

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS COM DIFERENTES UMIDADES EM AMBIENTES HERMÉTICO E NÃO HERMÉTICO

ARNALDO TIECKER JUNIOR¹, LUIDI ERIC GUIMARÃES¹, EDAR FERRARI FILHO¹,
BIANE DE CASTRO¹, EMERSON MEDEIROS DEL PONTE¹ e RAFAEL GOMES DIONELLO¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, tiecker@hotmail.com, luidieric.antunes@gmail.com, edarfff@gmail.com, bianedecastro@hotmail.com, edelponte@gmail.com, rafadionello@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.2, p. 174-186, 2014

RESUMO - Uma fração significativa da safra produzida no Brasil é perdida durante o armazenamento. O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade de grãos de milho armazenados com diferentes umidades iniciais em ambientes hermético e não hermético. Os grãos foram armazenados em tonéis metálicos de 200 litros, sendo que, no ambiente hermético, o tonel foi fechado com tampa e, no ambiente não hermético, não foi utilizada a tampa, a partir de três umidades (13,0, 17,0 e 29,0%). No início do armazenamento e a cada dois meses, até o oitavo mês de armazenamento, foram realizadas as seguintes análises: umidade; proteína bruta; gordura; cinzas; carboidratos; e acidez da gordura. Os resultados nos permitiram concluir que: 1. o armazenamento hermético manteve a umidade dos grãos de milho constante durante os oito meses de estocagem; 2. grãos de milho armazenados não hermeticamente tendem a entrar em equilíbrio higroscópico, conforme as variações de temperatura e umidade relativa do ar; 3. os resultados da qualidade nutricional se mantiveram no produto armazenado com 13% na forma hermética; 4. a acidez dos grãos de milho, armazenados de forma hermética, independente da umidade inicial, se manteve em relação aos grãos armazenados a granel em tonéis não herméticos.

Palavras-chave: Conservação; estocagem; teor de água; *Zea mays*.

PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF MAIZE GRAIN STORED WITH DIFFERENT MOISTURE CONTENTS IN AIRTIGHT AND NON-AIRTIGHT ENVIRONMENTS

ABSTRACT - A significant fraction of the crop produced in Brazil is lost during storage. The aim of the study was to evaluate the quality of stored corn with different initial moisture in airtight and not airtight environments. The grains were stored in metal barrels of 200 liters. In the airtight environment, the barrel was closed with a lid and in the non-airtight barrel, no cover was used. Three different moistures were measured (13.0, 17.0 and 29.0%). At the beginning of storage and every two months until the eighth month of storage the following analyzes were performed: moisture, crude protein, ether extract, ash, carbohydrates and acidity of the ether extract. The results allowed us to conclude that: 1. The airtight storage retained moisture of the corn grain constant during the eight months of storage. 2. Corn not hermetically stored tends to get in hygroscopic equilibrium according to variations in temperature and relative humidity. 3. The results of the nutritional quality were maintained in the stored product with 13% airtight. 4. The acidity of corn stored airtight, independent of the initial moisture content, was maintained compared to grain stored in bulk in barrels not airtight.

Key words: conservation; storage; water content; *Zea mays*.

No Brasil e no mundo, a produção de grãos é um dos principais setores do segmento agrícola. Um constante e significativo crescimento deste setor no país tem sido observado. Na safra 2012/13, por exemplo, 186,9 milhões de toneladas de grãos foram produzidas, com destaque para a cultura do milho, que contribuiu com aproximadamente 43,3% do montante. A previsão de colheita na próxima safra no Brasil é de 193,6 milhões de toneladas de grãos, sendo que, para a cultura do milho, há previsão de serem colhidas 75,5 milhões de toneladas, com redução de 6,8% em relação à safra passada (Conab, 2014).

Segundo Prado & Prado (2012), a partir do milho, obtêm-se em torno de 90 derivados diferentes, sendo os principais: grits; fubá; canjica; óleo; amido; amilose; amilopectina; zeína; e fibras, sendo que o amido pode ser convertido em xaropes e modificado em dextrinas e em amidos especiais.

O surgimento de resistência nos insetos tem provocado a necessidade de constantes aumentos de doses de inseticidas e, conseqüentemente, aumento do acúmulo de resíduos nos grãos, bem como aumento dos riscos de intoxicação dos trabalhadores que manuseiam os grãos e os inseticidas (Coelho et al., 2000). A preocupação dos consumidores quanto à qualidade dos alimentos e com grãos “livres de resíduos” tem incentivado estudos relacionados a novas técnicas de controle de pragas (Alencar et al., 2009; Ferrari Filho et al., 2011).

Dentre os diferentes tipos de armazenamento, destaca-se o sistema hermético, que se enquadra como um método de controle físico, sem a utilização de produtos químicos no controle dos agentes prejudiciais ao armazenamento. Este sistema impede a troca gasosa entre o interior e o exterior do compartimento onde são armazenados os grãos. Nesse

ambiente, 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) e diminuem a concentração de O_2 a níveis letais ou restritivos ao desenvolvimento dos seres vivos associados (Rupollo et al., 2004). Diversos autores têm estudado a qualidade de grãos durante o armazenamento hermético em diversas estruturas, dentre eles Rupollo et al. (2004) em grãos de aveia; Samapundo et al. (2007); Weinberg et al. (2008) em grãos de milho; Faroni et al. (2009) em grãos de soja; Navarro (2010) em grãos de cacau. Porém, em tonéis metálicos, voltados para armazenamento de pequenos e médios produtores de milho, não existem estudos relatando a qualidade. A forma tradicional de armazenamento no Brasil é a granel (não hermética) e caracteriza-se pela dispensa do uso de sacos, utilizando, para o acondicionamento dos grãos, estruturas como silos, armazéns graneleiros e/ou granelizados, metálicos ou de concreto, ou materiais de construção disponíveis ou adaptados, principalmente em situações emergenciais, providos ou não de sistemas de aeração forçada (Elias et al., 2013).

O objetivo do estudo foi avaliar as qualidades física e química de grãos de milho armazenados, com diferentes umidades iniciais, em ambientes hermético e não hermético, durante o período de oito meses.

Material e Métodos

O milho foi semeado no mês de novembro de 2010 em área da Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS. Os grãos foram colhidos com umidade de 29% e, logo em seguida, divididos em três partes iguais,

sendo uma delas mantida com a umidade inicial e as outras duas secas, uma até 17% e a outra até 13%. O experimento foi conduzido conforme o delineamento experimental completamente casualizado, sob esquema fatorial 2x3x5, sendo: 2 ambientes (hermético e não hermético); 3 umidades iniciais (29%, 17% e 13%); e 5 tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 meses), totalizando 30 tratamentos. Foram utilizadas três repetições, sendo cada uma composta por um tonel de 200 L. No ambiente hermético, o tonel foi fechado com uso de uma tampa que possuía uma borracha de vedação no encaixe com o tonel. Além disso, a junção da tampa com o tonel foi selada com fita de vedação igual à utilizada na vedação de ambientes a serem expurgados. No ambiente não hermético, utilizaram-se os tonéis sem a tampa e o local de armazenamento, para ambos os sistemas (hermético e não hermético), foi monitorado em relação à temperatura, à umidade relativa do ar e ao equilíbrio higroscópico, que foi calculado pela Equação de Chung Pfof (Bartosik & Maier, 2005).

No início do armazenamento (tempo 0) e a cada dois meses, até o oitavo mês de armazenamento, foram coletadas amostras simples de cada tratamento até o total de 5 kg. As amostras foram analisadas em relação a seis características físico-químicas: umidade; proteína bruta; gordura (extrato etéreo); teor de cinzas; carboidratos; e acidez da gordura (% ácido oléico). A umidade dos grãos, expressa em % em base úmida, foi determinada em estufa a 105 ± 3 °C, com circulação de ar, por 24 h, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). O teor de proteína bruta (%) foi quantificado pelo método *Kjeldahl*, descrito pela American... (2000). A extração e a determinação do teor de gordura (%) foram realizadas conforme o método apresentado pela American... (1996), com a utilização do aparelho Soxhlet. O teor

de cinzas (%) ou material mineral foi determinado conforme descrito na Helrich (1990), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580 °C, até peso constante. A determinação de carboidratos (%) foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100% o somatório dos teores determinados para proteína bruta, gordura (extrato etéreo) e cinzas. O teor da acidez da gordura, em ácido oléico, expresso em % de ácidos graxos livres, após conversão dos valores de titulação para ácido oléico (p.m. 282), foi determinado de acordo com o método descrito na American... (1996). Os teores de proteína bruta, gordura (extrato etéreo), teor de cinzas, carboidratos e acidez da gordura foram expressos em percentagem em base seca.

A significância do efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) foi avaliada pela análise de *deviance*, baseada em modelos lineares generalizados, a qual é análoga ao teste F da Anova clássica. Para cada uma das seis variáveis analisadas, atribuiu-se distribuição normal (gaussiana) com função de ligação “identity” através da função *glm* do programa computacional R. Foram avaliados os efeitos simples e as interações duplas e triplas nos três fatores. 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 linear foram ajustados onde houve significância de alguma das interações com os fatores contínuos, tempo ou umidade inicial, testando-se os modelos de primeira e de segunda ordens (quadrático). As análises de *deviance* foram feitas no programa computacional R e as regressões no SigmaPlot v. 12.

Resultados e Discussão

Na Figura 1, são apresentados os valores de temperatura e umidade relativa do local de armazenamento, compreendido entre o período de julho de 2011 e março de 2012, bem como os resultados estimados para o equilíbrio higroscópico dos grãos de milho, calculados pela equação de Chung-Pfost.

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 (no sistema não hermético) e umidades iniciais. No armazenamento hermético, os teores de umidade foram mantidos até o oitavo mês de armazenamento, não variando significativamente, e a umidade média durante o período de armazenamento foi de 13,28, 18,03 e 29,68% para as umidades iniciais de 13, 17 e 29%, respectivamente. 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.

Já no ambiente não hermético, os grãos que foram armazenados com umidades de 17 e 29% (Figura 2) entraram em equilíbrio higroscópico em umidades mais baixas do que as iniciais. Já os grãos armazenados com 13% de umidade não sofreram variação significativa em sua umidade durante o período de armazenamento, tendo como umidade média 13,13% durante o armazenamento. A umidade e a temperatura são os principais fatores que influenciam no equilíbrio higroscópico dos grãos. Os

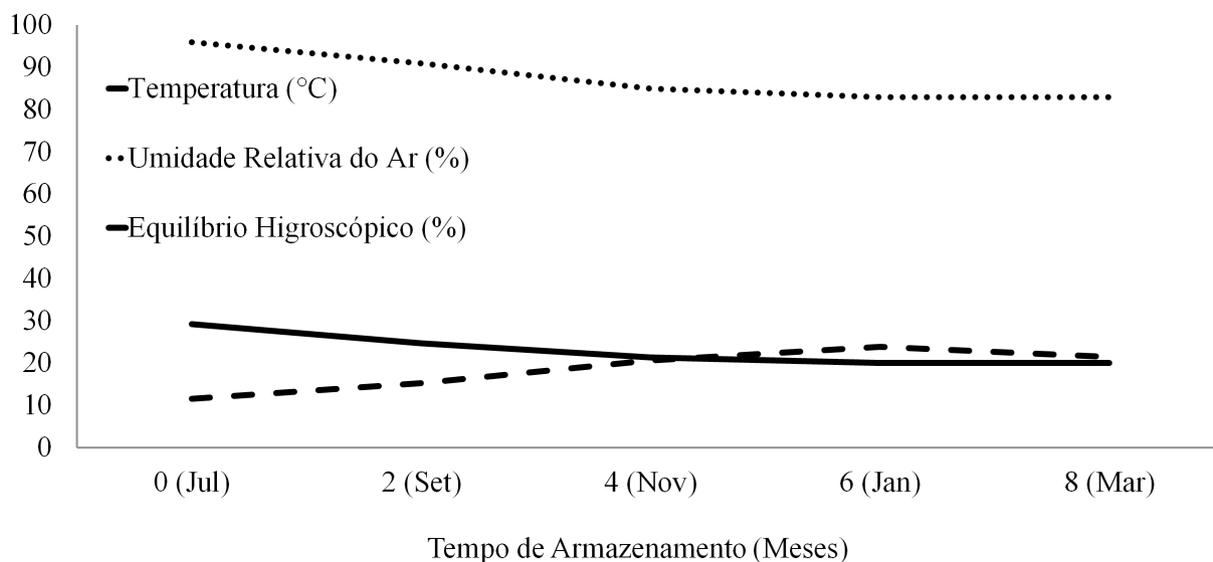


FIGURA 1. Médias mensais de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e valor estimado do equilíbrio higroscópico (% b.u.) durante os oito meses de armazenamento dos grãos de milho. Fonte: Estação Meteorológica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia. Eldorado do Sul, RS, 2011.

grãos com umidade mais elevadas, em ambiente não hermético, apresentaram tendência de secarem de forma natural durante o verão. Isto 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 do 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).

Para as variáveis teor de proteína bruta, 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 evidência do efeito de pelo menos umas das interações testadas.

Para o teor de proteína bruta, conforme demonstrado na Figura 3, houve forte evidência ($P < 0,001$) de efeito da interação ambiente de armazenagem e tempo de armazenagem, não sendo significativas as demais interações ($P > 0,05$).

O teor de proteína bruta no início do armazenamento era de 9,5%, sendo, no armazenamento não hermético, evidenciado um aumento até o fim do experimento em 1,73 ponto percentual (Figura 3). Já no sistema hermético, houve tendência de aumento em 0,98 ponto percentual da proteína bruta aos 111 dias de armazenamento, seguido de um declínio em 1,28 ponto percentual a partir desse dia até o final do

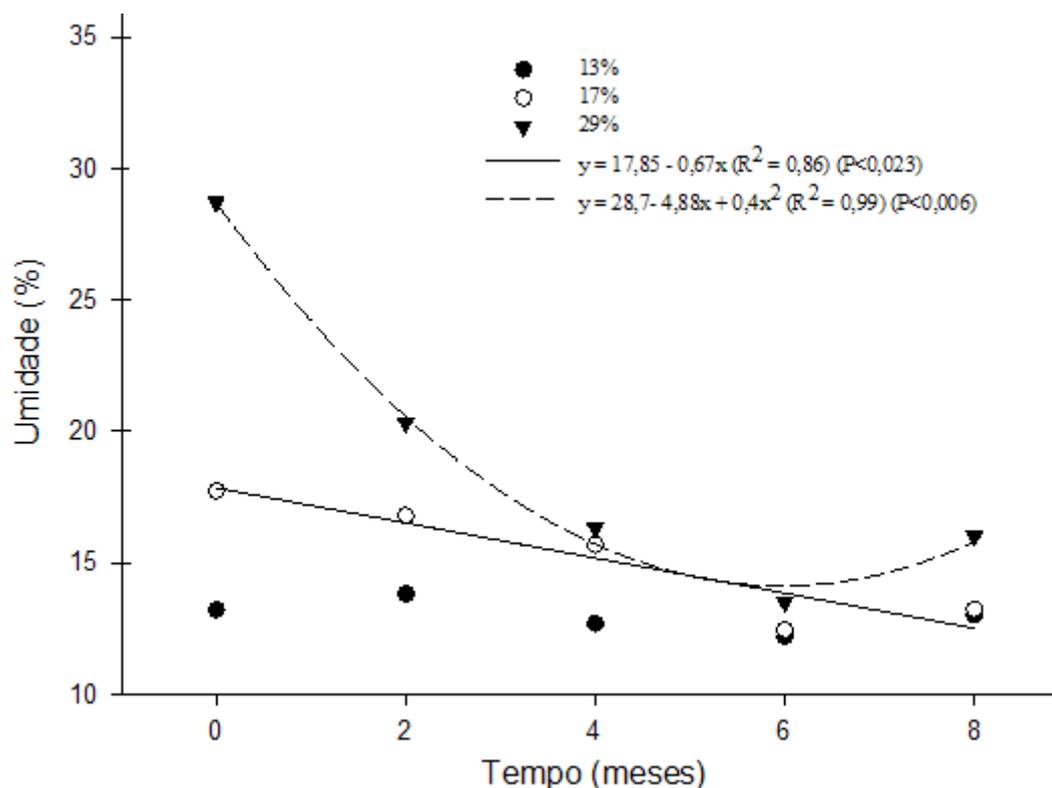


FIGURA 2. Umidade (%) de grãos de milho armazenados ao longo do tempo em ambiente não hermético, partindo de três umidades iniciais de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

armazenamento. O aumento dos teores de proteína bruta 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 (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 bruta 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 à

redução no teor de proteína bruta é a temperatura do ambiente de armazenamento, a qual foi mais alta a partir desse tempo. Conforme Carvalho et al. (2004) e Pipolo et al. (2004), temperaturas elevadas causam alterações nos constituintes químicos dos grãos, como lipídios, carboidratos e proteínas.

Quanto ao teor de cinzas (Figura 4), houve forte evidência ($P < 0,01$) do efeito da interação umidade inicial e tempo de armazenamento, com tendência de aumento no teor de cinzas ao longo do tempo para todas as umidades iniciais, independente do ambiente de armazenamento. Os valores finais de cinzas foram semelhantes para ambas as umidades iniciais ao final do oitavo mês (resultados entre 2,05 e 2,13%). No entanto, foram mais altos para os grãos armazenados com umidade inicial de 29%, desde o início do armazenamento. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO_2 , água e outros produtos, com liberação de calor, podendo

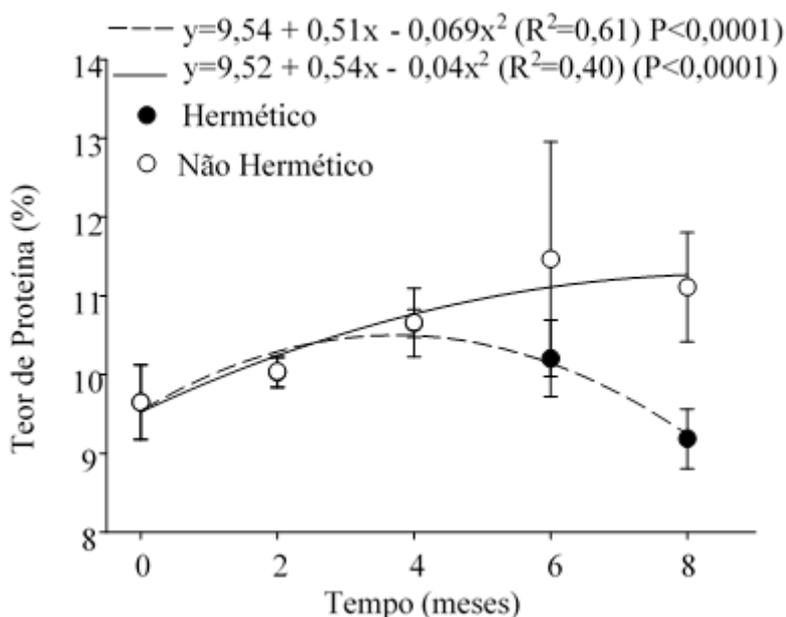


FIGURA 3. Teor de proteína bruta (%) em milho, em função do tipo de ambiente e do tempo de armazenamento. Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

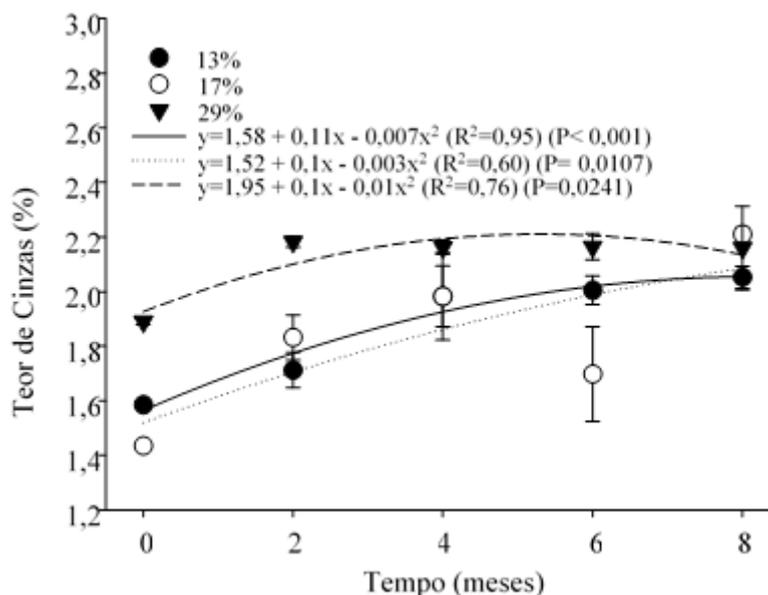


FIGURA 4. Teor de cinzas (%) em milho sob a influência da umidade inicial dos grãos e do tempo de armazenamento dos grãos de milho em ambientes hermético e não hermético. Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total, sendo a deterioração acelerada em cereais com índices de umidade superiores a 13-14%. Desta forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida (Muir et al., 2000). 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 foram as 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).

Para o teor de gordura (extrato etéreo) (Figura 5), todos os modelos com interações duplas, testadas individualmente, mostraram efeito das interações, sendo mais fortes as evidências ($P < 0,001$) para a interação 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 dos grãos de milho armazenados no sistema hermético apresentam valores significativamente superiores aos teores mensurados em sistema não hermético ao longo do tempo, com valor médio de 5,71% (Figura 5A). Já no sistema não hermético, o teor médio de gordura foi de 5,02%. Em ambos os sistemas (hermético e não hermético), não é evidenciada uma tendência ou um padrão definido de aumento ou redução significativo dos teores de gordura ao longo do tempo. Conforme Rupollo et al. (2004), a perda de gordura que ocorre durante o armazenamento é devida 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 em sistema não hermético (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, em que o teor de gordura variou significativamente. Hou & 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 U.R., sendo este aumento de 17,18 para 19,90% após seis meses, atingindo 20,36% após nove meses. Razões

para este aumento de lipídios durante os períodos de armazenamento não foram citadas. Conforme List & 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 o que não eram inicialmente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no sistema de armazenamento hermético do presente estudo, indicando

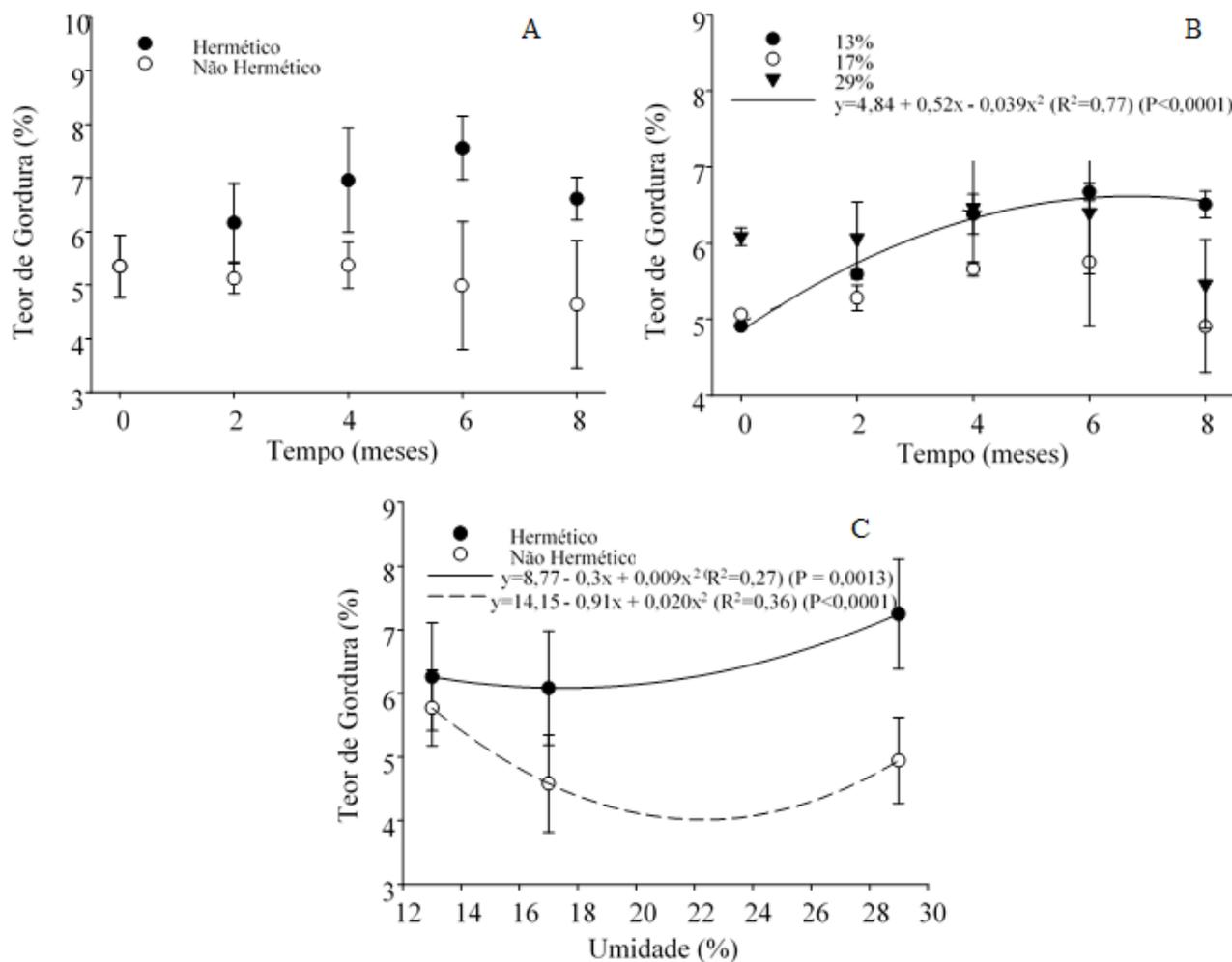


FIGURA 5. Teor de gordura (%) em milho, sob influência do tipo de ambiente e do tempo de armazenamento (A), umidade inicial e tempo de armazenamento (B) e ambiente e umidade inicial de armazenamento (C). Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

a provável destruição de fosfolípidios constituintes das membranas celulares e, por consequência, perda de funcionalidade celular.

Quanto ao efeito da umidade inicial dos grãos durante o armazenamento, independente do sistema, foi observada tendência significativa de aumento no teor de gordura dos grãos armazenados até o dia 200, com valor de 6,57%, na umidade inicial mais baixa (13%) (Figura 5B). Para os grãos armazenados com umidade inicial de 17 e 29%, não houve variação significativa do teor de gordura ao longo do tempo de armazenamento. A tendência não significativa se deve à alta variabilidade ocorrida entre os ambientes, uma vez que a leitura para cada umidade ao longo do tempo é feita considerando os dois ambientes (hermético e não hermético) de armazenamento. Quando se considera a interação entre o ambiente de armazenamento e a umidade inicial dos grãos, se verifica uma maior quantidade de gordura no sistema hermético quando comparado ao sistema não hermético, independente da umidade inicial (Figura 5C). 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. 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 (Figura 6), 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, houve tendência de aumento na acidez ao longo do tempo de armazenamento, com valor final no ambiente não hermético de 0,36% e, no ambiente hermético, de 0,17% (Figura 6A).

Quanto ao efeito da umidade inicial, não houve diferenças entre os níveis de umidade no

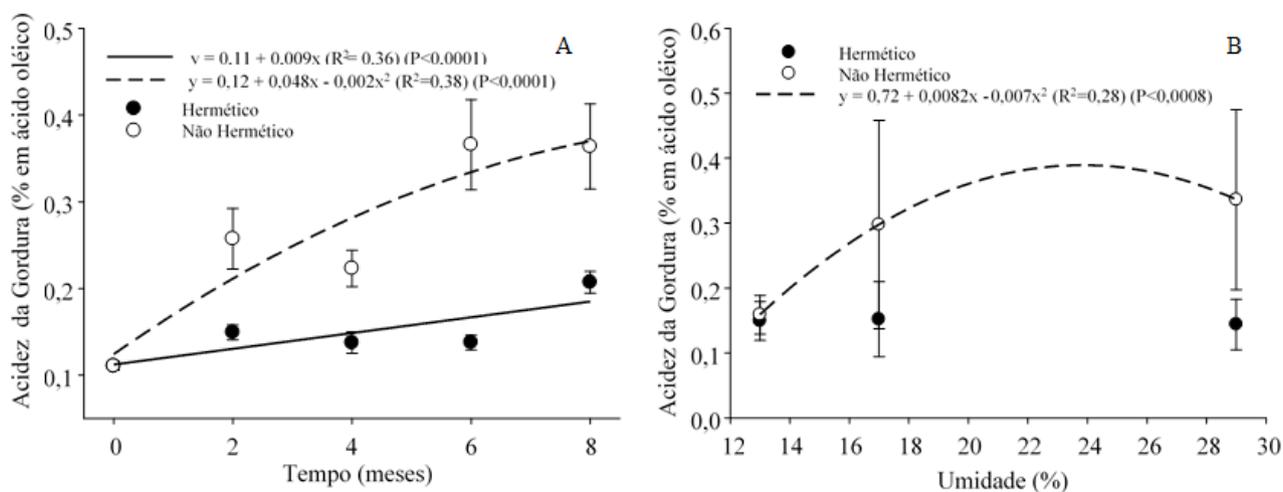


FIGURA 6. Acidez da gordura (% em ácido oleico), nos grãos de milho, sob influência do tipo de ambiente e tempo de armazenamento (A), e umidade inicial e ambiente de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

ambiente hermético, os quais se mantiveram ao redor de 0,15% em todas as umidades (Figura 6B). Corroborando com Faroni et al. (2009), que avaliaram 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 oleico, durante 180 dias de armazenamento. Já no ambiente não hermético, a acidez apresentou tendência de aumento nas umidades mais altas nos grãos com acidez de 0,16, 0,29 e 0,33% para as umidades iniciais de 13, 17 e 29%, respectivamente.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolípidios, 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 ser produzidas por microrganismos, insetos associados e ácaros. A redução do teor de gordura 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 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 (Figura 7), foram evidenciados os efeitos significativos ($P < 0,01$) das interações umidade inicial e tempo de armazenamento e ambiente e umidade inicial de armazenamento. Foi observada, para umidade de 13%, a redução máxima de 2,73 pontos percentuais no teor de carboidratos no período de 168 dias de armazenamento e, para a umidade de 29%, a maior perda no teor de carboidratos foi constatada aos 128 dias, com redução de 1,92 ponto percentual. Após as quedas, a tendência foi de pequeno aumento, 0,5 e 1,09 pontos percentuais, nos teores de carboidratos para as umidades iniciais de 13 e 29%. Para os grãos com umidade inicial de 17%, foi encontrado

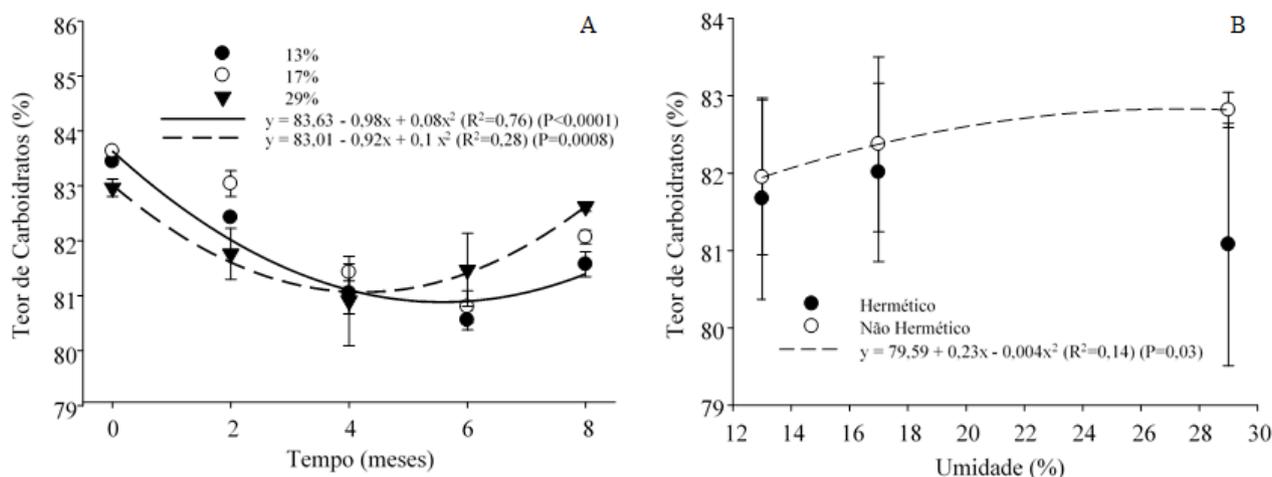


FIGURA 7. Teor de carboidratos (%) em grãos de milho, sob influência da umidade inicial e tempo de armazenamento (A), e ambiente e umidade inicial de armazenamento (B). Eldorado do Sul, RS, 2011/2012.

um padrão de comportamento semelhante ao dos grãos com 13%, embora não significativo (Figura 7A). A variação no teor de carboidratos está relacionada à variação dos demais compostos químicos analisados. A redução no teor de carboidratos se deveu ao aumento da proteína bruta e da gordura e o aumento do teor de carboidratos ocorreu devido à redução no teor de proteína bruta e da gordura, pois, conforme a metodologia empregada (análise proximal), o teor de carboidratos é inversamente proporcional à soma dos demais compostos (proteínas, gorduras e cinzas).

Na Figura 7B, pode-se observar que, no ambiente não hermético, os teores de carboidratos aumentaram conforme o incremento da umidade inicial de armazenagem dos grãos, ou seja, foram mais elevadas para as umidades iniciais mais altas dos grãos, sendo 82, 82,41 e 82,83% os teores para as umidades iniciais de 13, 17 e 29%, respectivamente. A tendência de aumento trata-se de um aumento virtual, aparente ou relativo, uma vez que ocorre em função da diminuição das frações proteína bruta 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, em que as menores variações estão associadas aos melhores efeitos conservativos desses compostos nos grãos durante o armazenamento (Elias et al., 2008).

Conclusões

O armazenamento hermético manteve a umidade dos grãos de milho constante durante os oito meses de estocagem.

Grãos de milho armazenados não hermeticamente tendem a entrar em equilíbrio higroscópico conforme as variações de temperatura e umidade relativa do ar durante a estocagem.

Os resultados da qualidade nutricional se mantiveram no produto armazenado com 13% na forma hermética.

A acidez dos grãos de milho, armazenados de forma hermética, independente da umidade inicial, se manteve em relação aos grãos armazenados a granel em tonéis não herméticos.

Referências

- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official and Tentative Methods of American Oil Chemistry Society**. New York: AOCS, 1996.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. St. Paul, 2000.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI, L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 606-613, 2009.
- BARTOSIK, R.; MAIER, D. 2005. Field testing of a new variable heat low temperature in-bin drying control strategy. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 21, p. 445-453, 2005.

- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2013/14**. Fevereiro, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_22_20_boletim_graos_fevereiro_2014.pdf> Acesso em: 21 fev. 2014.
- CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; VARGAS JÚNIOR, J. G.; TOLEDO R. S.; COSTA, C. H. R.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUZA, R. M. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 358-364, 2004.
- COELHO, E. M.; FARONI, L. R. A.; ALVES, W. M. TL99 para *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* sob diferentes períodos de exposição e concentrações de dióxido de carbono e fosfina. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 8, p. 129-140, 2000.
- ELIAS, M. C.; DIONELLO, R. G.; FORLIN, F. J.; OLIVEIRA, M.; GELAIN, J.; PETER, M. Z. Avaliação do uso de ácidos orgânicos na conservação de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, p.35-46, 2008.
- ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 25-30, 2009.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M de; PARAGINSKI, R. T. **Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil**. Pelotas: Santa Cruz, 2013. 491 p.
- FARONI, L. R. A.; ALENCAR, E. R.; PAES, J. L.; COSTA, A. R.; ROMA, R. C. C.. Armazenamento de soja em silos tipo bolsa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, p. 91-100, 2009.
- FERRARI FILHO, E.; ANTUNES, L. E. G.; TIECKER, A.; DIONELLO, R. G.; SPOLTI, P. Controle de gorgulho-do-milho submetido ao tratamento térmico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, p. 196-204, 2011.
- GUTKOSKI, L. C.; EICHELBERGER, L.; SANTIN, J. A.; PORTELLA, J. A.; SPIER, F.; COLUSSI, R. 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, p. 879-885, 2009.
- HELDRICH, K. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Arlington: AOAC, 1990. v. 2.
- 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.
- 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.
- MUIR, W. E.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: MUIR, W. E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems**. Manitoba: University of Manitoba, 2000. cap. 19, 20 p.
- NAVARRO, S. Commercial applications of oxygen depleted atmospheres for the preservation of food commodities. In: DOONA, C. J.; KUSTIN, K.; FEEHERRY, F. F. **Case studies in novel food processing technologies**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2010. p. 321-351. (Food Science, Technology and Nutrition, 197)
- 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**, Cambridge, v. 144, p. 71-76, 2004.
- PRADO, E. V.; PRADO, F. T. M. Viabilidade econômica da secagem do farelo de milho degerminado usando GLP. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 21, p. 38-45, 2012.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARINI, L. J.; ELIAS, M. C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1715-1722, 2004.
- SAMAPUNDO, S.; MEULENAER, B. de; ATUKWASE, A.; DEBEVERE, J.; DEVLIEGHERE, F. The influence of modified atmospheres and their interaction with water activity on the radial growth and fumonisin B1 production of *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* on corn. Part I: The effect of initial headspace carbon dioxide concentration. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 114, p. 160-167, 2007.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 235-244, 2011.
- WEINBERG, Z. G.; YAN, Y.; CHEN, Y.; FINKELMAN, S.; ASHBELL, G.; NAVARRO, S. The effect of moisture level on high-moisture maize (*Zea mays* L.) under hermetic storage conditions in vitro studies. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 44, p. 136-144, 2008.