidade e a qualidade do produto colhido.

Os grãos apresentam uma característica peculiar de poderem ser armazenados por prolongados períodos de tempo sem perdas significativas em termos de qualidade e quantidade. Todavia, estas perdas podem ser afetadas por manejos e sistemas mal conduzidos na colheita e na pós-colheita (SANTOS, 2006).

Conforme Athié *et al.* (1998), as perdas de qualidade e quantidade no armazenamento ocorrem, principalmente, devido ao ataque de insetos, roedores e pássaros e deterioração por fungos. Estes agentes são responsáveis por uma perda

estimada em aproximadamente 10% dos grãos produzidos no país e somando-se às demais perdas ocorridas nas operações de pós-colheita, estas podem chegar a 30% (LORINI *et al.*, 2002).

A cada ano, o Brasil tem aumentado sua safra de grãos e com isso torna-se eminente a necessidade de crescimento da capacidade de armazenagem e adequação aos padrões de qualidade impostos pelos mercados consumidores ao setor. Embora a produção de grãos do país tenha crescido 64% entre 1994 e 2007, a capacidade de armazenamento cresceu apenas 22% no mesmo período (BRASIL, 2008). Esse fator, segundo Nogueira Junior e Tsunehiro (2003), força a venda de grande parte dos produtos no período da colheita, determinando uma desarmonia no setor agrícola, ocasionando flutuações de preços dos produtos armazenados durante o ano, aumentando os custos de comercialização e perda de competitividade do produto brasileiro frente ao mercado.

Dentre os grãos produzidos no Brasil, destacam-se o milho e a soja. Esses produtos apresentam uma utilização cada vez maior na indústria de alimentação humana e animal. Devido a isso, o mercado exige a qualidade dos produtos, com ausência de contaminação por insetos, fragmentos de insetos, roedores, pássaros fungos e resíduos químicos tóxicos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar qualitativamente e quantitativamente os grãos de milho e soja armazenados de forma hermética e não hermética em diferentes estruturas, apresentando distintas umidades de colheita. Também foi avaliada a contaminação fúngica, tanto dos grãos armazenados nos ambientes herméticos quanto nos ambientes não herméticos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Cultivo e importância**

#### **2.1.1 Da cultura do milho**

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta de cultivo anual, herbácea, pertencente à classe das monocotiledôneas, família Poaceae (FEPAGRO, 1998).

No país, o Plantio Direto é o sistema mais usado no cultivo do milho, principalmente nas grandes áreas. Já no Plantio Convencional é usado após a abertura de novas áreas e nas que estavam estabelecidas pastagens cultivadas e naturais. No caso dos pequenos produtores, ainda há o predomínio do sistema convencional, mas com crescente adoção do Plantio Direto (BRASIL, 2011).

O milho, bem como a soja, é um dos principais cultivos realizados no país e apresenta caráter econômico de elevada importância. Isso ocorre devido à sua utilização nas atividades agropecuárias e industriais, constituindo-se como material primordial em diversos empregos. O milho é utilizado em larga escala nas indústrias de alimentos, humanos e animais, de bebidas e combustíveis, podendo seu uso, ser aumentado de forma considerável, com a criação de novas fontes de consumo (SARTORI, 2001).

O plantio do milho, no Brasil, é realizado em dois períodos anuais, denominados primeira e segunda safra. Para o cultivo de milho na safra 2012/13, a área total estimada, somando os dois períodos, deverá ser de 14743,6 mil hectares e, com produção estimada

de 72192,5 mil toneladas, representando diminuição de 2,9% na área plantada e 1,1% na produção de grãos em relação à safra 20011/12 (BRASIL, 2013).

A área plantada com milho, na safra brasileira de verão (primeira safra), com exceção dos estados de São Paulo, Bahia e Distrito Federal perdeu espaço para a soja em todos os estados onde ocorre a competição por área. O quarto levantamento da safra 2012/13, aponta para redução de 5,7% na área cultivada, caindo dos 7558,5 hectares referentes a safra 2011/12, para 7124,0 hectares na atual temporada. Apesar disso, a produção nacional de milho, para a safra de verão, tem previsão de atingir 34730,6 mil toneladas, representando um incremento de 2,5%, comparado com o exercício anterior (BRASIL, 2013).

O cultivo do milho segunda Safra, plantado logo após o início de janeiro de 2013, apresenta produtividade média estimada de 4917 kg.ha<sup>-1</sup> nos 7619,6 mil hectares, totalizando 37461,9 mil toneladas. Assim não haverá aumento em relação à área da safra anterior, porém haverá um decréscimo de 4,2% na produtividade (BRASIL, 2013).

De modo geral, o milho produzido no Brasil é de boa qualidade, muito devido às tecnologias utilizadas no manejo do cultivo, uso de sementes de qualidade, clima favorável, maquinário adequado e assistência técnica aos produtores. Essa qualidade pode ser afetada por questões climáticas, como geadas e chuvas em excesso, principalmente no período da colheita, ocasionando aumento na ocorrência de grãos ardidos (BRASIL, 2011).

### **2.1.2 Da cultura da soja**

A soja *Glycine max* (L.) Merrill é uma planta herbácea que pertence à família Fabaceae (Leguminosae). A planta utilizada no Brasil para produção do grão é de comportamento anual e as suas cultivares são classificadas, conforme a duração de seus ciclos reprodutivos, em precoces, semi-precoces e tardias. A soja é originária do sudoeste

da Ásia e há relatos de seu cultivo há mais de seis mil anos na China. Atualmente, a soja é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo (GOMES, 1990; AZEVEDO, 1993; BORÉM, 1999).

No início do século XX, os estados do Rio Grande do Sul e de São Paulo revezavam-se na produção da soja no Brasil. O primeiro registro de cultivo da soja é de 1914 no município de Santa Rosa, RS. Porém foi nos anos 70 que ocorreu a expansão significativa da produção da soja no país, devido ao interesse da indústria de óleo e a demanda do mercado internacional (HASSE, 1996).

As inúmeras aplicações da soja na indústria alimentícia e farmacêutica são responsáveis pela importância de seu cultivo. Suas utilizações industriais vão desde a produção de levedo e anticorpos até a fabricação de sabões e desinfetantes (GOMES, 1990).

A soja se destaca por ser rica em proteínas, lipídios, fibras e sais minerais, sendo amplamente usada na alimentação humana e animal. A soja apresenta médio teor de óleo (aproximadamente 19%). Este óleo é altamente suscetível à oxidação dos ácidos graxos, o que confere “paladar de feijão ou oxidado”. A presença da enzima urease é um indicador da presença de fatores antinutricionais, além de proteases, lectinas, antivitaminas, alérgenos e fitatos (LIENER, 1994).

Na alimentação humana o grão é utilizado na produção de chocolates, temperos prontos, massas, derivados de carne, alimentação infantil, misturas para bebidas e para produtos dietéticos. Do processo de obtenção do óleo refinado obtém-se a lecitina, que é um agente emulsificante, muito usado para se produzir salsichas, sorvetes, achocolatados, barras de cereais e produtos congelados. Além da alimentação humana a soja é amplamente empregada na alimentação de animais, sendo que no Brasil 80% do farelo de soja, junto com o milho, compõem a ração fabricada para a alimentação (APROSOJA, 2012).

A soja tem produção estimada em 82,68 milhões de toneladas para a safra 2012/13, representando aumento de 25% em relação ao produzido na última safra. O incremento na área cultivada é observado em todas as unidades da federação, destacando-se o Estado de Mato Grosso, onde se prevê crescimento de 698,1 mil hectares, seguido do Rio Grande do Sul, 421,4 mil hectares, Paraná, 252,0 mil hectares e Goiás, com crescimento de 243,3 mil hectares. Com a produção recorde, o mercado espera pequena queda nos preços internacionais, mas mesmo assim, muito superior ao preço praticado em janeiro de 2012 (BRASIL, 2013).

A qualidade da soja produzida no Brasil é elevada devido ao emprego de boas práticas de manejo durante o ciclo da cultura e ao clima favorável à produção. Essa qualidade pode ser afetada, principalmente, por chuvas durante o fim do cultivo, elevando a umidade dos grãos colhidos e, assim, favorecendo o aumento da percentagem de grãos ardidos (BRASIL, 2011).

Assim como na colheita, a condução correta da etapa de pós-colheita evita perdas e preserva a qualidade dos grãos, sendo primordial o bom manejo da armazenagem dos grãos. Há um teor de água apropriado para o armazenamento de grãos, durante o qual, o teor de água, deve ser mantido em níveis que impeçam ou dificultem a proliferação de fungos e insetos. Os fatores de qualidade a serem preservados dependem do uso final dos grãos (Montross *et al.*, 1999).

## **2.2 Armazenagem**

A armazenagem agrícola define-se como uma das importantes áreas de intermédio entre a produção a campo e o consumo das safras. Este setor sofre determinantes influências socioeconômicas na disponibilidade quantitativa e qualitativa dos alimentos (PUZZI, 2000).

Em diversos estados da federação, o setor de armazenagem é formado por estruturas antigas e em condições precárias de funcionamento. O local em que se encontram as instalações de armazenamento nem sempre são as mais adequadas para suprir as demandas produtivas. A infraestrutura de armazenamento dentro da própria fazenda é pequena (15% do total) se comparada aos grandes países produtores de grãos, como Estados Unidos e Canadá, respectivamente, com 65 e 85% (BRASIL, 2006).

Com as predições das condições de armazenagem segura, permite-se preservar as características qualitativas de grãos por longos períodos, evitando que ocorra deterioração dos mesmos (FLEURAT-LESSARD, 2002). Esta busca pela qualidade dos grãos tem-se tornado aspecto muito importante, tanto para comercialização interna como para exportação. Entre os processos de pós-colheita a secagem do produto é muito importante para a manutenção da qualidade dos grãos durante a armazenagem, por ser a fase em que o consumo de energia é mais significativo (SAUER, 1992).

A obtenção de grãos de alta qualidade é dependente de alguns fatores, como características da espécie e da variedade, das condições ambientais durante o desenvolvimento da cultura, da época e do procedimento de colheita, do método de secagem e das práticas de armazenagem (BROOKER *et al.*, 1992). Para Vieira *et al.* (1999), a utilização da terminologia, “qualidade de sementes ou grãos”, reúne distintos elementos individuais, sendo a avaliação conjunta desses componentes a ferramenta que permite o conhecimento da potencialidade real do emprego de sementes ou grãos.

Quanto ao manuseio, o armazenamento de grãos, de forma aberta, pode ser realizado de duas formas: a convencional (sacaria) ou a granel (grãos soltos).

A armazenagem convencional utiliza estruturas como armazéns ou depósitos de construções relativamente simples, de alvenaria, na quase totalidade, com o acondicionamento dos grãos em sacaria. A maior área específica de trocas térmicas e hídricas, o maior espectro de contaminação microbiana e ataque de insetos, ácaros e

roedores durante o armazenamento, o custo da embalagem e menor operacionalidade representam limitações à estocagem convencional em relação à estocagem a granel. Já a tradição, a versatilidade de utilização das instalações, permite o armazenamento na mesma construção de mais de uma espécie e/ou cultivar de grãos, com destinos distintos. Há a utilização das edificações para outros fins, que não o armazenamento, como a guarda de maquinaria agrícola e adubos, com custos de investimento bastante inferiores, caracteriza o sistema convencional como predominante na pequena propriedade rural, em contraponto aos silos ou armazéns graneleiros, encontrados em locais com maior capacidade de armazenamento (SILVA *et al.*, 1995; WEBER, 2001).

A armazenagem a granel caracteriza-se pela dispensa do uso de embalagens, utilizando para a estocagem dos grãos estruturas como silos, armazéns graneleiros metálicos ou de concreto, ou ainda materiais de construção disponíveis e adaptados, principalmente em situações emergenciais, providos ou não de sistemas de aeração forçada. O maior aproveitamento do espaço disponível e a menor dependência de mão-de-obra são aspectos vantajosos em relação ao sistema de armazenagem convencional (NOGUEIRA *et al.*, 1989; PUZZI, 2000; SILVA *et al.*, 1995, 2000; WEBER, 2001).

As perdas durante a armazenagem de grãos ocorrem, em sua maioria, devido ao ataque de insetos, deterioração por fungos e ataques por roedores e pássaros. Em quantidade menor, porém de importância no conjunto total das perdas que ocorrem durante o armazenamento, está a atividade respiratória e a gradual perda da viabilidade dos grãos, da qualidade nutricional e das propriedades relacionadas com o uso final dos grãos (ATHIÉ *et al.*, 1998).

A grande diversidade de fungos produtores de micotoxinas é encontrada em todas as regiões do mundo, podendo crescer em uma ampla gama de substratos e variadas condições de umidade, pH e temperatura. Logo, os grãos estão sujeitos a invasão por fungos e à contaminação com micotoxinas no campo, durante a colheita, processamento,

transporte e armazenagem, quando em condições deficientes de manuseio (SCUSSEL, 2002).

A constante reivindicação do mercado consumidor pela excelência no armazenamento faz com que haja constante busca por métodos cada vez mais eficientes. Uma alternativa para o controle no armazenamento é a utilização do método físico, criando uma barreira física à entrada de agentes biológicos (insetos, ácaros, fungos, roedores e pássaros) e também às trocas gasosas entre o interior e o exterior da massa de grãos armazenada. Esse procedimento é aplicado para se alcançar o controle efetivo dos organismos presentes e manter ao máximo a viabilidade e a preservação da qualidade dos produtos armazenados (ADELER, 2000). Assim, o armazenamento hermético atua na alteração da atmosfera intergranular da massa de grãos. Com isso, a concentração de oxigênio atmosférico neste ambiente é reduzida devido à respiração da massa de grãos, de microrganismos e insetos associados (PAPADETRION & VANAVA, 1997; NAVARRO, 2008).

A armazenagem hermética de grãos é baseada na diminuição do oxigênio disponível no ambiente de armazenamento para níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados. Essa redução é obtida espontaneamente através do processo respiratório dos grãos e organismos existentes nessa massa de grãos (ELIAS, 2002; RUPOLLO *et al.*, 2004; 2006).

No armazenamento hermético, os organismos vivos que compõem o ecossistema (grãos, insetos e microrganismos), consomem o oxigênio ( $O_2$ ) por meio de processo respiratório e liberam gás carbônico ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ). Com isso, a concentração de  $O_2$  diminui até que os organismos aeróbicos parem de respirar (MUIR *et. al.* 2001). Devido a isso, a alteração da concentração de gases atmosféricos evita o crescimento de mofo e a presença de insetos, preservando a qualidade e a viabilidade de germinação dos grãos. Neste sentido a alteração da composição de gases no espaço intergranular da massa de

grãos torna-se uma alternativa em substituição ao uso de produtos químicos para este controle (JAYAS *et al.*, 1991). O estudo do armazenamento hermético em diferentes umidades de colheita pode contribuir para a redução dos custos com a secagem, operação mais cara na pós-colheita de grãos, possibilitando o armazenamento com maiores umidades. Isso possibilita a criação de uma tecnologia limpa, livre de produtos químicos e que possa ser viável qualitativamente e economicamente para o armazenamento de grãos.

Diversos fatores influenciam a atividade respiratória dos grãos e, com isso, as perdas provenientes desse processo de consumo de substâncias de reserva, levando à deterioração dos grãos. Os elementos de maior relevância para o processo respiratório são: o teor inicial de água dos grãos, o nível de dano mecânico, a temperatura do ambiente de armazenamento e da massa de grãos e a composição de gases da atmosfera de armazenamento, principalmente a disponibilidade de oxigênio ( $O_2$ ) (SAUL & STEELE, 1966; DILLAHUNTY *et al.* 2000).

O tempo necessário para o consumo do  $O_2$  em um ambiente é diretamente proporcional ao teor de água e temperatura dos produtos armazenados. Com o aumento da temperatura há concomitante aumento da taxa respiratória dos grãos e dos demais organismos vivos presentes na massa de grãos, consumindo o  $O_2$  de forma mais rápida (AGUIAR *et al.*, 2004). Devido à baixa disponibilidade de  $O_2$  no sistema de armazenamento hermético ocorre a diminuição da taxa respiratória dos grãos, dos insetos e dos fungos, reduzindo desta forma a degradação oxidativa, sem a necessidade do uso de produtos químicos (MORENO *et al.* 2000; AGUIAR *et al.* 2004; QUEZADA *et al.* 2006).

### 2.2.1 Armazenamento e qualidade dos grãos

Segundo Bakker-Arkema (1994), para avaliar-se 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, susceptibilidade à quebra, qualidade de moagem, conteúdo de proteínas, valor como ração, viabilidade como semente e como a água é retirada da semente, presença de insetos e fungos, e tipo de grão e ano de produção. Entretanto, nem todas estas 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.

Saul e Steele (1966) utilizaram o modelo de combustão de carboidratos para calcular a perda de matéria seca de grãos de milho influenciada pelo teor de água, temperatura e danos mecânicos. Seus estudos levaram à conclusão de que os grãos poderiam ser armazenados até a perda máxima de 0,5% da matéria seca antes que sua classificação comercial sofresse redução de padrão de qualidade 2 para 3, conforme classificações norte americanas. Porém, NG *et al.* (1998) realizaram estudos relacionados ao efeito de danos mecânicos e perdas de matéria seca causadas por fungos na armazenagem do milho e verificaram que a perda máxima aceitável de matéria seca para grãos colhidos mecanicamente, com 25 a 35% de dano mecânico, deveria ser de aproximadamente 0,35%.

O resultado da interação entre as variáveis químicas, físicas e biológicas determina o grau de deterioração dos produtos armazenados. As variáveis mais importantes são a temperatura, o teor de água, as propriedades físicas e estruturais dos grãos, microrganismos, ácaros, insetos, proporção de gases na atmosfera intergranular e condições de armazenagem (SINHA, 1973).

A deterioração dos produtos armazenados ocorre devido ao processo de respiração dos grãos e da microflora durante a armazenagem, pois parte da matéria comercializável é consumida (MUIR *et al.*, 2001). O processo respiratório dos grãos ocasiona perda pequena de massa quando comparada à perda ocasionada pela respiração de insetos, fungos e bactérias presentes nos grãos armazenados. Entretanto, essa perda possui elevada relevância no momento da comercialização do produto (BROOKER *et al.*, 1992).

O oxigênio livre é essencial para prover a respiração celular e a redução da energia que será utilizada para manutenção do metabolismo dos organismos anaeróbicos. Devido a isso, os grãos podem ser armazenados com uma apropriada manutenção da qualidade, quando a concentração de oxigênio é manipulada ou excluída pela modificação da estrutura de armazenamento (WHITE & LEESCH, 1996).

As bactérias aeróbicas, as bactérias anaeróbicas e as leveduras utilizam os acetaldeídos para seu desenvolvimento, porém, quando ocorre a diminuição da concentração de O<sub>2</sub>, as bactérias anaeróbicas e as leveduras realizam o processo de redução, também chamado de fermentação, que gera etanol e CO<sub>2</sub>. Quando comparada às reações aeróbicas, a fermentação é mais lenta e libera pouco calor (RODRÍGUEZ *et al.*, 2002).

As espécies de levedura que predominam no armazenamento hermético são: *Hansenula anomala*, *Candida krusei*, *Hipopichia burtonii* e *Candida glabrata* (PETERSSON & SCHNURER, 1995). A proliferação de leveduras dentro do sistema hermético se dá por se tratarem de espécies de fungos facultativos, podendo crescer em ambientes com ausência, presença ou em baixas concentrações de O<sub>2</sub>. Porém, Moreno *et al.* (2000) verificaram que alguns fungos aeróbicos, como *Aspergillus chevalieri*, continuam seu crescimento quando a concentração de O<sub>2</sub> é mantida em níveis inferiores a 1%.

Conforme Rupollo *et al.* (2006), a aveia armazenada durante 12 meses em sistema hermético, apresentou um aumento da contaminação por fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, em umidades iniciais de armazenamento de 15, 18 e 21% e para *Fusarium* a maior incidência foi verificada em grãos armazenados com 21% de umidade. Entretanto, estes autores, constataram que não houve a produção de substâncias tóxicas geradas por fungos (micotoxinas).

Adhikarinayke *et al.* (2006) estudaram o efeito do armazenamento em sistema hermético e em sistema não hermético na qualidade e perda de matéria seca de arroz com casca, durante 6 meses de armazenamento, com 14% de umidade inicial dos grãos e temperatura durante o dia variando de 27 a 32 °C. Com isso, verificou-se que as perdas de matéria seca no sistema hermético são menores que as perdas ocorridas nas mesmas condições no sistema não hermético, correspondendo a 0,4 e 2,1%, respectivamente.

O armazenamento hermético em silo bolsa foi estudado por Faroni *et al.* (2005) na região de Guarapuava, PR, utilizando soja com umidade inicial de 13 e 17% em condição de temperatura ambiente durante o armazenamento. Estes autores concluíram que o armazenamento hermético garantiu satisfatória manutenção da qualidade dos grãos para esta região onde o clima é Cfb - Clima temperado propriamente dito; com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), com verões frescos, com temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida, segundo a classificação de Köppen (TREWARTHA & HORN, 1980).

A mortalidade dos insetos expostos à atmosfera modificada não tem suas causas completamente entendidas. As principais hipóteses são os efeitos tóxicos causados pela dessecação e falta de capacidade de utilização de lipídios como suporte para energia requisitada pelos organismos (DONAHAYE, 1991). Na ausência de oxigênio, os organismos tem sua fisiologia alterada e reagem menos aos estímulos do ambiente.

A velocidade com que ocorre a obtenção de certos níveis de mortandade dos insetos expostos a uma determinada atmosfera modificada é diretamente dependente da temperatura de armazenagem. Quanto maior for a temperatura, mais rápidos são as reações metabólicas dos insetos e mais rapidamente se atingirá a mortalidade de insetos sob atmosfera modificada (AFONSO *et al.*, 2000).

A elevação da concentração de gás carbônico e a diminuição simultânea de oxigênio em ambientes herméticos favorecem o controle de insetos. A mortalidade de insetos ocorre em maior escala nas formas imaturas de desenvolvimento, quando os níveis de oxigênio intergranular atingem níveis de concentração próximos ou inferiores a 5% (AFONSO *et al.*, 2000).

Até o presente momento não há relatos de resistência de insetos à atmosfera modificada. Entretanto foi observado, em laboratório, que *Tribolium castaneum* é mais tolerante à redução da concentração de dióxido de carbono que as demais espécies de insetos de grãos armazenados (WHITE & LEESCH, 1996).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização dos experimentos

O trabalho foi dividido em dois experimentos, armazenagem do milho (experimento 1), com início no dia 11 de Junho 2011 e armazenagem da soja (experimento 2), com início no dia 20 de Maio de 2012.

Para a realização dos experimentos foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), da safra 2010/2011 e grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), da safra agrícola 2011/2012, ambos obtidos de cultivos realizados na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA – UFRGS).

O armazenamento dos grãos de milho foi realizado utilizando tonéis metálicos de fechamento hermético (Figura 1 A) e não hermético (Figura 1 B) e dos grãos de soja foi realizado utilizando, além de tonéis herméticos e não herméticos, sacarias herméticas (Figura 1 C) e as tradicionais não herméticas (Figura 1 D).



FIGURA 1. Armazenamento de grãos em tonel hermético (A) e não hermético (B) e em sacaria hermética (C) e não hermética (D). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

### 3.1.1 Experimento 1 – Armazenagem do milho

No experimento 1 foram utilizados grãos de milho com 3 umidades distintas, tendo 13, 17 e 29% de umidade em base úmida (b.u.). Os grãos com 29% de umidade vieram diretamente da colheita. Os grãos com 17 e 13% passaram por processo de secagem em silo secador estacionário com ventilação forçada de ar em temperatura ambiente. O silo secador (Figura 2), construído em alvenaria, apresenta capacidade para 100 sacos de milho.



FIGURA 2. Silo secador em alvenaria, com ventilação forçada de ar em temperatura ambiente. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

As umidades de armazenamento foram escolhidas para avaliar o desempenho do armazenamento em condições ideais de armazenamento (13%), em condições tradicionais de colheita (17%) e em condições de máxima umidade passível de colheita mecanizada (29%). Os grãos, com 13, 17 e 29% de umidade, foram armazenados de forma hermética e a granel em tonéis metálicos.

O armazenamento hermético foi realizado em tonéis metálicos de 200 litros, com fechamento completo da tampa, sendo essa vedada com plástico, borracha e fita adesiva.

Para cada tratamento foram armazenados 180 kg de milho por tonel, em três repetições, totalizando 36 tonéis de milho armazenados de forma hermética.

No armazenamento não hermético (a granel), foram armazenados 180 kg de milho em cada tonel (200 l) e mantidos sem tampa. Para cada umidade de colheita foi utilizado um tonel, no qual eram retiradas amostras em triplicata para realização das análises, totalizando três tonéis.

Durante o armazenamento do milho, a cada coleta de amostra, foi realizada a leitura da temperatura dos grãos, com termômetros de mercúrio, exceto na implantação do experimento (Tabela 1).

TABELA 1. Temperatura dos grãos de milho armazenados a granel e em tonel hermético com umidades de 13, 17 e 29% durante oito meses. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Milho a Granel (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	13	17	29
2	17	27	30
4	30	35	38
6	34	39	42
8	35	36	38
Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Milho em Tonel Hermético (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	13	17	29
2	16	16	16
4	25	25	25
6	28	28	28
8	28	28	29

### 3.1.2 Experimento 2 – Armazenagem da soja

No experimento 2 foram utilizados grãos de soja com 3 umidades distintas, tendo 12,5, 11 e 9,5% de umidade (b.u.). Os grãos passaram por processo de secagem para atingirem essas umidades. As umidades de armazenamento foram escolhidas para avaliar o desempenho do armazenamento em condições ideais de armazenamento (12,5%) e em secagens excessivas (11 e 9,5%). O secador utilizado, com capacidade para 12 sacos

(Figura 3), realizou secagem em coluna inteira com ar aquecido em alta temperatura. A temperatura de entrada de ar de secagem foi de  $60 \pm 5$  °C. Durante as operações de secagem foram realizadas medições da massa de grãos em intervalos de tempo de 30 minutos até o final da operação, com o monitoramento da umidade, através de determinador dielétrico (GEOLE) previamente calibrado pelo método de estufa, e da temperatura, com o uso de termômetro de mercúrio. A temperatura máxima da massa de grãos constatada entre todas as secagens foi de 41 °C. Após a secagem, os grãos permaneceram cinco dias em repouso para estabilização da umidade e da temperatura, para então instalar o experimento.



FIGURA 3. Secador em coluna inteira com ar aquecido. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Os grãos de soja foram armazenados em quatro diferentes formas (tipos de armazenamento). Foram utilizados dois formatos herméticos, tonel hermético e sacaria hermética (bolsa “bag” plástica) e dois formatos não herméticos, tonel aberto (simulando armazenamento a granel) e sacaria convencional.

O armazenamento hermético em tonel foi realizado em recipientes metálicos de 200 litros, com fechamento hermético da tampa, sendo esta vedada com plástico, borracha e fita adesiva. Foram armazenados, em cada tonel, cerca de 180 kg de soja para cada repetição, com três repetições por tratamento de umidade, totalizando 27 tonéis de soja armazenados de forma hermética.

No armazenamento em tonel não hermético (a granel), foram armazenados 180 kg de soja em cada tonel (200 l) e mantidos sem tampa. Para cada umidade de colheita foi utilizado um tonel onde eram retiradas amostras em triplicata para realização das análises, totalizando três tonéis.

O armazenamento em sacaria hermética foi realizado em bolsas “bag” plásticas (adquiridas da empresa Superbag - GrainPro, INC.), confeccionadas em material multicamada, com o intuito de criar barreira contra trocas de umidade e gases entre o interior e o exterior do ambiente de armazenamento. Foram armazenadas nove sacas de 60 kg por umidade de colheita, totalizando 27 sacas de soja armazenadas no tratamento em bolsas plásticas herméticas. As sacarias herméticas foram revestidas com sacarias de ráfia para proteção, conforme recomendações do fabricante.

No armazenamento em sacaria convencional foi utilizada sacaria de ráfia comum, sendo armazenadas três sacas de soja de 60 kg para cada umidade, totalizando nove sacas.

Durante o armazenamento da soja, a cada coleta de amostra, foi realizada a medição da temperatura dos grãos com termômetros de mercúrio, exceto na implantação do experimento (Tabela 2).

TABELA 2. Temperatura dos grãos de soja armazenados a granel, em tonel hermético, em sacaria convencional e em sacaria hermética, com umidades de 9,5, 11 e 12,5% durante seis meses. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Soja a Granel (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	9,5	11	12,5
2	19	20	20
4	21	22	23
6	25	26	26
Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Soja em Tonel Hermético (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	9,5	11	12,5
2	20	20	20
4	22	22	22
6	25	26	25
Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Soja em Sacaria Convencional (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	9,5	11	12,5
2	19	19	19
4	21	22	22
6	25	26	26
Tempo de Armazenamento (meses)	Temperatura dos Grãos de Soja em Sacaria Hermética (°C)		
	Umidade do Grão (%)		
	9,5	11	12,5
2	19	19	20
4	21	21	21
6	25	25	25

### 3.2 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA – UFRGS). A EEA está situada no município de Eldorado do Sul – RS, no km 146 da BR 290, região ecoclimática da Depressão Central do Rio Grande do Sul, na latitude 30°05'52" Sul e longitude 51°39'08" Oeste, a 36m de altitude média.

O clima da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul é classificado como Cfa, segundo a classificação climática de Köeppen (MORENO, 1961), caracterizado como subtropical úmido com verão quente, cujas precipitações pluviais são distribuídas ao longo do ano. Segundo classificação de Thornthwaite, o clima local é

mesotérmico úmido com pouca deficiência hídrica. As médias mensais, em abrigo meteorológico, variam de 9 a 25 °C, sendo o outono mais frio que a primavera (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989).

### **3.3 Amostragem**

As amostras, durante o armazenamento dos grãos, foram retiradas com auxílio de calador ou sonda para os tonéis e calador de sacaria para as sacarias, ambas as coletas em pontos aleatórios das estruturas de armazenagem, conforme recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Foram coletadas três amostras por umidade em cada tempo de armazenamento nos diferentes tipos de armazenagem.

As coletas para análises de Pós-Colheita foram realizadas em intervalos de dois meses, durante oito meses, para o experimento com o milho e durante seis meses para o experimento com a soja, contando como tempo zero o momento da implantação do experimento.

### **3.4 Análises de qualidade dos grãos armazenados**

As análises de qualidade dos grãos foram realizadas durante o armazenamento do milho (experimento 1) e da soja (experimento 2). Foram realizadas avaliações físicas, químicas, tecnológicas, microbiológicas e fisiológicas. As análises físicas, microbiológicas, fisiológicas e tecnológicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Grãos (LPCG) da UFRGS e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) da UFRGS.

### **3.4.1 Análise física**

#### **3.4.1.1 Umidade**

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

#### **3.4.1.2 Massa específica**

Para determinar a massa específica, foi realizada 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. Os resultados da massa específica foram convertidos para serem expressos em  $\text{kg.m}^{-3}$  em base seca.

#### **3.4.1.3 Peso de 1000 grãos**

O peso de mil grãos foi determinado através da média da pesagem de oito repetições de 100 grãos, pesados em balança analítica, sendo a média multiplicada por dez conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e o resultado expresso em gramas (g) em base seca.

### **3.4.2 Análise química**

#### **3.4.2.1 Proteína bruta**

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, conforme a American Association of Cereal Chemists - A.A.C.C. (2000). Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

### **3.4.2.2 Cinzas ou material mineral**

O teor de cinzas ou material mineral foi determinado conforme a Association of Official Analytical Chemists - A.O.A.C. (1997), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

### **3.4.2.3 Gordura bruta ou extrato etéreo**

A extração e a determinação do teor de gordura bruta foi realizada conforme descrito na American Oil Chemists' Society - A.O.C.S. (1996), com a utilização do aparelho Soxhlet. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

### **3.4.2.4 Acidez da gordura**

O teor de acidez da gordura (ácidos graxos livres), expresso em percentagem (%) de ácido oleico (massa molar = 282 g.mol<sup>-1</sup>) em base seca, foi determinado conforme a A.O.C.S. (1996).

### **3.4.2.5 Carboidratos ou extrativo não nitrogenado**

A determinação de carboidratos foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100% o somatório das percentagens dos teores determinados para proteína, extrato etéreo e cinzas. Os resultados foram expressos em percentagem (%) em base seca.

### **3.4.3 Análise microbiológica**

A análise microbiológica de incidência de fungos foi realizada pelo método de sanidade do papel filtro "Blotter Test" recomendado para análise de sementes pelo MAPA (BRASIL, 2009). Foram coletados 200 grãos de cada amostra, divididos em oito repetições de 25 grãos cada. Posteriormente, foram distribuídos em "gerbox" plásticos,

previamente limpos com álcool etílico 70%, colocados sobre três folhas de papel filtro autoclavadas umedecidas com água destilada e autoclavada. A seguir, os recipientes foram colocados em câmara de crescimento sob iluminação contínua, à temperatura de  $25 \pm 2$  °C, por um período de nove dias. Após esse período, os fungos foram contados e identificados. A identificação dos fungos, em nível de gênero, presentes nos grãos de milho e soja, foi realizada por meio de lupa estereoscópica e microscópio ótico.

No experimento 1 (milho), a incidência foi avaliada em porcentagem de grãos contendo fungos dos gêneros *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp..

No experimento 2 (soja) foi realizado o teste com a desinfestação dos grãos em uma solução de hipoclorito de sódio a 50% (v/v) do produto comercial, o qual continha 2% de princípio ativo durante 1 minuto com 3 enxágues posteriores em água destilada e autoclavada. A incidência foi avaliada em porcentagem de grãos contendo fungos dos gêneros *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cercospora* spp., *Alternaria* spp. e “outros gêneros” (onde foram agrupados outros fungos presentes, que não os dos gêneros anteriores).

#### **3.4.4 Análise fisiológica**

A análise fisiológica de germinação foi produzida com quatro subamostras de 50 sementes para cada repetição que foram colocadas para germinar entre três folhas de papel-toalha fechadas em rolo, umedecidas com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco. Os rolos foram levados ao germinador do tipo BOD. No experimento 1 (milho) foram utilizadas temperaturas alternadas ( $20$  e  $30 \pm 1$  °C), com temperatura mais baixa durante 16 horas, período noturno, e mais alta por oito horas, período diurno. No experimento 2 (soja) foi utilizado um fotoperíodo de 12 horas com temperatura constante de  $25 \pm 1$  °C. A porcentagem de plântulas normais foi avaliada no sétimo dia para o milho e no oitavo dia para a soja, após o início do teste, segundo os

critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os dados foram expressos em percentagem de germinação.

### **3.4.5 Análise tecnológica**

No experimento 1 (milho), as amostras foram determinadas conforme metodologia referente à portaria nº 11, de 12 de abril de 1996 do MAPA (BRASIL, 1996). Os resultados obtidos foram indicados como teores de grãos ardidos e brotados, grãos carunchados e grãos avariados e a classificação dos grãos conforme o tipo.

A classificação dos grãos, para determinação do tipo, deu-se através dos teores de grãos ardidos e brotados e dos teores de grãos avariados sendo desprezados os teores de matérias estranhas, impurezas e fragmentos e os teores de umidade. Os valores dos teores de grãos ardidos e brotados e dos teores de grãos avariados foram composto utilizando a média das 3 repetições de cada tratamento. Os percentuais de matérias estranhas, impurezas e fragmentos foram desprezados do critério de classificação, visto que os grãos de milho não passaram por processo de pré-limpeza e seus teores não apresentaram variações significativas ao longo do tempo, independente do sistema de armazenamento e da umidade inicial dos grãos. Já os teores de umidade foram desprezados porque os grãos, para serem classificados conforme a mesma portaria, devem apresentar umidade máxima de 14,5%, critério este não atendido para os grãos armazenados com umidades iniciais de 17 e 29%.

No experimento 2 (soja), as amostras foram determinadas conforme metodologia referente à instrução normativa nº 11, de 15 de maio de 2007 do MAPA (BRASIL, 2007). Os resultados obtidos foram indicados como teores percentuais de grãos ardidos, grãos mofados, grãos avariados e grãos partidos, amassados e quebrados e a classificação dos grãos conforme o tipo.

Para a classificação dos grãos de soja, na determinação do tipo, foi utilizada a média das 3 repetições de cada tratamento para compor cada elemento da análise tecnológica.

### **3.5 Delineamento experimental e análise estatística**

Foi utilizado o delineamento experimental completamente casualizado. O esquema fatorial para o experimento 1 (milho) foi o 3x2x5, sendo três umidades iniciais dos grãos (13, 17 e 29%), dois sistemas de armazenamento (tonéis herméticos e não herméticos) e cinco períodos de coleta de amostras (0, 2, 4, 6 e 8 meses). Para o experimento 2 (soja), o esquema fatorial foi o 3x4x4, sendo três umidades iniciais dos grãos (9,5, 11 e 12,5%), quatro sistemas de armazenamento (tonel hermético e não hermético e sacaria hermética e não hermética) e quatro períodos de coleta de amostras (0, 2, 4 e 6 meses).

A significância do efeito dos tratamentos ( $P < 0,05$ ) foi avaliada pela análise de *deviance* baseada em modelos lineares generalizados, a qual é análoga do teste F da ANOVA clássica. Para cada uma das variáveis-resposta avaliada, atribuiu-se distribuição normal (gaussiana) com função de ligação “identity” através da função *glm* do programa computacional R. Foram avaliados os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento e as interações duplas e triplas. Para cada variável analisada, iniciou-se com um modelo completo, ou seja, até a interação tripla. No caso de não significância da interação tripla, novos modelos foram ajustados para testar cada uma das três interações duplas ou efeito simples no caso de ausência de significância das interações duplas. Modelos de regressão foram ajustados onde houve significância de alguma das interações com os fatores contínuos tempo ou umidade inicial. As análises de *deviance* foram feitas no programa computacional R e as regressões e os gráficos no SigmaPlot v. 12.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os dados obtidos nas avaliações dos grãos de milho armazenados durante os anos de 2011/2012 (experimento 1) são apresentados. A seguir, são abordados os resultados dos grãos de soja armazenados durante o ano de 2012 (experimento 2).

### 4.1. Experimento 1

Os resultados da análise de *deviance* com o modelo completo (até a interação tripla) indicam efeito significativo da interação tripla ( $P < 0,001$ ) para a variável umidade inicial dos grãos. Ou seja, a umidade dos grãos de milho variou ao longo do tempo em função dos ambientes de armazenamento e umidades iniciais. No armazenamento hermético (Figura 4 A), os teores de umidade foram mantidos até os oito meses de armazenamento. Estes confirmam o conhecimento de que o armazenamento de grãos em ambientes herméticos modifica a atmosfera de armazenamento, não permitindo trocas entre o ambiente interno de armazenamento e o ambiente externo (RUPOLLO *et al.*, 2004). Faroni *et al.* (2009), em um estudo com armazenamento de soja, por seis meses, em silo bolsa com duas umidades (13,4 e 17,4%), observaram que os teores de água se mantiveram próximos aos valores observados no início da estocagem. São resultados semelhantes aos observados no presente estudo.

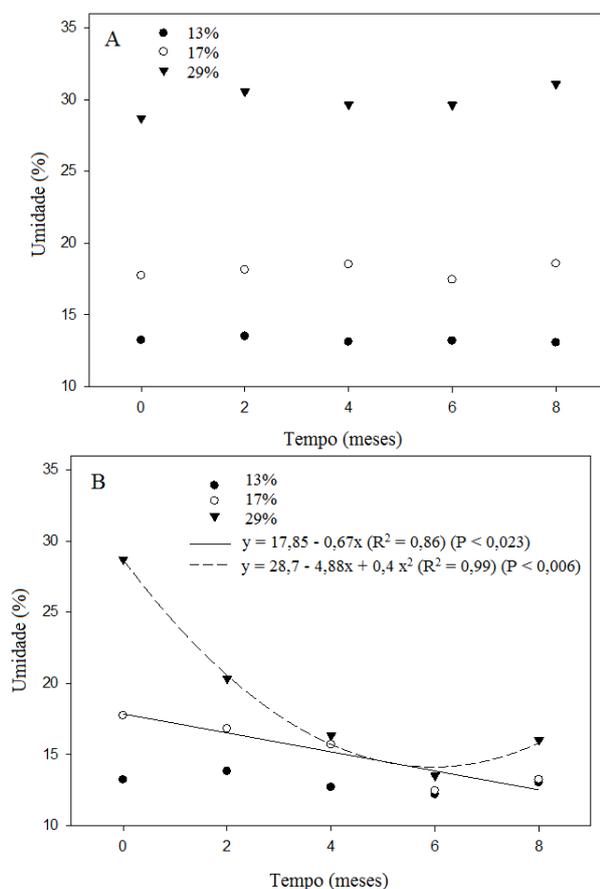


FIGURA 4. Umidade (%) de grãos de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Já no ambiente não hermético, os grãos, que foram armazenados com umidades de 29 e 17% (Figura 4 B), entraram em equilíbrio higroscópico em umidades mais baixas do que as iniciais. Entretanto, os grãos armazenados com 13% de umidade não sofreram variação significativa em sua umidade durante o período de armazenamento. De acordo com Chen (2000), a umidade dos grãos pode variar em função da umidade relativa do ar, composição química do grão, fatores ambientais, fatores genéticos, temperatura de secagem e histerese. A umidade e a temperatura são os principais fatores que influenciam no equilíbrio higroscópico dos grãos. Os grãos com umidade mais elevadas, em ambiente não hermético, apresentaram tendência de secarem de forma natural durante o verão. Isso pode ser observado na metade final do armazenamento, quando ocorreu o aumento da temperatura do ambiente e redução da umidade relativa do ar. Os grãos armazenados com umidade maior que o equilíbrio higroscópico perderam água até o sexto mês. Este

efeito da perda ou ganho de água em função das condições ambientais também foi observado por outros autores (ALENCAR *et al.*, 2009; ELIAS *et al.*, 2009; SCHUH *et al.*, 2011).

Na análise da massa específica dos grãos de milho foram testados, individualmente, os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento, uma vez que as interações triplas e duplas não foram significativas, mostrando evidência do efeito simples do fator tempo ( $P < 0,001$ ) e do fator umidade inicial dos grãos ( $P < 0,001$ ).

Para o fator tempo de armazenamento, os grãos de milho apresentaram maior massa específica no momento da implantação do experimento, sofrendo queda constante com o passar do tempo até o fim do experimento (Figura 5 A). A massa específica apresentou diminuição 15,79%, passando de  $562,32 \text{ kg.m}^{-3}$ , no início da armazenagem, para  $473,52 \text{ kg.m}^{-3}$ , no final da armazenagem.

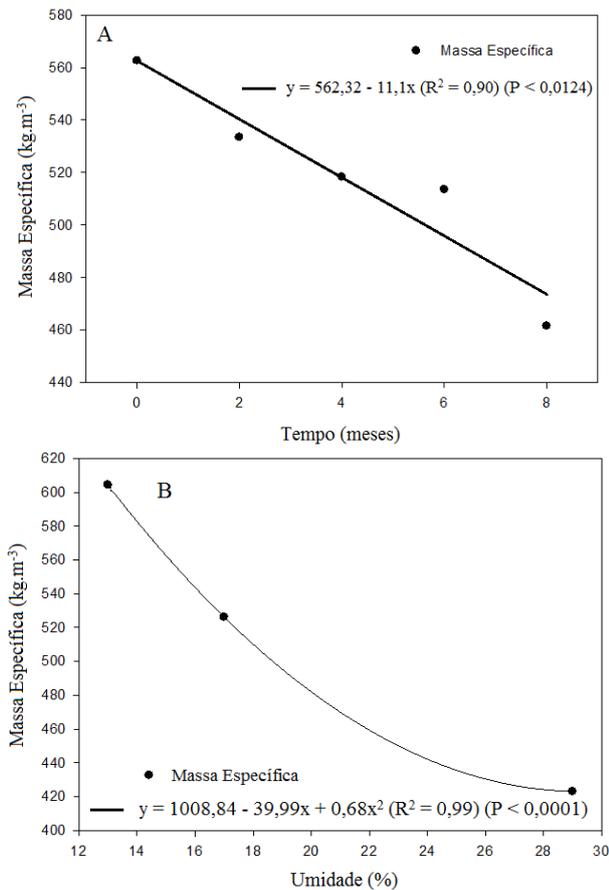


FIGURA 5. Massa específica (kg.m<sup>-3</sup>) de grãos de milho sob influência do tempo de armazenamento (A) e da umidade inicial dos grãos (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Para o fator umidade inicial de armazenamento, os grãos de milho apresentaram maior massa específica quando continham menor umidade e menor massa específica quando continham maior umidade inicial de armazenamento (Figura 5 B). A massa específica apresentou diferença de 30,28% entre os grãos armazenados com 13 e 29% de umidade, ou seja, a massa específica dos grãos armazenados com 13% foi de 603,89 kg.m<sup>-3</sup> e a dos grãos armazenados com 29% foi de 421,01 kg.m<sup>-3</sup>.

Conforme Silva (1997), baixos valores de massa específica são encontrados em grãos que perderam, demasiadamente, matéria seca devido à infestação de fungos e insetos no armazenamento, como observado no experimento. Segundo Elias *et al.* (1997), a massa específica está diretamente relacionada à integridade biológica dos grãos, sendo o consumo de nutrientes, decorrente do metabolismo dos grãos e dos organismos associados, o responsável por sua redução.

Na variável peso de 1000 grãos, a análise mostrou efeito significativo da interação tripla ( $P = 0,017$ ), Indicando que o peso de 1000 grãos variou ao longo do tempo em função dos ambientes de armazenamento e umidades iniciais. No ambiente hermético não houve variação significativa do peso de 1000 grãos ao longo do tempo nas diferentes umidades avaliadas (Figura 6 A). As menores perdas de peso de 1000 grãos correspondem aos melhores parâmetros de conservação da massa de grãos durante o armazenamento (PUZZI, 2000). Entretanto, no ambiente não hermético foram evidenciadas perdas de 17,56 e 39,81% no peso de 1000 grãos durante o período de armazenamento para as umidades de 17 e 29%, respectivamente (Figura 6 B). As maiores perdas no peso de 1000 grãos ocorreram aos oito meses de armazenamento, no ambiente não hermético, em umidades de 17 e 29%, período em que a temperatura e a umidade relativa do ar de armazenamento foram maiores, levando ao aumento do ataque de insetos e dos organismos associados e no metabolismo dos grãos, causando aumento do consumo de reservas e, devido a isso, maior perda de peso dos grãos. Os valores observados remetem às perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, devido ao seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e também de pragas associadas (CALDASSO, 1998; DIONELLO, 2000). Schuh *et al.* (2011), avaliando milho armazenado de forma convencional (ou não hermético), por seis meses com umidade de aproximadamente 12%, observaram perdas de aproximadamente 10% no peso de 1000 grãos. Resultados semelhantes aos encontrados por Schuh *et al.* (2011) foram encontrados no presente trabalho, devido aos elevado ataque de insetos e de fungos, conduzindo à redução do peso de 1000 grão nas umidades maiores em sistema não hermético.

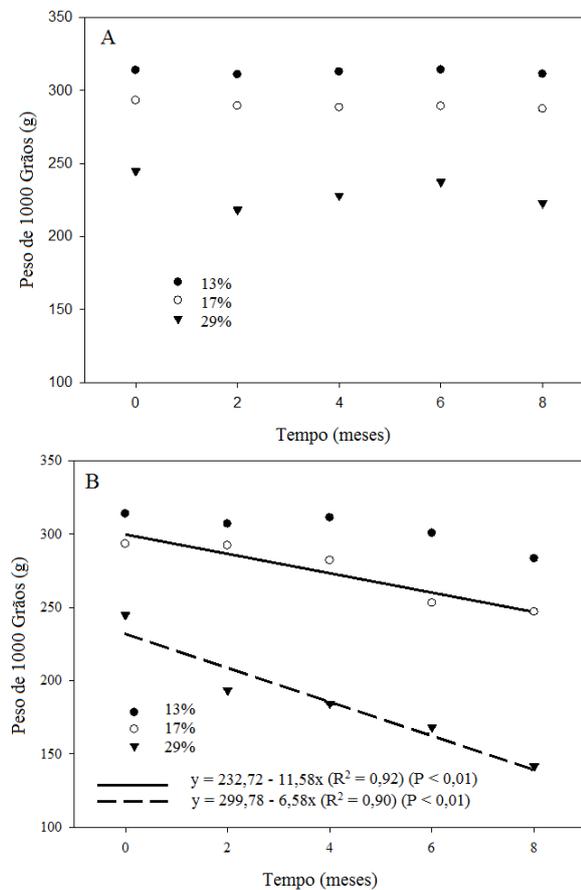


FIGURA 6. Peso de 1000 grãos (g) de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Para as variáveis teor de proteína, teor de cinzas, teor de gordura, acidez da gordura e teor de carboidratos, os modelos que testaram individualmente as três interações duplas, uma vez que a interação tripla não foi significativa, mostraram evidências do efeito de pelo menos uma das interações testadas. Para o teor de proteína houve forte evidência ( $P < 0,001$ ) de efeito da interação ambiente e tempo de armazenamento, não sendo significativas as demais interações ( $P > 0,05$ ).

Os teores de proteína bruta variaram de 9,6% a 11,4%, sendo mais baixo no tempo inicial, com tendência de aumento e estabilização a partir do sexto mês de armazenamento no sistema não hermético (Figura 7). Já no sistema hermético houve tendência de aumento em até um ponto percentual da proteína até o quarto mês, seguido de um declínio em dois pontos percentuais, a partir desse, até o tempo máximo estudado. O aumento dos teores de proteína por mais tempo e em valores finais mais altos no

sistema não hermético ocorreu, possivelmente, pelo fato de que quando é realizada a análise de proteína bruta, também se analisa a proteína fúngica, a qual é quantificada juntamente com a proteína bruta do grão. Assim, o conteúdo determinado representa a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (BHATTACHARYA & RAHA, 2002; GUTKOSKI *et al.*, 2009). Conforme estes autores, a proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. Como no sistema hermético há oxigênio, mesmo em níveis menores, pode ocorrer crescimento de fungos, o que também pode levar a um aumento inicial na proteína dos grãos, porém em menor proporção, quando comparado ao sistema não hermético. As trocas térmicas e de umidade são menos intensas no armazenamento hermético, do que no sistema não hermético estudado. No armazenamento hermético, o que pode ter levado a redução no teor de proteínas a partir do quarto mês de armazenamento é a temperatura do ambiente de armazenamento, a qual foi mais alta a partir desse tempo. Conforme Carvalho *et al.* (2004); Pipolo *et al.* (2004), temperaturas elevadas causam alterações nos constituintes químicos dos grãos, como lipídios, carboidratos e proteínas.

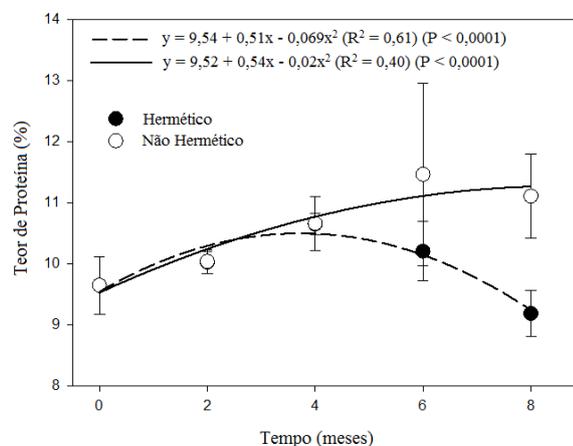


FIGURA 7. Teor de proteína bruta (%) em milho, em função do tipo de ambiente e tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Quanto ao teor de cinzas, não houve evidência de efeito da interação ambiente e tempo de armazenamento ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, houve fraca evidência ( $P = 0,052$ ) do efeito da interação ambiente e umidade inicial e forte evidência ( $P < 0,01$ ) do efeito da interação umidade inicial e tempo de armazenamento. Houve tendência de aumento no teor de cinzas ao longo do tempo para todas as umidades iniciais, independente do ambiente de armazenamento (Figura 8). Os valores finais de cinzas foram semelhantes para ambas as umidades iniciais ao final do oitavo mês (resultados entre 2,01 e 2,11%), no entanto, foram mais altos para os grãos armazenados com umidade inicial de 29%, desde o início do armazenamento. Segundo Salunkhe *et al.*, (1985), o conteúdo mineral, representado pelo teor de cinzas é, entre os constituintes químicos dos grãos de milho, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até  $\text{CO}_2$ , água e outros produtos, com liberação de calor, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida. Em altos índices de umidade, superiores a 13-14%, a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais, o que causa a sua deterioração mais rápida (KAYS, 1991; MUIR *et al.*, 2001). O que pode ser observado neste estudo é que, à medida que a umidade inicial foi mais alta, maiores foram os teores iniciais de cinzas, por consequência maiores perdas de qualidade durante o armazenamento. Assim, evidencia-se que armazenamento em umidades elevadas (29%) leva à maior deterioração dos grãos de milho, independente do sistema de armazenamento utilizado (hermético ou não hermético).

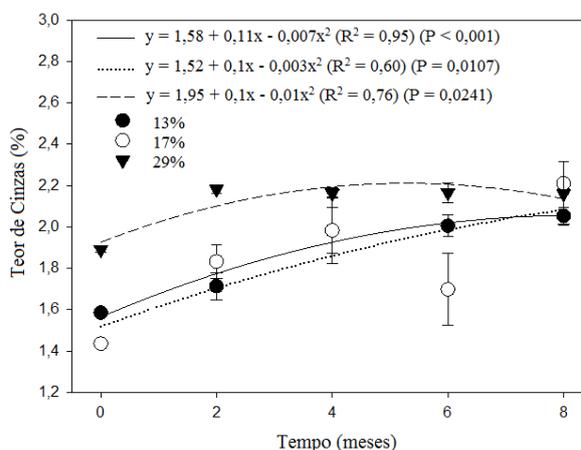


FIGURA 8. Teor de cinzas (%) em milho, sob a influência da umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento dos grãos de milho em ambiente hermético e não hermético. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Para o teor de gordura (extrato etéreo), todos os modelos com interações duplas, testadas individualmente, mostraram efeito significativo, sendo mais fortes as evidências ( $P < 0,001$ ) para as interações ambiente e tempo de armazenamento e ambiente e umidade inicial e mais fraca evidência ( $P = 0,032$ ) para a interação umidade inicial e tempo.

Os teores de gordura, os grãos de milho armazenados no sistema hermético apresentam um padrão de valores superior aos teores mensurados em sistema não hermético ao longo do tempo, com tendência de incremento máximo de 1,5 pontos percentuais até o sexto mês e com um pequeno decréscimo até o final, embora não significativo devido à elevada variação entre as amostras (Figura 9 A). Já no sistema não hermético os níveis praticamente não foram alterados ao longo do tempo, cuja média ficou ao redor de 5%. Conforme Rupollo *et al.* (2004), a perda de gordura, que ocorre durante o armazenamento, é devido a processos bioquímicos, como a respiração ou processos oxidativos, resultando na diminuição de gordura. O mesmo autor em um trabalho com aveia armazenada de forma hermética e não hermética (granel), em umidades de 8, 11 e 14% durante 12 meses, não observou efeito significativo do teor de umidade ou do sistema de armazenamento, apenas do tempo de armazenamento onde o teor de gordura variou significativamente. Hou e Chang (2004), ao analisarem a

composição química dos grãos de soja armazenados em diferentes condições ambientais, verificaram aumento do teor de lipídios quando os grãos foram armazenados a 30 °C e 84% de umidade relativa do ar, sendo este aumento de 17,18 para 19,90% após seis meses, atingindo 20,36% após 9 meses. Razões para este aumento de lipídios durante os períodos de armazenamento não foram citadas. Conforme List e Mounts (1993), a principal hipótese para este aumento seria que fosfolipídios são destruídos durante o armazenamento destes grãos, e este aumento pode ser resultado desta destruição, formando compostos que podem tornar-se extraíveis em éter de petróleo, e que não eram inicialmente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no sistema de armazenamento hermético do presente estudo, indicando a provável destruição de fosfolipídios constituintes das membranas celulares e, por consequência, perda de funcionalidade celular.

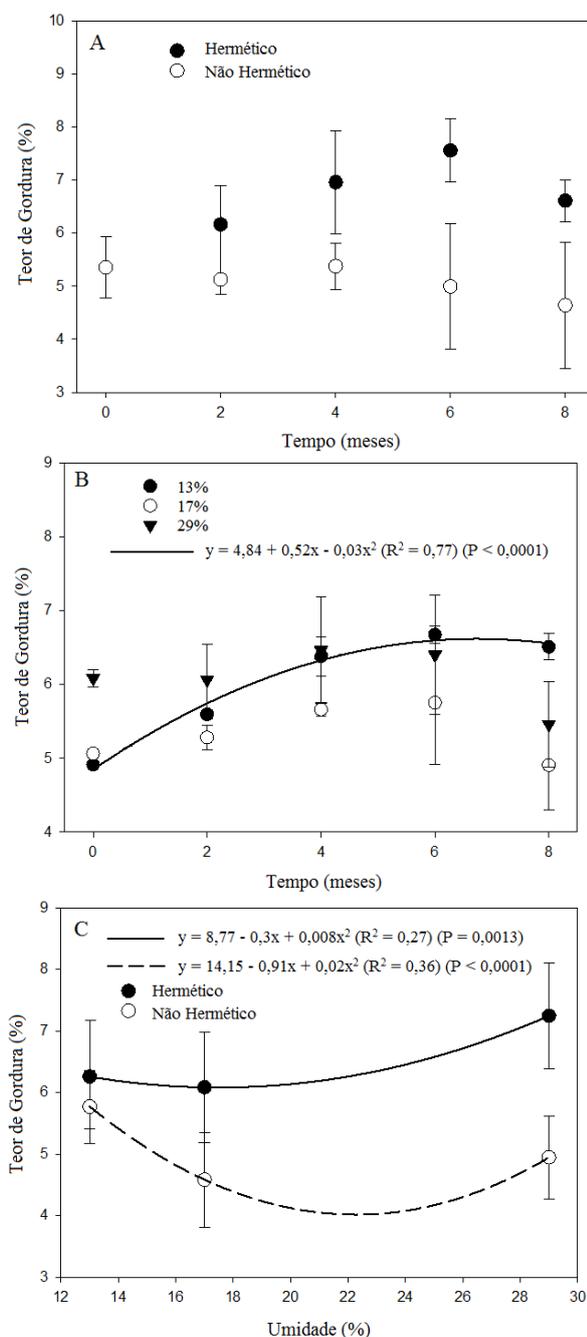


FIGURA 9. Teor de gordura (%) em milho, sob influência do tipo de ambiente e tempo de armazenamento (A), umidade inicial e tempo de armazenamento (B) e ambiente e umidade inicial de armazenamento (C). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Quanto ao efeito da umidade inicial dos grãos durante o armazenamento, independente do sistema, foi observada uma tendência significativa de aumento no teor de gordura dos grãos armazenados, ao redor de 1,5 pontos percentuais, com a umidade inicial mais baixa (13%) (Figura 9 B). Já nos grãos armazenados com umidade mais alta (29%), o teor de gordura foi inicialmente 1,5 pontos percentuais mais alto do que nos

demais tratamentos e o padrão encontrado foi de um pequeno aumento, seguido de decréscimo no tempo médio de armazenamento. O mesmo padrão encontrado nos grãos armazenados na umidade intermediária (17%). Para esses dois casos (17 e 29%), no entanto, a tendência não significativa se deve à alta variabilidade entre as repetições. Quando se desconsidera o fator tempo, se verifica que as diferenças mais altas entre o sistema hermético e o não hermético ocorrem quando do armazenamento dos grãos na umidade de 29% (Figura 9 C). Esses resultados podem ser explicados pela taxa respiratória dos grãos, ou seja, em sistemas de armazenamento não hermético, as trocas com o meio externo são maiores, por consequência, a atividade respiratória é maior, levando à maior deterioração do teor de gordura destes grãos.

Nos grãos com maiores teores de água (17 e 29%), em sistema de armazenamento hermético, foram encontrados maiores teores de gordura do que no armazenamento em sistema não hermético (Figura 9 C). Já no sistema não hermético foi o oposto, mostrando claramente que no armazenamento em sistemas herméticos ocorrem menores trocas com o ambiente externo, menor atividade respiratória e por consequência menor deterioração dos grãos e maior percentual de gordura.

Quanto à acidez, houve forte evidência ( $P < 0,005$ ) para as interações ambiente e tempo de armazenamento e ambiente e umidade inicial do armazenamento.

Em ambos os ambientes, independente da umidade inicial dos grãos, houve uma tendência de aumento na acidez ao longo do tempo de armazenamento, com valor final no ambiente não hermético, duas vezes superior ao ambiente hermético (Figura 10 A).

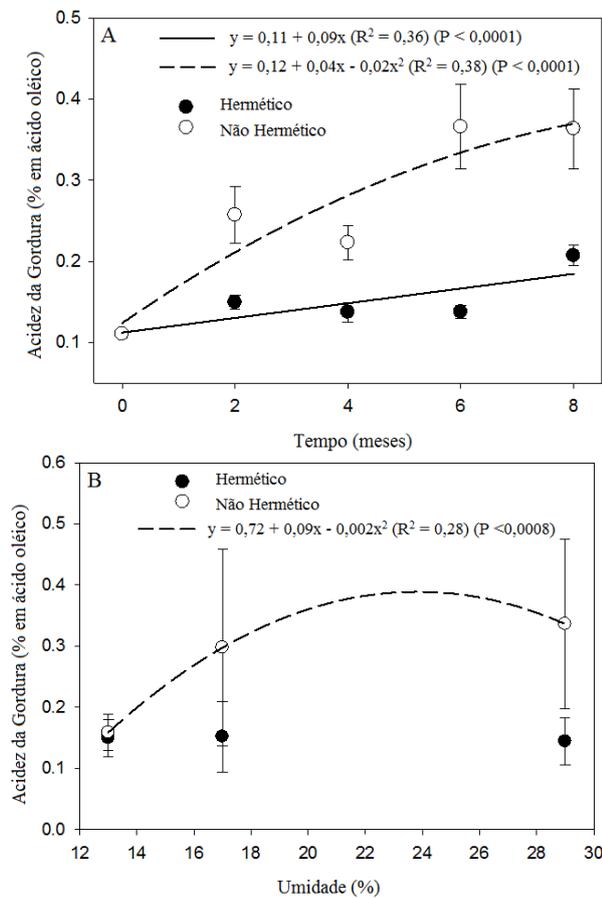


FIGURA 10. Acidez da gordura (% em ácido oléico), nos grãos de milho, sob influência do tipo de ambiente e tempo de armazenamento (A) e umidade inicial e ambiente de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Quanto ao efeito da umidade inicial, não houve diferenças entre os níveis de umidade no ambiente hermético, os quais se mantiveram ao redor de 0,15% em todas as umidades (Figura 10 B). Já no ambiente não hermético, a acidez apresentou tendência de aumento nas umidades mais altas nos grãos. Faroni *et al.* (2009), em um estudo com soja armazenada em silo bolsa e com umidades iniciais de 13,3 e 17,4% não observaram variações significativas na acidez, expressa em percentagem de ácido oléico, durante 180 dias de armazenamento. Resultados semelhantes aos observados neste trabalho para os grãos armazenados de forma hermética.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolipídios, predispõe à deterioração da matéria graxa, por via hidrolítica oxidativa ou cetônica. As lipoxidases constituem o grupo de enzimas mais ativas no processo de oxidação de lipídeos, podendo ter origem nos próprios grãos ou serem produzidas por

microrganismos, insetos associados e ácaros. A redução do teor de extrato etéreo e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos. A avaliação desses índices constitui-se em um eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento (SALUNKHE *et al.*, 1985; RUPOLLO *et al.*, 2004). O teor de acidez de grãos de cacau, com umidades de 7, 7,5, e 8% armazenados sob condições herméticas em temperatura de 30 °C, manteve-se abaixo ou próximo de 1% após 90 e 160 dias de armazenamento (NAVARRO *et al.*, 2010).

Quanto aos teores de carboidratos, foi evidenciado efeito apenas para a interação umidade inicial e tempo. Foi observada tendência de redução no teor de carboidratos, ao redor de três pontos percentuais, até o sexto mês para a umidade de 13% e, de até 2 pontos percentuais, até o quarto mês de armazenamento na umidade de 29%. Após as quedas, a tendência foi de pequeno aumento nos teores de carboidratos em ambas as umidades (13 e 29%). Para os grãos com umidade de 17% foi encontrado um padrão de comportamento semelhante ao dos grãos com 13%, embora não significativo (Figura 11 A). A variação no teor de carboidratos está relacionada à variação dos demais compostos químicos analisados. A redução no teor de carboidratos pode ser explicada pelo aumento da proteína e do extrato etéreo e o aumento do teor de carboidratos ocorreu devido à redução no teor de proteína e extrato etéreo, pois seu resultado é obtido por diferença.

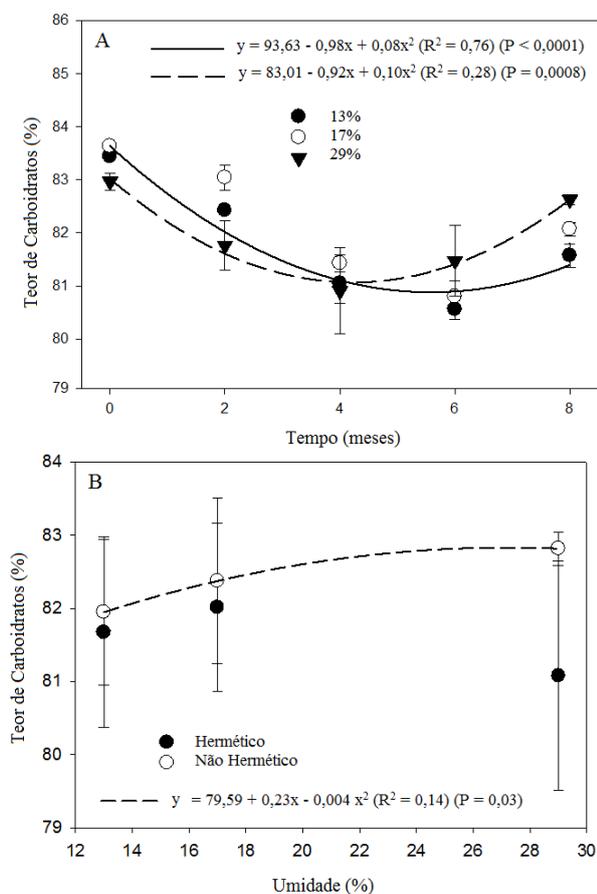


FIGURA 11. Teor de carboidratos (%) em grãos de milho, sob influência da umidade inicial e tempo de armazenamento (A) e ambiente e umidade inicial de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Na Figura 11 B podemos observar que no ambiente não hermético, os teores de carboidratos aumentam conforme aumenta a umidade inicial de armazenagem dos grãos, sendo mais altos para as umidades iniciais mais elevadas dos grãos. Esse aumento refere-se ao aumento virtual, aparente ou relativo, uma vez que ocorre em função da diminuição das frações proteína e gordura durante o armazenamento. Essa variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete uma relação proporcional, em consequência do requerimento de constituintes, como gorduras e proteínas, no metabolismo intrínseco dos grãos, de microrganismos e pragas associados, além do fato de serem esses constituintes bastante suscetíveis a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante a estocagem.

Já no ambiente hermético, não houve diferença significativa nos teores de carboidratos para as diferentes umidades analisadas, onde as menores variações estão

associadas aos melhores efeitos conservativos desses compostos nos grãos durante o armazenamento (ELIAS, 2008).

Para a variável incidência *Fusarium* spp., não foram encontradas evidências dos efeitos dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos ou tempo de armazenamento atuando de forma simples, ou em interações duplas ou triplas. Isso significa que seus teores não variaram significativamente com o passar do tempo, independente do tipo de armazenamento e da umidade inicial dos grãos.

Os resultados da incidência dos fungos do gênero *Fusarium* spp. mostram que ocorreu incidência alta de fungos desse gênero durante o armazenamento nos dois sistemas de estocagem, com valores superiores a 95% durante os oito meses de armazenamento. Essa alta incidência de fungos, desse gênero, pode estar relacionada às condições de execução do teste, visto que, Neves *et al.* (2009), em um estudo avaliando sementes de pinheiro, analisadas após desinfestação e sem desinfestação das mesmas, observaram que no último caso, a porcentagem de fungos como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. foi muito maior do que nas sementes que foram desinfestadas. Isso se deve ao fato de tais fungos estarem em concentração maior no exterior das sementes, como saprófitas externos. Sendo assim, a desinfestação das sementes reduziu drasticamente tais fungos, o que explica essa diferença encontrada entre as sementes desinfestadas e não desinfestadas. Tanto *Aspergillus* spp. quanto *Penicillium* spp. são fungos associados à deterioração de sementes, em condições de armazenamento inadequado. A contaminação de sementes por esses fungos ocorre geralmente após a colheita ou durante o armazenamento das sementes (DHINGRA *et al.*, 1980; MACHADO, 1988). Fato este que pode ser verificado neste trabalho onde ocorreu uma alta contaminação de fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, fungos de armazenamento e do gênero *Fusarium* spp., fungo considerado de campo.

Conforme Miller & Golding (1949), a quantidade de oxigênio necessária para o crescimento de várias espécies de fungos é extremamente baixa e o crescimento de algumas espécies dos generos *Aspergillus* e *Penicillium* é reduzido somente em concentrações de oxigênio inferiores a 0,5%. Porém a inter-relação entre atmosfera modificada e outras condições ambientais são também importantes e a resposta dos fungos ao baixo nível de oxigênio ou alto nível de gás carbônico, pode ser afetada de forma adversa pelas mudanças do tipo de substrato, umidade relativa, temperatura, competição microbiana, dentre outros. Resultados indicando que o meio de crescimento pode afetar a tolerância a baixas concentrações de oxigênio foram apresentados por Gibb & Walsh (1980), onde observaram que sete de oitos fungos avaliados cresceram melhor em baixas concentrações de oxigênio quando o substrato foi Agar Batata Dextrose (BDA). *Fusarium graminearum*, por exemplo, cresce em ambientes com 0,1 e 0,001% de oxigênio sobre meio de BDA. Wilson *et al.*, (1985), trabalhando com amendoim observou a ligação entre o conteúdo de umidade, temperatura de recirculação do ar no interior do compartimento de armazenamento, e a concentração de gás intergranular. A contaminação por *Penicillium* spp. aumentou ligeiramente no armazenamento a frio e sofreu decréscimo no ar controle e nos tratamentos com atmosfera modificada. Bottomley *et al.* (1950) observaram que o crescimento de fungos em grãos de milho foi afetado, principalmente, pela variação na umidade relativa e foi menos afetado pelas mudanças no nível de oxigênio (que variou de 21 a 0,1%) em cada combinação de temperatura e umidade relativa determinada. De acordo com Magan & Lacey (1984), os fungos de campo e de armazenamento são notavelmente tolerantes à baixa concentração de O<sub>2</sub> (0,14%) e a níveis de CO<sub>2</sub> superiores a 15%, quando a atividade de água (Aw) é alta (0,98). Esses resultados mostram que pode existir crescimento de fungos durante o armazenamento, mesmo que em condições de baixos níveis de oxigênio no ambiente,

evidenciando que outros fatores são, muitas vezes, mais importantes que os níveis de oxigênio e gás carbônico durante o armazenamento desses grãos.

O *Fusarium* spp. foi seguidamente considerado um patógeno de campo apenas, mas atualmente sabe-se que o *Fusarium verticillioides*, por exemplo, pode prevalecer após a colheita, durante o transporte e prosperar durante o armazenamento, principalmente quando este é realizado de maneira incorreta, podendo ocorrer inclusive durante o processamento do alimento (MARIN *et al.*, 2004; CHULZE, 2010).

Para a incidência de fungos do gênero *Aspergillus*, a análise mostrou efeito significativo da interação tripla ( $P = 0,0075$ ), tendo a incidência variado ao longo tempo em função dos ambientes de armazenamento e umidades iniciais dos grãos de milho.

Para *Aspergillus* spp., a incidência de fungos nos grãos de milho aumentou em ambiente hermético (Figura 12 A) e em ambiente não hermético (Figura 12 B) ao longo do tempo de armazenamento, nas maiores umidades (17 e 29%). Entretanto, para 13% de umidade não houve diferença significativa na infestação ao longo do tempo, independente do sistema de armazenagem. Então se observa uma tendência de aumento de fungos do gênero *Aspergillus* spp. ao longo do tempo de armazenamento, independente do sistema de armazenagem utilizado. Fato esse que ocorreu no sistema não hermético pela redução de umidade dos grãos durante o armazenamento, o que possibilitou que os fungos desse gênero aumentassem sua incidência, principalmente, nos grãos com maior umidade inicial. Rupollo *et al.* (2006), avaliando a incidência de fungos do gênero *Aspergillus* spp. em grãos de aveia com diferentes umidades, observaram aumento ao longo de seis meses de estocagem, resultados semelhantes aos observados neste estudo. Quezada *et al.* (2006), em um trabalho de armazenamento de milho em condições herméticas e não herméticas com umidades de 14, 15, 16 e 17%, observaram que no armazenamento hermético ocorreu uma menor incidência de fungos do gênero *Aspergillus*, e que, quanto maior a umidade, maior a incidência.

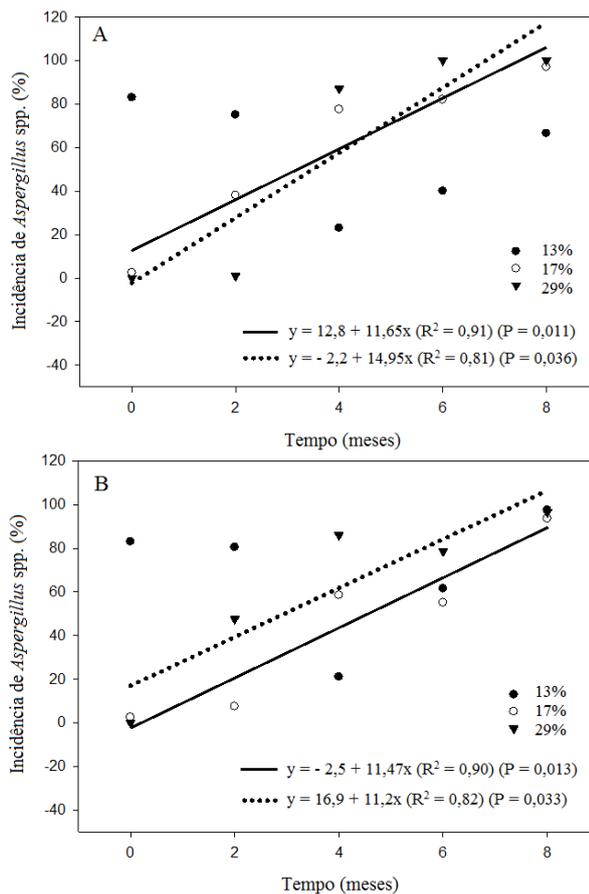


FIGURA 12. Incidência de fungos do gênero *Aspergillus* (%) em grãos de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Na variável referente à incidência de fungos do gênero *Penicillium*, o modelo testou individualmente as três interações duplas, uma vez que a interação tripla não foi significativa, mostrando evidência das interações umidade e tipo de armazenamento ( $P = 0,0392$ ) e umidade e tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ), não sendo significativa a interação tempo e tipo de armazenamento ( $P > 0,05$ ). A Figura 13 A mostra que ocorreu uma incidência superior a 70% de fungos do gênero *Penicillium* nas diferentes umidades. Durante o armazenamento, a incidência de *Penicillium* aumentou significativamente com o passar do tempo na umidade de 13% (Figura 13 B). De acordo com Sweenwey & Dobson (1998), durante um longo período de armazenamento, fungos xerófilos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, denominados fungos de armazenamento,

progressivamente substituem os fungos de campo, porém esses autores não especificam quanto tempo seria um longo período de armazenamento. No presente trabalho ocorreu aumento de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., porém não reduziu a contaminação de *Fusarium* spp. ao longo da estocagem.

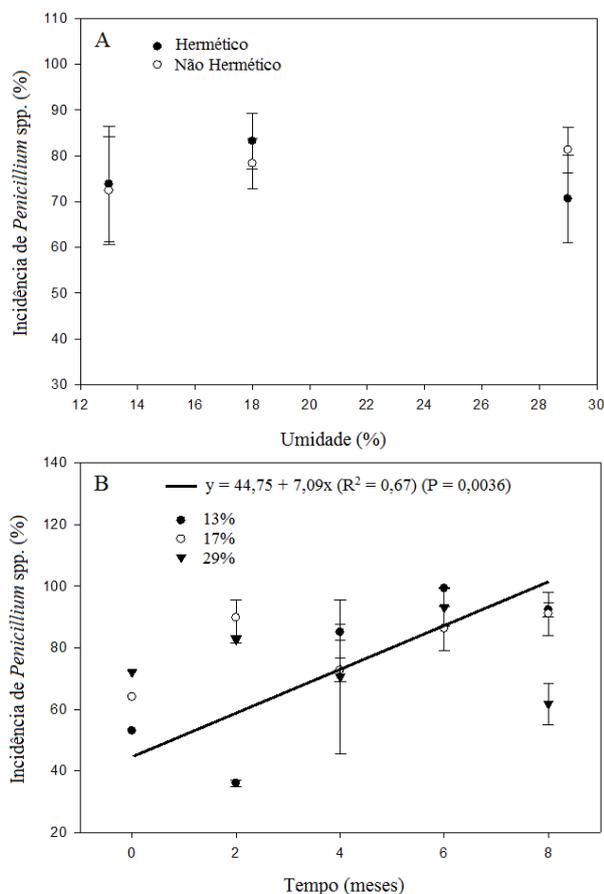


FIGURA 13. Incidência de fungos do gênero *Penicillium* (%) em grãos de milho, sob influência da umidade e tipo de armazenamento (A) e umidade e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Na análise fisiológica de germinação dos grãos de milho foram testados, individualmente, os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento, uma vez que a interação tripla e as interações duplas não foram significativas, mostrando evidência do efeito simples do fator umidade ( $P < 0,001$ ) e do fator tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ).

Para o fator umidade inicial de armazenamento, os grãos de milho apresentaram maior germinação nos grãos que continham menor umidade e menor germinação nos

grãos que continham maior umidade inicial de armazenamento. A porcentagem de germinação apresentou diferença de 71,47% entre os grãos armazenados com 13 e 29% de umidade (Figura 14 A), ou seja, a taxa de germinação média dos grãos armazenados com 13%, foi de 63,1% e a dos grãos armazenados com 29%, foi de 18%. Independente do sistema de armazenamento (hermético ou não hermético), grãos com umidade elevada sofrem rápido processo de deterioração.

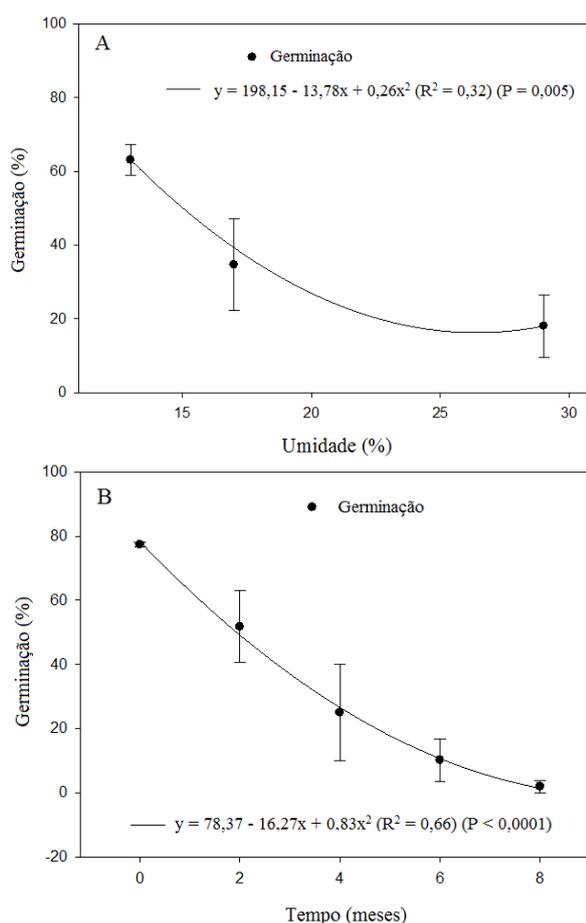


FIGURA 14. Germinação (%) de grãos de milho sob influência da umidade inicial (A) e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

No armazenamento não hermético, a umidade dos grãos influencia diretamente na deterioração dos mesmos. Segundo Faroni (2006), sob alto valor de teor de água, superior a 13%, a respiração aumenta rapidamente na maioria dos cereais, o que causa deterioração e por consequência perda de viabilidade.

No armazenamento hermético, os organismos vivos, que compõem o ecossistema (grãos, insetos e microrganismos), consomem o oxigênio ( $O_2$ ) por meio de processo respiratório e liberam gás carbônico ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ). Com isso, a concentração de  $O_2$  diminui até que os organismos aeróbicos parem de respirar (MUIR *et al.* 2001). Vieira (2006) verificou, em grãos de feijão com 16% de umidade, uma diminuição na germinação de 92 para 3%, durante três meses de armazenamento em silo bolsa (sistema hermético). Com a elevação da umidade há uma progressão no processo de deterioração dos grãos sem a possibilidade de acionamento de mecanismos celulares de reparo, mantidos pelo metabolismo durante a respiração aeróbica (IBRAHIM & ROBERTS, 1983). Segundo Moreno *et al.* (1988), sementes de milho têm uma vida relativamente curta quando armazenadas em condições herméticas, a menos que estas sejam armazenadas com teor de água igual ou inferior a 14% e em temperaturas próximas às utilizadas em bancos de germoplasma (-20 a 1 °C).

Para o fator tempo de armazenamento, os grãos de milho apresentaram maior germinação nos grãos durante o início do experimento, com queda constante até o final do armazenamento (Figura 14 B). A porcentagem de germinação apresentou uma diminuição de 78,37%, no início da armazenagem, para 1,33%, no final da armazenagem. O tempo de armazenamento é um dos três principais fatores que afetam a armazenabilidade dos grãos, interferindo nas variações físicas, químicas e biológicas dos grãos, juntamente com a umidade inicial e a temperatura de armazenagem (ACASSIO, 1997; LIU, 1997). O tempo de armazenamento seguro é dependente da relação quantitativa entre a taxa de deterioração, qualidade e condições de armazenagem dos grãos (TANG *et al.*, 1999).

Dentre todas as análises pretendidas para realização no experimento com o milho, apenas na análise tecnológica houve a impossibilidade de realização das avaliações em determinadas umidades e períodos. As análises tecnológicas não foram realizadas no

milho com 29% de umidade durante todo o período de armazenamento. Já na umidade de 17%, as análises tecnológicas foram impossibilitadas a partir do sexto mês. Esta impossibilidade, para ambas as umidades, se deu devido à formação de uma película esbranquiçada decorrente, provavelmente, das reações de fermentação e crescimento fúngico no ambiente hermético e devido ao crescimento fúngico intenso no ambiente não hermético na umidade de 29%.

Para as variáveis grãos carunchados e grãos ardidos e brotados, o modelo completo (até a interação tripla) mostrou efeito significativo da interação tripla ( $P < 0,001$ ). Significando, que a quantidade de grãos carunchados e ardidos e brotados de milho variaram ao longo do tempo em função dos ambientes de armazenamento e umidades iniciais.

Para a análise de grãos carunchados, armazenados de forma hermética, não houve variação significativa na quantidade de grãos carunchados, ficando inferiores a 10% (Figura 15 A). Isso ocorreu, especialmente, devido à barreira física que ocorre no sistema de armazenamento hermético, somado ao fato da redução da concentração de oxigênio e aumento da concentração de gás carbônico, que inibem o desenvolvimento de insetos pragas de produtos armazenados, conforme já relatado por outros autores (NAVARRO, 2008; ALENCAR *et al.*, 2009). No armazenamento não hermético, os grãos contendo 17% de umidade inicial não apresentaram diferença significativa no teor de grãos carunchados até o quarto mês de armazenamento. Entretanto, os grãos armazenados por oito meses com 13% de umidade apresentaram aumento na porcentagem de grãos carunchados (Figura 15 B).

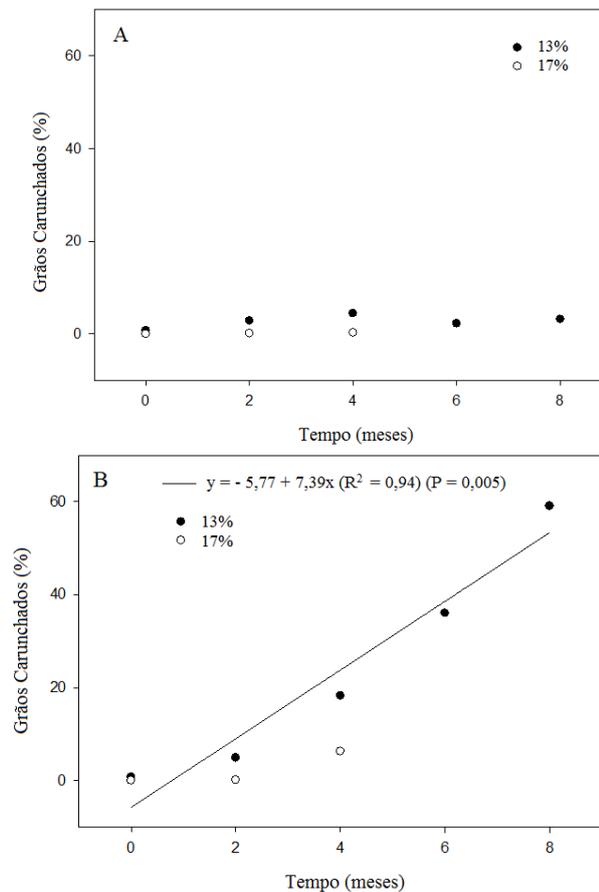


FIGURA 15. Grãos carunchados (%) em milho, armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não hermético (B), partindo de duas umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Na análise de grãos ardidos e brotados, independentemente do sistema de armazenamento, os grãos armazenados com 13% de umidade não apresentaram diferença significativa ao longo dos seis meses de armazenamento. Os grãos armazenados com 17% de umidade apresentaram aumento de 3,71 para 12,83% no sistema hermético em quatro meses (Figura 16 A). Já os grãos armazenados em sistema não hermético com 17% de umidade, apresentaram aumento de 1,93 para 25,33% (Figura 16 B). Conforme Alencar *et al.* (2009), o armazenamento de grãos em condições de alta umidade (14,8%), em conjunto com temperatura de 30 °C, levou a um aumento no percentual de grãos ardidos em soja. O que pode ser verificado no presente trabalho, em que os grãos de milho com umidade elevada (17%), aliado aos períodos quentes de armazenamento, apresentaram tendência de aumento na porcentagem de grãos ardidos.

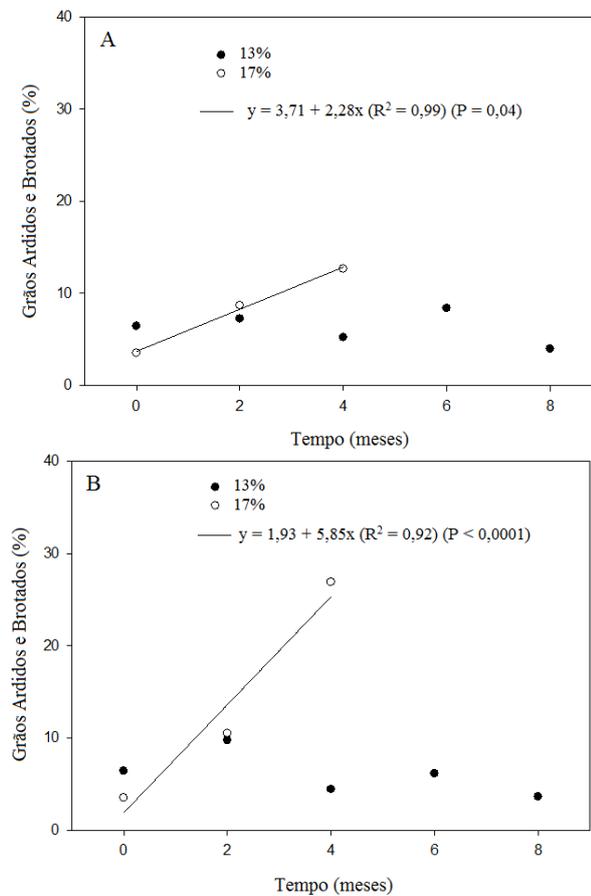


FIGURA 16. Grãos ardidos e brotados (%) em milho, armazenados ao longo do tempo em ambiente hermético (A) e não herméticos (B), partindo de duas umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Para a variável grãos avariados não foi evidenciado efeito significativo da interação tripla dos fatores. Os modelos com interações duplas, testadas individualmente, mostraram efeito significativo das interações umidade e tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ) e tipo de ambiente e tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ).

Para interação umidade e tempo de armazenamento, os grãos armazenados com 13% de umidade não apresentaram diferença significativa na quantidade de grãos avariados nos oito meses de armazenamento. Os grãos armazenados com 17% de umidade apresentaram aumento de 12,88 para 50,96%, do início aos quatro meses de armazenamento (Figura 17 A). Para interação tipo de ambiente e tempo de armazenamento, os grãos armazenados de forma hermética não apresentaram diferença significativa na quantidade de grãos avariados nos oito meses de armazenamento. Os grãos armazenados em sistema não hermético apresentaram aumento na quantidade de

grãos avariados de 15,88 para 70,6%, do início aos oito meses de armazenamento (Figura 17 B).

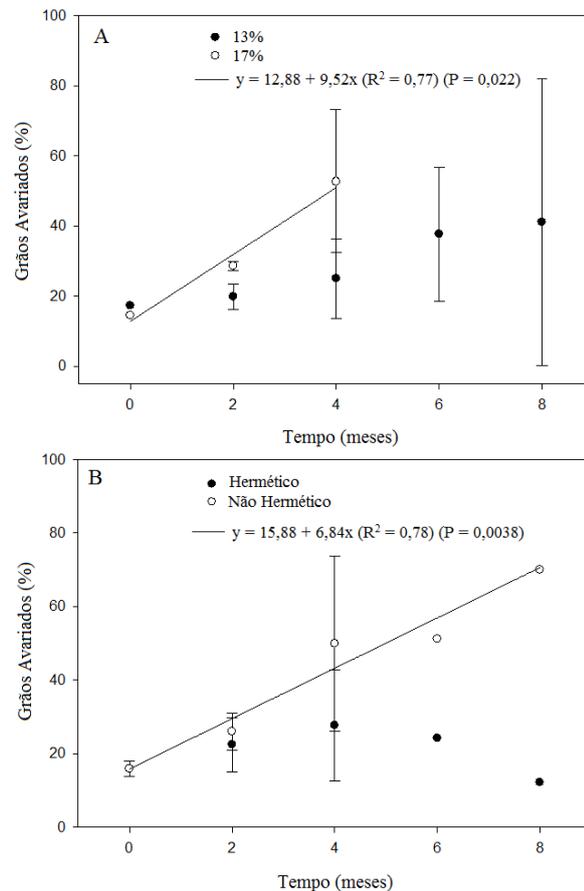


FIGURA 17. Total de grãos avariados (%) em milho, sob influência da umidade e tempo de armazenamento (A) e tipo de ambiente e tempo de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

A porcentagem de grãos avariados na classificação de grãos de milho é considerada como fator de depreciação da qualidade de um lote. Grãos avariados são defeitos de origem mecânica, física ou biológica. Além de reduzir a qualidade dos grãos, a presença de grãos quebrados, por exemplo, influencia em muitas ações de compra e venda entre empresas de alimentos e produtores (LAZZARI, 1997).

Na Tabela 3 podemos observar a classificação, conforme o tipo, do milho armazenado a granel e em tonel hermético, com umidades iniciais de armazenamento de 13, 17 e 29%, durante oito meses.

TABELA 3. Classificação (BRASIL, 1996), conforme o tipo, do milho armazenado em tonel hermético e a granel com umidades de 13, 17 e 29% durante oito meses. Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

Umidade do Grão (%)	Classificação dos Grãos de Milho em Tonel Hermético (tipo)				
	Tempo de Armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
13	3	3	2	3	2
17	2	A.P.	A.P.	D.	D.
29	2	D.	D.	D.	D.

Umidade do Grão (%)	Classificação dos Grãos de Milho a Granel (tipo)				
	Tempo de Armazenamento (meses)				
	0	2	4	6	8
13	3	3	A.P.	A.P.	A.P.
17	2	A.P.	A.P.	D.	D.
29	2	D.	D.	D.	D.

A.P. = Abaixo do Padrão

D. = Desclassificado

Para o milho armazenado em tonel hermético, os grãos armazenados com 13% de umidade iniciaram o armazenamento como tipo 3 e oscilaram entre tipo 2 e 3 até o final do armazenamento. Isto se deu porque os valores referentes aos teores de grãos ardidos e brotados e aos teores de grãos avariados permaneceram muito próximos aos valores de transição entre os dois tipos. Já os grãos armazenados com 17% de umidade, passaram de tipo 2 para abaixo do padrão (inferior ao tipo 3) no segundo mês de armazenamento, assim permanecendo até o quarto mês de avaliação. Os grãos armazenados com 29% de umidade iniciaram o armazenamento sendo considerados tipo 2 e foram considerados desclassificados no segundo período de avaliação, do mesmo modo que a partir do sexto mês para os grãos com 17% de umidade. A impossibilidade de classificação (desclassificação) se deu pelo mau estado de conservação devido ao processo fermentativo e odor característico da formação de ácidos orgânicos, gerados na fermentação.

Para o milho armazenado a granel, os grãos com 13% de umidade iniciaram o armazenamento como tipo 3 e assim permaneceram na avaliação realizada aos 2 meses, passando para abaixo do padrão a partir do quarto mês de armazenamento até o final do

experimento. Já os grãos armazenados com 17% de umidade, passaram de tipo 2 para abaixo do padrão no segundo mês de armazenamento, assim permanecendo até o quarto mês de avaliação. Em ambas as umidades, as perdas de qualidade se deram pelo aumento da quantidade de grãos avariados com maior contribuição advinda do aumento do teor de grãos carunchados. Os grãos armazenados com 29% de umidade iniciaram o armazenamento sendo considerados tipo 2 e foram desclassificados no segundo período de avaliação e, do mesmo modo, a partir do sexto mês para os grãos com 17% de umidade. A desclassificação se deu pelo mau estado de conservação e elevado aspecto de mofado.

Na Figura 18, podem ser observadas diferenças visuais nos grãos de milho que foram coletados no último período de avaliação do armazenamento (aos oito meses), em sistema de armazenamento hermético e não hermético.



FIGURA 18. Grãos de milho ao final de oito meses de armazenamento com 13% de umidade inicial em sistema não hermético (A) e hermético (B), com 17% de umidade inicial em sistema não hermético (C) e hermético (D) e com 29% de umidade inicial em sistema não hermético (E) e hermético (F). Eldorado do Sul, RS. 2011/2012.

#### 4.2. Experimento 2

Os resultados da análise de *deviance* com o modelo completo (até a interação tripla) mostraram efeito significativo da interação tripla ( $P = 0,00242$ ) para a variável umidade inicial nos grãos, indicando que a mesma variou ao longo do tempo em função dos ambientes de armazenamento e umidades iniciais. No armazenamento hermético, em sacaria (Figura 19 A) e em tonel (Figura 19 B), foi observada a manutenção da umidade inicial dos grãos e leve tendência de aumento, com o passar do tempo de armazenamento,

nos grãos com umidades iniciais de 9,5%, em sacaria hermética, e 12,5% em tonel hermético. A estabilidade da umidade em sistemas herméticos foi verificada por Rodriguez *et al.* (2002), Faroni *et al.* (2009) e Santos *et al.* (2010) em grãos de girassol, soja e milho, respectivamente. No sistema hermético não ocorrem trocas gasosas com o meio externo e os grãos entram em equilíbrio com o ambiente interno sorvendo a mesma quantidade de água ou voláteis que é cedida ao ambiente devido ao processo respiratório (SANTOS, 2008).

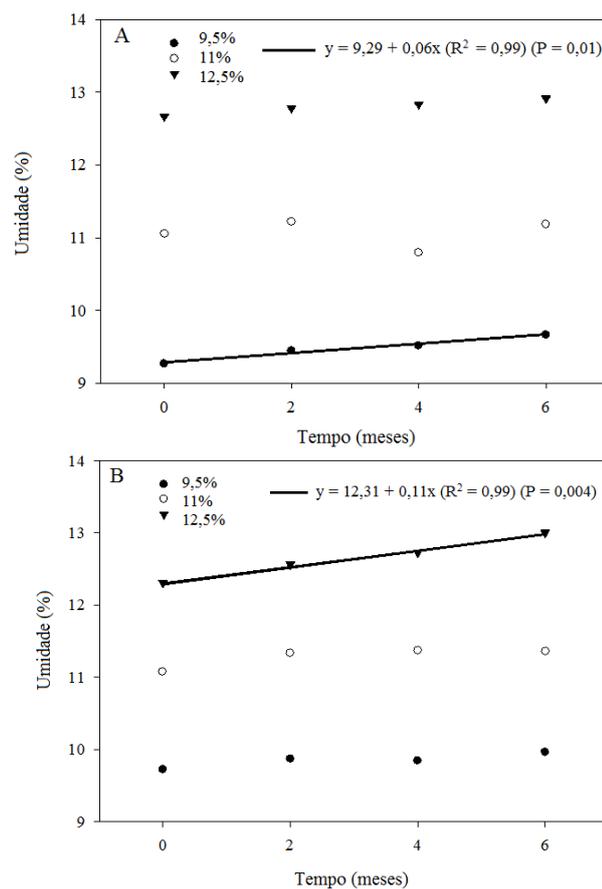


FIGURA 19. Umidade (%) de grãos de soja armazenados ao longo do tempo em sacaria hermética (A) e em tonel hermético (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

No armazenamento não hermético, em sacaria (Figura 20 A) e a granel (Figura 20 B), os grãos entraram em equilíbrio higroscópico em umidade mais alta do que a inicial aos quatro meses de armazenamento, com posterior queda no sexto mês. A umidade dos grãos armazenados em sistema não hermético varia em função da umidade relativa do ar,

composição química do grão, fatores ambientais, fatores genéticos, temperatura de secagem e histerese (CHEN, 2000). A umidade e a temperatura do ar são os principais fatores que influenciam no equilíbrio higroscópico dos grãos. Os grãos de soja apresentavam uma umidade mais baixa no início do armazenamento e tenderam a reidratar-se de forma natural até o início da primavera (quarto mês de armazenamento), onde as temperaturas eram mais baixas e a umidade relativa do ar elevada. No final do experimento (segunda metade do mês de novembro), os grãos apresentaram tendência de secarem, devido à elevação da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar (Figura 20 A e Figura 20 B). Alencar *et al.* (2009) também observaram essa perda ou ganho de água em função das condições ambientais de umidade e temperatura do ar, a que os grãos são expostos. De acordo com Rupollo *et al.* (2004), as amostras armazenadas com umidades menores que o equilíbrio higroscópico ganham água, ocorrendo o inverso nas armazenadas com umidade maior. A variação no grau de umidade sugere tendência ao equilíbrio dos grãos com a atmosfera intergranular. No sistema de armazenamento hermético, os grãos apresentaram menor variação de umidade, devido a não ocorrência de trocas com o ambiente, permitindo a estabilidade da umidade dos grãos.

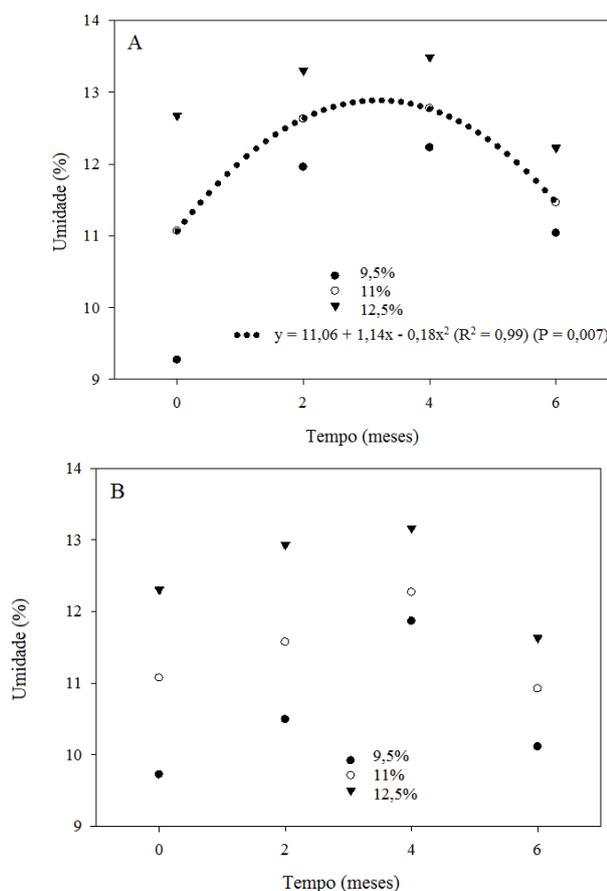


FIGURA 20. Umidade (%) de grãos de soja armazenados ao longo do tempo em sacaria convencional (A) e a granel (B), partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Para a análise química foram testados, individualmente, os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento, uma vez que as interações triplas e duplas não foram significativas. Foi evidenciado o efeito simples do fator tempo de armazenamento no teor de proteína ( $P = 0,0187$ ) e no teor de carboidratos ( $P < 0,001$ ) e do fator umidade inicial dos grãos no teor de carboidratos ( $P = 0,012$ ).

Para o teor de proteína, os grãos apresentam elevação de 7,94% com o passar do tempo de armazenamento, variando de 38,24 a 41,54%, do início ao final do período de armazenamento, respectivamente (Figura 21). Esse resultado ocorreu, provavelmente, pelo crescimento fúngico nos grãos armazenados. Esse aumento é devido à formação de proteína fúngica, a qual é quantificada juntamente com a proteína bruta do grão. Assim, o

conteúdo determinado representa a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (BHATTACHARYA & RAHA, 2002).

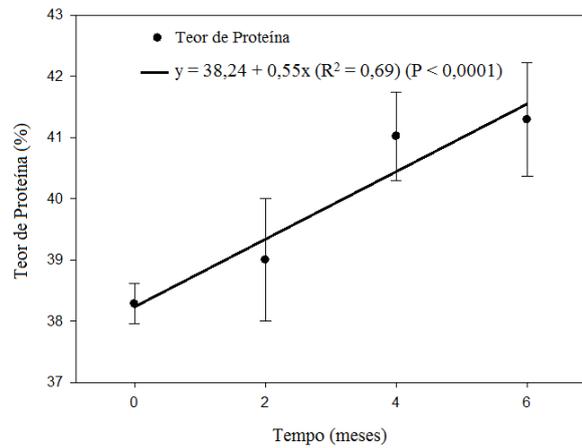


FIGURA 21. Teor de proteína bruta (%) em soja, sob influência do tempo de armazenamento dos grãos. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Para o teor de carboidratos, sob a influência do tempo de armazenamento, foi observada diminuição de 10,3%, em seu teor, durante os seis meses de armazenamento (Figura 22 A).

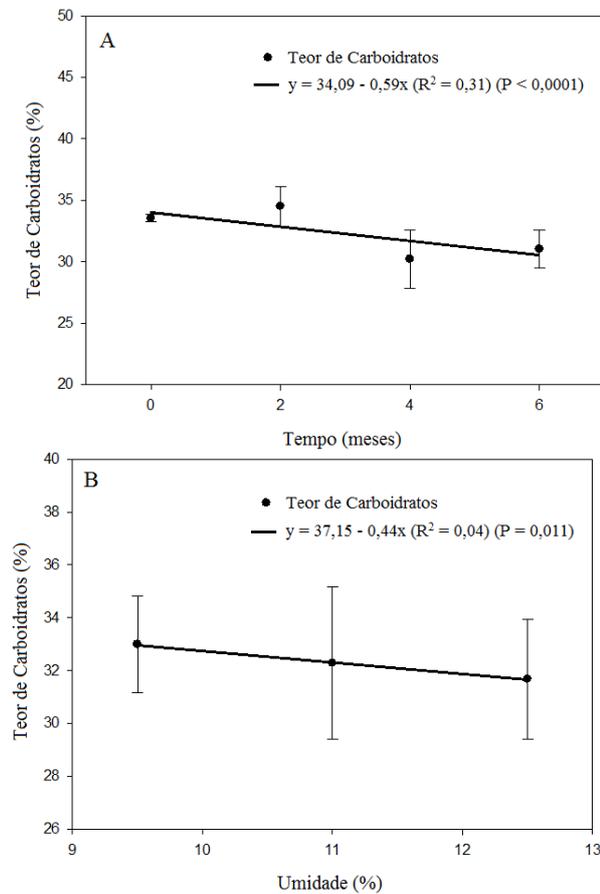


FIGURA 22. Teor de carboidratos (%) de soja sob influência do tempo de armazenamento (A) e da umidade inicial dos grãos (B). Eldorado do Sul, RS. 2012.

Para o teor de carboidratos, sob a influência da umidade inicial de armazenamento foi observada diminuição de 4,0% em seu teor quando avaliados os valores de umidade de 9,5 e 12,5%, sendo o maior teor correspondente aos grãos armazenados com 9,5% de umidade inicial (Figura 22 B).

Podemos observar que o teor de carboidrato variou com relação ao tempo de armazenamento e à umidade inicial. Porém, trata-se de uma variação virtual, aparente ou relativa, uma vez que decorre da variação da fração proteína. Essa variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete uma relação proporcional, em consequência do requerimento de constituintes, como gorduras e proteínas, no metabolismo intrínseco dos grãos, de microrganismos e pragas associados, além do fato de serem esses constituintes bastante suscetíveis a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante a estocagem (CALDASSO, 1998; DIONELLO, 2000; ELIAS,

2002), onde as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos desses compostos nos grãos durante o armazenamento (ELIAS, 2008).

Na análise microbiológica dos grãos de soja, foram testados, individualmente, os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento, uma vez que as interações triplas e duplas não foram significativas, mostrando evidência do efeito simples em pelo menos um dos fatores testados.

O efeito simples do fator tempo de armazenamento foi significativo para a incidência de *Fusarium* ( $P < 0,001$ ), *Aspergillus* ( $P < 0,001$ ), *Penicillium* ( $P < 0,001$ ), *Alternaria* ( $P = 0,00819$ ) e outros fungos ( $P < 0,001$ ). Para a incidência de *Cercospora* foram significativos os efeitos simples dos fatores tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ) e tipo de armazenamento ( $P = 0,0288$ ).

Até o presente momento, inúmeros fungos já foram identificados em sementes de soja, porém são poucas espécies que merecem destaque por serem economicamente importantes, conforme relação a seguir: *Phomopsis* spp. (anamorfo de *Diaporthe* spp.), *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium* spp. (principalmente *F. semitectum*), *Sclerotinia sclerotiorum*, *Cercospora kikuchii*, *Cercospora sojina*, *Aspergillus* spp. (principalmente *A. flavus*), *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Corynespora cassicola*, *Curvularia* sp., *Epicoccum* sp., *Macrophomina phaseolina*, *Monilia* sp., *Mucor* sp., *Periconia* sp., *Peronospora manshurica* (crosta de oosporos), *Phoma* sp., *Pithomyces* sp., *Rhizoctonia solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Septoria glycines*, *Sclerotium rolfsii*, *Stemphylium* sp. e *Trichoderma* sp. (GOULART, 1997).

De forma geral, a incidência de fungos durante o armazenamento de grãos de soja por seis meses, nos diferentes sistemas de armazenamento e umidades de colheita, foi inferior a 4%, indicando um ambiente (baixas umidades de armazenamento) inadequado

à sobrevivência dos fungos infectados e determinando sua baixa incidência nos grãos de soja durante a estocagem.

Conforme Dhingra (1985), os principais fatores na determinação de uma infecção por fungos de armazenamento nas sementes ou grãos são: teor de água dos grãos, umidade relativa do ambiente, temperatura e tempo. Esses são fatores inter-relacionados e devem ser considerados como de ação complexa. Para que haja êxito no armazenamento é preciso conhecer cada fator em si e em conjunto. A umidade dos grãos é um fator relevante, uma vez que pode ser influenciada pela umidade relativa do ar intergranular, podendo favorecer o crescimento fúngico. A umidade do ambiente, por sua vez, determina o teor de umidade das sementes ou grãos, quando em equilíbrio. Conforme Acasio (1997), soja com umidade entre 14 e 14,3%, mantida de 5 a 8 °C pode ser armazenada por mais de dois anos sem danos causados por fungos, enquanto que mantida a 30 °C pode ser invadida por fungos em poucas semanas e ser severamente danificada em seis meses. O mesmo autor afirma que a soja pode ser armazenada com 10,5% de umidade em qualquer temperatura, sem ser danificada por ataque de fungos. O que pode ser observado neste trabalho, em umidades abaixo de 14%, a incidência de fungos foi baixa.

A Figura 23 mostra que ocorreu redução de fungos do gênero *Fusarium* ao longo do armazenamento, independente da umidade inicial e do tipo de armazenagem, mostrando que fungos desse gênero tenderam a diminuir durante o armazenamento de grãos de soja. A incidência deste gênero de fungos foi inferior a 2,5% durante a estocagem.

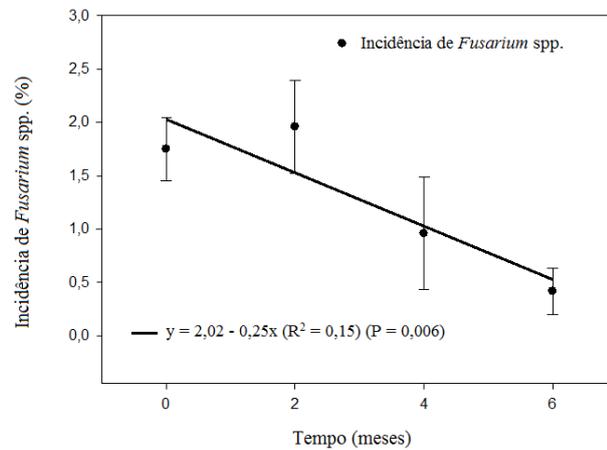


FIGURA 23. Incidência de fungos do gênero *Fusarium* (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

A incidência de *Aspergillus* spp. apresentou tendência de redução ao longo do período de armazenamento dos grãos de soja, independente do sistema de armazenamento utilizado e da umidade inicial dos grãos (Figura 24). Os valores médios de incidência variaram de 2,5 até 0,04% ao final dos seis meses de armazenamento. Conforme Dhingra (1985), as espécies de *Aspergillus* que invadem as sementes ou grãos têm limite inferior de umidade bem definido. Este valor é chamado de “umidade crítica”. *Aspergillus flavus*, por outro lado, só infecta as sementes quando essas se encontram em equilíbrio com 85% UR, o que representa 18% de teor de umidade nas sementes de milho, trigo, cevada e soja e 13,5% em girassol a 25-30 °C. Abaixo desses valores os fungos apresentam dificuldades na infestação, como constatado neste trabalho, com uma baixa incidência deste gênero de fungos.

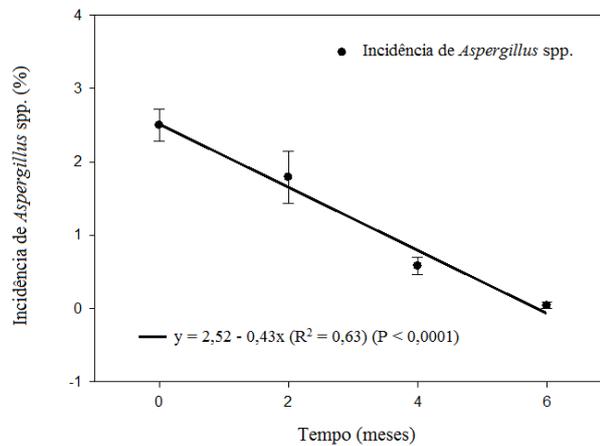


FIGURA 24. Incidência de fungos do gênero *Aspergillus* (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

A incidência de *Penicillium* spp. apresentou tendência de redução até o final do armazenamento dos grãos de soja, independente do sistema de armazenamento utilizado e da umidade inicial dos grãos, tendendo a desaparecer. Os valores médios de incidência variaram de 3,29 até 0,08% ao final dos seis meses de armazenamento (Figura 25). De acordo com Valarini *et al.*, (1990), a diminuição da contaminação fúngica pode ter sido provocada pela perda da viabilidade dos esporos, que são facilmente sujeitos à dessecação.

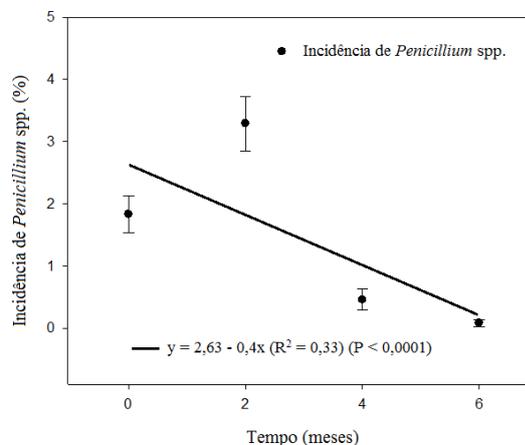


FIGURA 25. Incidência de fungos do gênero *Penicillium* (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

A incidência de *Alternaria* spp. apresentou tendência de redução ao longo do período de armazenamento dos grãos de soja, independente do sistema de

armazenamento utilizado e da umidade inicial dos grãos (Figura 26). Sendo que os valores médios de incidência variaram de 0,7 até 0,16% ao final dos seis meses de armazenamento.

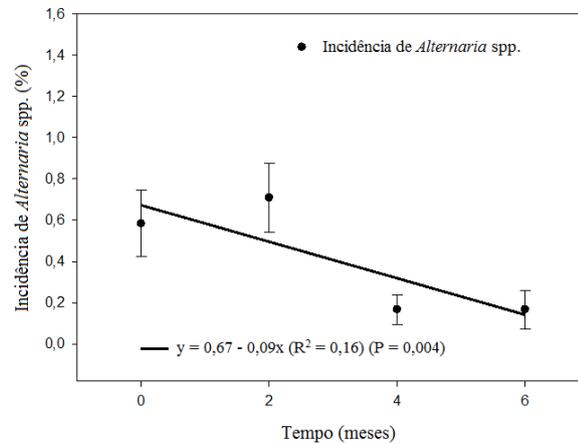


FIGURA 26. Incidência de fungos do gênero *Alternaria* (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

A Figura 27 mostra que a incidência de outros fungos apresentou tendência de redução durante o armazenamento. Os chamados de “outros fungos” não foram identificados ao nível de espécie ou gênero, visto que, a incidência desses fungos foi inferior a 1,5% durante o armazenamento e não são considerados de importância nos grãos de soja.

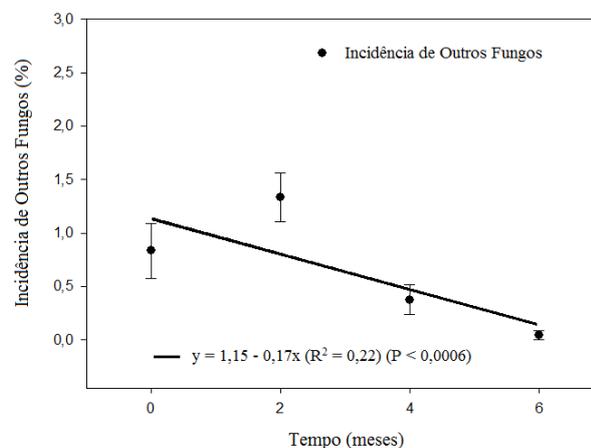


FIGURA 27. Incidência de outros fungos (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

A incidência de *Cercospora* spp. apresentou tendência de redução ao longo do período de armazenamento dos grãos de soja, independente do sistema de armazenamento utilizado e da umidade inicial dos grãos (Figura 28). Os valores médios de incidência variaram de 0,75 até 0,16% ao final dos seis meses de armazenamento. Conforme Tanaka *et al.*, (2001), 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. A presença de fungos do gênero *Cercospora*, nas sementes de soja, tornou-se esporádica, uma vez que a grande maioria das cultivares recomendadas para plantio é resistente a esse gênero de fungos (GOULART, 1997).

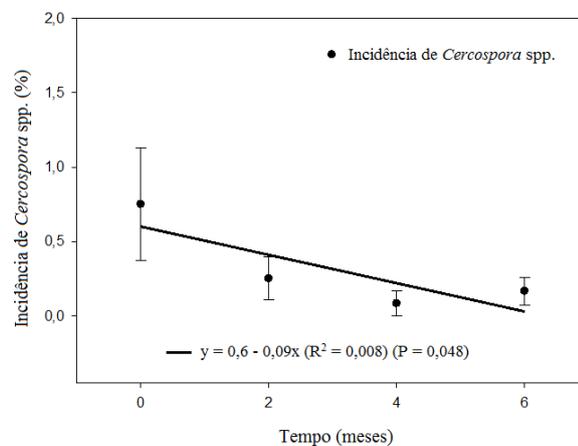


FIGURA 28. Incidência de fungos do gênero *Cercospora* (%) em grãos de soja sob influência do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Para a análise fisiológica da germinação dos grãos de soja, os modelos que testaram individualmente as três interações duplas, uma vez que a interação tripla não foi significativa, mostraram evidência do efeito umidade ( $P < 0,001$ ) e do efeito tempo de armazenamento ( $P < 0,001$ ). Os grãos de soja armazenados com 9,5 e 11% de umidade, não apresentaram diferença significativa na germinação durante o período de armazenamento avaliado. Já os grãos de soja armazenados com 12,5% de umidade tiveram redução média de 26,32% na germinação durante o período de armazenamento

avaliado (Figura 29). Rupollo *et al.* (2004) não observaram diferença significativa na germinação entre sistema hermético e não hermético, em armazenamento de aveia com umidades de 8, 11 e 14% durante 12 meses de armazenamento. A germinação média da aveia caiu 10,7%, após a superação da provável dormência inicial entre o sexto e o décimo segundo mês de estocagem. Os valores críticos de teor de umidade para armazenamento de oleaginosas é de 11% (ATHIÉ *et al.*, 1998). Segundo Hall (1980), os Estados Unidos da América (EUA) consideram 12% uma umidade segura para armazenamento de soja durante três anos, porém, os EUA fazem a ressalva de que mesmo nesse período e com esta umidade ocorre redução de germinação.

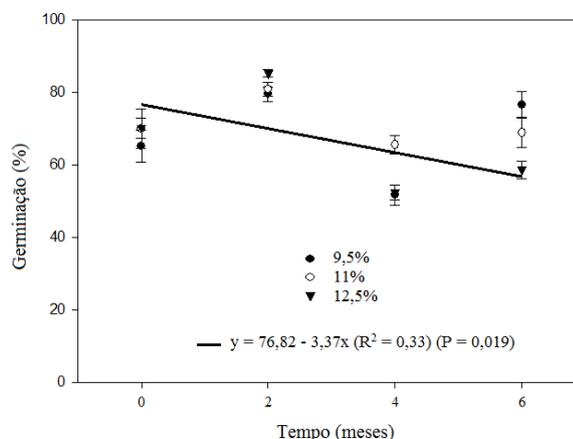


FIGURA 29. Germinação (%) de grãos de soja em função da umidade e tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Para a análise tecnológica, a variável grãos partidos, amassados e quebrados (PAQ), foram testados, individualmente, os efeitos simples dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos e tempo de armazenamento, uma vez que a interação tripla e as interações duplas não foram significativas, mostrando evidência do efeito simples da umidade inicial dos grãos ( $P < 0,001$ ).

Os grãos de soja com maior umidade apresentaram menor quantidade de grãos PAQ, com aumento à medida que a umidade inicial dos grãos foi menor (Figura 30). Isso ocorreu devido ao fato dos grãos terem passado por um processo de secagem, em secador

de coluna inteira com recirculação da massa de grãos, ou seja, quanto menor a umidade dos grãos, maior foi a quantidade de vezes que o grão circulou dentro do secador, por consequência aumentando o número de grãos PAQ. Essa secagem foi necessária para que os grãos atingissem a umidade desejada para o início do experimento.

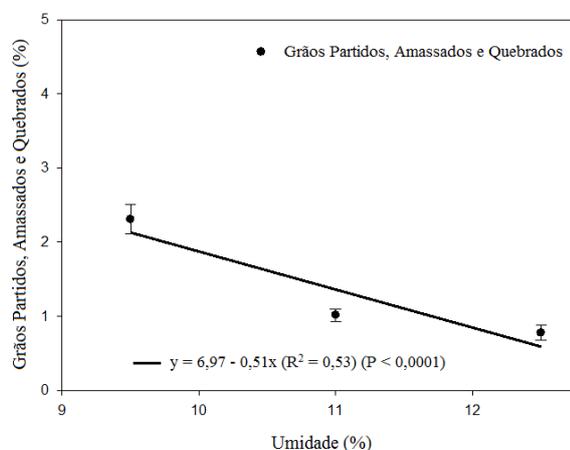


FIGURA 30. Grãos partidos, amassados e quebrados (%) de soja, sob influência da umidade inicial de armazenamento. Eldorado do Sul, RS. 2012.

Os grãos permaneceram, em média, duas, cinco e oito horas, em processo de secagem para atingirem as umidades desejadas de 12,5, 11 e 9,5%, respectivamente. A massa de grãos fez todo o processo de circulação da entrada até a saída dos grãos do secador por 7,2, 18 e 29 vezes, para as umidades de 12,5; 11 e 9,5%, respectivamente.

O processo de movimentação interno e externo ao secador, possivelmente, provocou os danos mecânicos de partição, amassamento e quebra dos grãos de soja, em uma correlação direta ao tempo de secagem e inversa à umidade inicial de armazenamento.

Para as variáveis, massa específica, peso de mil grãos, teor de grãos ardidos, teor de grãos mofados, teor de grãos avariados, teor de cinzas, teor de gordura (ou do extrato etéreo) e teor de acidez da gordura (ou do extrato etéreo), não foram encontradas evidências dos efeitos dos fatores ambiente (tipos de armazenamento), umidade inicial dos grãos ou tempo de armazenamento atuando de forma simples, ou em interações

duplas ou triplas. Isso significa que seus teores não variaram com o passar do tempo, independente do tipo de armazenamento e da umidade inicial dos grãos, provavelmente, devido à umidade de armazenamento dos grãos ser considerada ideal. O teor de umidade dos grãos pode ser considerado o fator mais importante sobre a qualidade dos grãos armazenados e o período seguro de armazenamento para soja com umidade entre 10 e 12,5% é de 1 a 3 anos (ACASIO, 1997).

A massa específica dos grãos de soja variou de 591,28 a 657,10  $\text{kg.m}^{-3}$ , tendo como valor médio 627,89  $\text{kg.m}^{-3}$ , dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. Mesmo a massa específica aparente não sendo um parâmetro utilizado na comercialização da soja, a redução desse parâmetro pode estar associada à perda de qualidade do produto em consequência dos processos de deterioração durante o armazenamento e, conseqüentemente, à perda de qualidade (SILVA, 1997). No presente trabalho não foi observado diminuição significativa da massa específica, evidenciando a conservação em quantidade deste produto nas condições do trabalho.

O peso de mil grãos variou de 123,0 a 130,2 g, tendo como valor médio 126,7 g, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. As menores perdas de peso de 1000 grãos correspondem aos melhores parâmetros conservativos da massa de grãos durante o armazenamento (PUZZI, 2000). Da mesma forma que para a massa específica no presente trabalho não foi observado diminuição significativa do peso de mil grãos.

O teor de grãos ardidos variou de 0,00 a 1,19%, tendo como valor médio 0,10%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento.

Para o teor de grãos mofados, os valores variaram de 0,00 a 0,40%, tendo como valor médio 0,02%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos

grãos e tempo de armazenamento. A manutenção da quantidade de grãos ardidos e mofados, no trabalho realizado, está diretamente relacionada à umidade de armazenamento. Umidades acima dos 13% favorecem o ataque de fungos e insetos, bem como o aumento da taxa respiratória dos grãos, acarretando no aumento da ocorrência de defeitos oriundos de ação biológica (ROMBALDI & ELIAS, 1989; DIONELLO, 2000).

No teor de grãos avariados, os valores variaram de 0,16 a 4,76%, tendo como valor médio 2,28%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. O total de grãos avariados na soja corresponde, basicamente, a defeitos oriundos de metabolismos bióticos, valendo o mesmo comentário dado para os grãos ardidos e mofados da soja.

No teor de cinzas, os valores variaram de 1,32 a 2,43%, tendo como valor médio 1,91%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. A cinza é o resíduo resultante da queima de matéria orgânica sendo constituída por fosfatos, sulfatos, cálcio, magnésio e demais minerais presentes nos grãos e seu teor é de difícil degradação, sendo utilizados como indicadores de perdas quantitativas de grãos armazenados (DIONELLO, 2000; ELIAS, 2008).

Quanto ao teor de gordura (ou de extrato etéreo), os valores variaram de 16,63 a 26,56%, tendo como valor médio 21,56%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. Os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos de soja durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais, e também influenciam diretamente na secagem e conservabilidade do produto armazenado (POMERANZ, 1974). A velocidade das alterações dos lipídios depende da umidade, da temperatura e do tempo de armazenamento (RUPOLLO *et al.*, 2006).

Na acidez da gordura (ou do extrato etéreo) em ácido oléico, os valores variaram de 0,0050% a 0,0284%, tendo como valor médio 0,0113%, dentre os diferentes tipos de armazenamento, umidades iniciais dos grãos e tempo de armazenamento. Gutkoski *et al.* (2011), não observaram variações no teor de acidez da gordura em soja armazenada com 12,3% de umidade em sistema não hermético durante oito meses de armazenamento e Faroni *et al.* (2009), igualmente, não observaram modificações nestes índices em soja armazenada com umidade de até 17,4% em sistema hermético durante 180 dias de armazenamento. Segundo Pomeranz (1974), o aumento dos valores de acidez está relacionado diretamente com a atividade catalítica das lipases produzidas por microrganismos e/ou pelo próprio grão, ocasionando o desenvolvimento da rancidez durante a estocagem. A acidez do óleo aumenta com a deterioração dos grãos no armazenamento, sendo o aumento utilizado como parâmetro de conservabilidade. Visto que não ocorreu aumento significativo na acidez, nos grãos de soja armazenados na condição do trabalho, isto confirma que nestas condições ocorreu a conservação deste produto.

Os grãos de soja, se destinados ao consumo in natura (Grupo I), apresentaram características que os classificam como tipo 1, independente do sistema de armazenagem, da umidade inicial e do tempo de armazenagem avaliados neste experimento, evidenciando a manutenção da qualidade dos grãos de soja nas condições analisadas.

## 5 CONCLUSÕES

1. O armazenamento hermético manteve a umidade dos grãos de milho constante durante os oito meses de estocagem.
2. Grãos de milho e soja armazenados não hermeticamente tendem a entrar em equilíbrio higroscópico conforme as variações de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, durante a estocagem.
3. Quanto maior a umidade dos grãos, menor é a massa específica e o peso de mil grãos durante o armazenamento do milho na forma não hermética.
4. A qualidade química dos grãos de milho sofreu menores alterações no produto armazenado com 13% na forma hermética.
5. A contaminação de fungos do gênero *Fusarium* spp. foi alta durante os oito meses de armazenamento, e a contaminação de fungos do gênero *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. aumentou durante o armazenamento, independente da umidade dos grãos e do sistema de armazenagem.
6. A germinação dos grãos de milho diminuiu com o aumento da umidade e, igualmente, reduziu durante o período de estocagem deste produto.
7. A germinação dos grãos de soja, com umidades de 9,5 e 11%, não reduz durante seis meses de armazenamento e reduz, durante o mesmo período, com umidade de 12,5%, independente do sistema de armazenagem.

8. O armazenamento de soja com umidades variando de 9 a 12,5% mantém a qualidade físico química e microbiológica, por até seis meses independente do sistema de armazenagem.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: The Association, 2000. 1200 p.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE MILHO E SOJA DO MATO GROSSO (APROSOJA). **Contém informações sobre os usos da soja**. 2013. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/sobre-a-soja/os-usos-da-soja/>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

ACASIO, A. **Handling and storage of soybeans and soybean meal**. Saint Louis: American Soybean Association, 1997. 17 p. (In technical report series).

ADELER, C. Efficacy of modified atmospheres against diapausing larvae of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hubner) (Lepdoptera: *Pyralidae*). In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PROTECTION PRODUCT, 7., 2000, Chengdu. **Proceedings...** Chengdu, 2000. p. 685-691.

ADHIKARINAYAKE, B. T.; PALIPANE, K. B.; MULLER, J. Quality change and mass loss of paddy during airtight storage in a ferro-cement bin in Sri Lanka. **Journal of Stored Products Research**, Elmsford, v. 42, p. 377-390, 2006.

ADLER, C.; CORINTH, H. G.; REICHMUTH, C. Modified atmospheres In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. V. **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. Kansas: Academic Publishers, 2000. p. 105-147.

AFONSO, A. D. L.; SILVA, J. S.; BERBERT, P. A. Controle de pragas por atmosferas controladas In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p. 383-393.

AGUIAR, R. W. S. *et al.* Controle de pragas em grãos armazenados utilizando atmosfera modificada. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, p. 21-27, 2004.

ALENCAR, E. R. *et al.* Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALVES, W. M. *et al.* Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington: Arlington, 1997. 850 p. v. 2.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of American Oil Chemists' Society**. 5th ed. Champaign: American Oil Chemists' Society Press, 1996.

ATHIÉ, I. *et al.* **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargill, 1998. p. 15-191.

AZEVEDO, J. L. **A pesquisa agropecuária no Brasil**. São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo/FVG, 1993. 63 p. (Série ciência & tecnologia no Brasil).

BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain quality and management of grain quality standards. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre, 1993. p. 3-11.

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

BORÉM, A. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 5, n. 10, p. 101-107, 1999.

BOTTOMLEY, R. A; CLYDE, M. C.; GEDDES, W. F. The influence of various temperatures, humidities, and oxygen concentrations on mald growth and biochemical changes in stored yellow corn. Grain storage studies IX. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 21, p. 211-296, 1950.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (MAPA). **Portaria nº 11, de 12 de abril de 1996. Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho**. Brasília, 1996. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1037>>. Acesso em: 20 nov. 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Situação da armazenagem no Brasil, 2006**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=283>>. Acesso em: 30 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa Nº 11, de 15 de maio de 2007. Normas de qualidade para classificação e comercialização da soja em grão**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>>. Acesso em: 19 nov. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Estimativa de produção de grãos da safra de 2007/2008**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73 &NSN=326>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (ACS). **Regras para análise de sementes (RAS)**. Brasília: MAPA, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2010/2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_09\\_19\\_09\\_49\\_47\\_boletim\\_setembro-2011.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/13**. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_10\\_09\\_15\\_59\\_18\\_boletim\\_portugues\\_outubro\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_10_09_15_59_18_boletim_portugues_outubro_2012.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/13**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_02\\_08\\_17\\_24\\_51\\_boletim\\_fevereiro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_02_08_17_24_51_boletim_fevereiro_2013.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2013.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

CALDASSO, L. H. **Ácidos orgânicos e sistemas de armazenamento na conservação de milho em pequena escala**. 1998. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

CARVALHO, D. C. O. *et al.* Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 358-364, 2004.

CHEN, C. Factors that affect equilibrium relative humidity of agricultural products. **Transactions of the American Society of Agricultural and Engineers**, Saint Joseph, v. 43, n. 3, p. 673-683, 2000.

CHULZE, S. N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**, Londres, v. 27, n. 5, p. 651-657, 2010.

DHINGRA, O. D.; MUCHOVEJ, J. J.; CRUZ FILHO, J. **Tratamento de sementes: controle de patógenos**. Viçosa: UFV, 1980. 121 p.

DHINGRA, O. O. Prejuízos causados por microrganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 7, n. 1, p. 139-146, 1985.

DILLAHUNTY, A. L. *et al.* Effect of Moisture Content and Temperature on Respiration Rate of Rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 77, p. 541-543, 2000.

DIONELLO, R. G. **Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade dos grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho**. 2000. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2000.

DONAHAYE, E. J. The potential for stored-product insects to develop resistance to modified atmospheres. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 4., 1991. **Proceedings...** Blanquefort: Imprimerie Medocaine, 1991. p. 989-997.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas**. 3. ed. Pelotas: Ed. UFPEL, 2002. 218 p.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 457 p.

ELIAS, M. C. *et al.* 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. *et al.* . **Secagem e armazenamento de grãos: sistemas, métodos e processos**. Pelotas: Polo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul da UFPEL/FAEM/DCTA, 1997. 52 p.

FARONI, L. R. D. **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados**. Disponível em: <<ftp://ftp.ufv.br/dea/ Disciplinas/Leda/ENG370/Fatores%20influenc%20qualid%20graos.doc>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

FARONI, L. R. A. *et al.* Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 91-100, 2009.

FARONI, L. R. A. *et al.* Avaliação qualitativa de grãos de soja armazenados em silos tipo bolsa. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE ARMAZENAGEM 4., 2005, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: CENTREINAR, 2005. 1 CD-ROM.

FEPAGRO; EMATER/RS; FECOTRIGO. Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. **Programa multinstitucional de difusão de tecnologia em milho**. Porto Alegre, 1998. 194 p. (Boletim técnico, 3).

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.

GIBB, E.; WALSH, J. H. Effect of nutritional factors and carbon dioxide on growth of *Fusarium moniliforme* and other fungi in reduced oxygen concentrations. **Transactions of the British Mycological Society**, Manchester, v. 74, p. 111-118, 1980.

GOMES, P. **A soja**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 152 p.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58 p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 11).

GUTKOSKI, L. C.; MORAES, L. B. D.; COLUSSI, L. Emprego do resfriamento artificial no armazenamento de grãos de soja. **Revista Grãos Brasil**, Maringá, v. 50, p. 26-32, 2011.

GUTKOSKI, L. C. *et al.* Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 879-885, 2009.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: The AVI Publishing Company, 1980. 381 p.

HASSE, G. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**. Porto Alegre: L&PM, 1996.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 28, p. 473-488, 2004.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds. I. Survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 34, n. 142, p. 620-630, 1983.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1989. 102 p. v. 1.

JAYAS, D. S.; KHANGURA, B.; WHITE, N, D. G. Controlled atmosphere storage of grains. **Postharvest News and Information**, London, v. 2, n. 6, p. 422-427, 1991.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997. 148 p.

LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods: critical reviews. **Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.

LIST, G. R.; MOUNTS, T. L. Origin of the nonhydratable soybean phosphatides: whole beans or extraction? **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 70, p. 639-641, 1993.

- LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman & Hall, 1997. 532 p.
- LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: Instituto Biogenexiz, 2002. 1000 p. v. 1.
- MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 106 p.
- MAGAN, N.; LACEY, J. Effects of gas composition and water activity on growth of field and storage fungi and their interactions. **Transactions of the British Mycological Society**, Manchester, v. 82, p. 305-314, 1984.
- MARIN, S. *et al.* Fumonisin producing strains of *Fusarium*: a review of their ecophysiology. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 61, p. 1792-1805, 2004.
- MILLER, D. D.; GOLDING, N. S. The gas requirements of molds: V. the minimum oxygen requirements for normal growth and for germination of sir mold cultures. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 32, p. 101-110, 1949.
- MONTROSS, J. E.; MONTROSS, M. D.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain storage. In: BAKKER-ARKEMA, F. W. (Ed.). **CIGR handbook of agricultural engineering**. Saint Joseph, 1999. v. 4, p. 46-59.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, 1961. 42 p.
- MORENO, M. E.; BENAVIDES, C.; RAMIREZ, J. The influence of hermetic storage on the behavior of maize seed germination. **Seed Science and Technology**, Dharwad, v. 16, p. 427-434, 1988.
- 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 of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 36, p. 25-36, 2000.
- MUIR, W. E. **Grain preservation biosystems**. Manitoba: Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, 2001. 421 p.
- NAVARRO, S. Achievements of modified atmospheres and fumigation in Israel. p. 657-663. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROLLED ATMOSPHERE AND FUMIGATION IN STORED PRODUCTS, 8., 2008, Chengdu. **Anais...** Chengdu, 2008. p. 21-26.
- NAVARRO, S. Commercial application of oxygen depleted atmospheres for the preservation of food commodities. In: DOONA, C. J.; KUSTIN, K.; FEEHERRY, F. E. (Ed.). **Case studies in novel food processing technologies**. Cambridge: [S.n.], 2010. p. 321-350. (Woodhead publishing series in food science. Technology and nutrition, 197).

NEVES, W. S. *et al.* Avaliação fitossanitária de sementes de pinhão manso provenientes dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 17, 2009.

NG, H. F. *et al.* Mechanical damage and corn storability. **Transaction of the American Society of Agricultural and Engineers**, Saint Joseph, v. 41, p. 1095-1100, 1998.

NOGUEIRA JUNIOR, S. *et al.* Produção potencial de grãos e armazenagem a granel no Estado de São Paulo. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, 1989. p. 1-16.

NOGUEIRA JUNIOR, S.; TSUNECHIRO, A. **Descompasso entre produção e armazenagem de grãos**. São Paulo: IEA – Instituto de Economia Agrícola, 2003. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=883>>. Acesso em: 10 set. 2006.

OLIVEIRA, M.; DIONELLO, R. G.; ELIAS, M. C. Amostragem, análise de umidade e impureza em grãos. In: **Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. p. 195-230.

PAPADEMETRIOU, E.; VANAVA, A. Traditional hermet methods of grain storage used in *Cyperus*. In: DONAHAYE, E. J.; NAVARRO, S.; VANAVA, A. **Controlled atmosphere and fumigation in stored products**. Nicosia: [S.n.], 1997. p. 175-182.

PETERSSON, S.; SCHNURER, J. Biocontrol of mold growth in high-moisture wheat stored under airtight conditions by *Pichia anomala*, *Pichia guilliermondii*, and *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 61, n. 3, p. 1027-1032, 1995.

PIPOLO, A. E.; SINCLAIR, T. R.; CAMARA, G. M. S. Effects of temperature on oil and protein concentration in soybean seeds cultured *in vitro*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 144, p. 71-76, 2004.

POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: **Storage of cereal grains and their products**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1974. p. 56-114.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Ed. Atualizada, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.

QUEZADA, M. Y. *et al.* E. Hermetic storage system preventing the proliferation of *Prostephanus truncatus* Horn and storage fungi in maize with different moisture contents. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 321-326, 2006.

RODRÍGUEZ, J. C. *et al.* Almacenaje de granos em bolsas plasticas: sistema silobag. In: DELEGACIÓN BUENOS AIRES SUR. **Informe final de soja**. Disponível em: <[http://www.ipesadobrasil.com.br/novo/\\_img/upload/Informemilho.pdf](http://www.ipesadobrasil.com.br/novo/_img/upload/Informemilho.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2012.

ROMBALDI, C. V.; ELLIAS, M. C. Defeitos gerais de classificação comercial em grãos de arroz irrigado, submetidos a duas condições de secagem intermitente e armazenados durante cinco meses no sistema convencional. In: REUNIÃO TÉCNICA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 587-592.

ROSKENS, B. Annual meeting - industry comments. **Grain Quality Newsletter**, Wisconsin, v. 16, n. 2, p. 3-4, 1995.

RUPOLLO, G. *et al.* Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.

RUPOLLO, G. *et al.* Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Maize. In: **Postharvest biotechnology of cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 127-146.

SANTOS, J. P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 6 p. (Comunicado técnico, 84).

SANTOS, S. B. **Determinação da perda de matéria seca e avaliação qualitativa de grãos de milho armazenados em bolsas herméticas**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SANTOS, S. B. *et al.* Quality of maize grains treated with allyl isothiocyanate stored in hermetic bags. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 46, n. 2, p. 111-117, 2010.

SARTORI, J. A. **Qualidade dos grãos de milho após o processo de secagem**. 2001. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

SAUER, D. B. **Storage of cereal grains and their products**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615 p.

SAUL, R. A.; STEELE, J. L. Why damaged shelled corn cost more to dry. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 47, p. 326, 1966.

SCHUH, G. *et al.* Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 675- 804.

- SILVA, A. A. L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento.** 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado - Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de Secagem. In: SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas.** Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p. 105-143.
- SINHA, R. N. Interrelations of physical, chemical and biological variables in the deterioration of storage grains. In: SINHA, R. N.; MUIR, W. E. (Ed.). **Grain storage: part of a system.** Westport: Conn. Avi, 1973. 481 p.
- 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.
- TANG, S. *et al.* Survival characteristics of corn seed during storage: I. Normal distribution of seed survival. **Crop Science**, Alexandria, v. 39, p. 1394-1400, 1999.
- TANAKA, M. A. S. *et al.* Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, 2001.
- TEIXEIRA, G. V. **Avaliação das perdas qualitativas no armazenamento da soja.** 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- TREWARTHA, G. T.; HORN, L. H. **An introduction to climate.** 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 416 p.
- VALARINI, P. J.; VECHIATO, M. H.; LASCA, C. C. Sobrevivência de fungos associados a sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) em duas condições de armazenamento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 173-176, 1990.
- VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M. de; MACHADO, J. C. **Controle de Qualidade de Sementes.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113 p.
- VIEIRA, E. H. N. *et al.* **Avaliação da qualidade tecnológica do feijão armazenado em silobolsa.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Comunicado técnico, 116).
- WEBER, E. A. Secadores. In: WEBER, E. A. (Ed.). **Armazenagem e conservação dos grãos.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. p. 93-186.
- WEINBERG, Z. G. *et al.* The effect of moisture level on high-moisture maize (*Zea mays* L.) under hermetic storage conditions — *in vitro* studies. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 44, p. 136-144, 2008.

WHITE, N. D. G.; LEESCH, J. G. Chemical control. In SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D. **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekkes, 1996. p. 287-330.

WILSON, D. M.; JAY, E.; HILL, R. A. Microflora changes in peanuts (groundnuts) stored under modified atmospheres. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 21, p. 47-52, 1985.

ZADERNOWSKI, R.; NOWAK-POLAKOWSKA, H.; RASHED, A. A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 33, p. 177-191, 1999.