

Efeito de diferentes fontes energéticas na secagem e de tempos de armazenagem sobre as características físicas e tecnológicas de grãos de milho¹

Edar Ferrari Filho², Luidi Eric Guimarães Antunes³, Arnaldo Tiecker², Rafael Friedrich de Lima², Rafael Gomes Dionello⁴

Resumo - O objetivo foi avaliar a qualidade física e tecnológica de grãos de milho, sendo os mesmos submetidos à secagem estacionária com diferentes fontes de aquecimento do ar. Os grãos foram oriundos de lavoura da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e secos até umidade de aproximadamente 12%, da seguinte forma: secagem com ar natural, secagem com uso de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e secagem solar. As análises de umidade, massa específica, peso de mil grãos e inteiros foram realizadas no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS, provenientes de amostras coletadas após a secagem e, posteriormente, a cada três meses. Os resultados obtidos nos permitiram concluir que as maiores perdas ocorreram após seis meses de armazenamento, para todos os tratamentos, em função principalmente do ataque de insetos do gênero *Sitophilus*, mostrando que os três combustíveis utilizados para a secagem se mostraram viáveis em termos de qualidade física e tecnológica de grãos de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. GLP. Secagem solar. Ar natural. Qualidade de grãos.

Effect of different stationary sources of air heating on grain drying and storage duration on grain physical and technological quality

Abstract - This study aimed to evaluate the physical and technological quality of maize grains subjected to drying with different stationary sources of air heating and stored for nine months. The grains were derived from the Experimental Station of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul's experimental farm, and dried to humidity of approximately 12% as follows: natural air drying, drying with the use of LPG and solar drying. The analysis of humidity, specific weight, thousand grains weight and integers were performed after sample drying and every three months up to nine months of storage and were conducted at the Plant Protection Department of the Federal School of Agronomy. The results allowed us to conclude that the greatest losses occurred after six months of storage for all treatments, mainly due to the attack of insects of the *Sitophilus* genus, showing that the three fuels used for drying proved to be viable in terms of keeping the grain physical and technological quality.

Key words: *Zea mays*. GLP. Solar drying. Natural air. Grain quality.

¹ Manuscrito recebido em 19/04/2014 e aceito para publicação em 27/10/2014.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404. E-mail: edarff@gmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafaellimars@hotmail.com; tiecker@hotmail.com

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafadionello@hotmail.com

Introdução

O milho é o segundo grão mais produzido no país, perdendo somente para a soja, chegando a aproximadamente 81 milhões de toneladas, na safra 2012/2013, com uma estimativa de colheita de 78 milhões de toneladas na safra 2013/2014, inferior 3,6% a safra anterior. No Brasil, os estados de maior produção são Paraná, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, o qual é o sexto estado em termos de produção, somando cerca de 10% da produção nacional e atingindo a produtividade média de aproximadamente 5.210 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Segundo Prado e Prado (2012), a partir do milho obtêm-se em torno de noventa derivados diferentes, sendo os principais: grits, fubá, canjica, óleo, amido, amilose, amilopectina, zeína e fibras, sendo ainda possível converter o amido em xaropes e modificado em dextrinas e amidos especiais.

A secagem, como atividade econômica, é um processo artificial e mecânico, destinado a remover o excesso de água até um valor seguro para cada espécie, com a responsabilidade de não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas, mantendo a qualidade nutricional e organoléptica desenvolvidas durante a fase de campo. (AMARAL e DALPASQUALE, 2000).

A secagem do milho produzido no Brasil, em sua maioria, ocorre na própria planta ainda no campo, pois as condições climáticas na época de colheita são favoráveis e, também, porque a cultura é muito difundida entre os pequenos agricultores que, devido à falta de capital disponível, não investem em infraestrutura para a secagem. Assim, os meios utilizados para secagem do milho, no Brasil, são os mais simples e baratos.

A secagem natural é pouco segura, uma vez que o produto fica no campo sujeito a condições ambientais desfavoráveis. Além disso, em condições de altas temperaturas e com alta taxa respiratória, o produto consome parte de suas reservas, comprometendo sua qualidade. Outra desvantagem da secagem no campo é que o milho pode ser atacado por insetos, pássaros, roedores e microrganismos, principalmente fungos, que contribuem significativamente para a sua deterioração. A secagem em secadores é uma técnica que visa à preservação da qualidade do produto, considerando que ele é colhido com teor de água ainda alto para a armazenagem, porém,

com alta qualidade e alto teor de matéria seca (ELIAS, 2007).

Para o agricultor, a secagem e armazenagem da produção na propriedade podem representar vantagens, como a redução ou ausência dos custos de transporte ou frete; a comercialização do produto em épocas de menor oferta e maior demanda (entressafra); melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, bem como a disponibilidade de um produto de melhor qualidade e melhor adaptado às condições de consumo e/ou comercialização (ELIAS e OLIVEIRA, 2009). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física e tecnológica dos grãos de milho submetidos à secagem estacionária empregando diferentes fontes energéticas e, posteriormente, armazenados por nove meses.

Material e Métodos

Foram utilizados grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivados na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul/RS (30° 05' 52''S; 51° 39' 08''W).

As espigas foram colhidas com umidade de 16% e imediatamente debulhadas em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado, sendo os grãos posteriormente limpos em máquina de ar e peneiras planas, para retirada de matérias estranhas, impurezas e grãos quebrados. Posteriormente, o material foi dividido em três partes, uma para cada método de secagem (S₁ a S₃):

S₁ – Secagem estacionária com ar natural; S₂ – Secagem estacionária com uso da energia solar; e S₃ – Secagem estacionária com uso de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

A temperatura do ar de secagem foi monitorada com termômetro de mercúrio, com precisão de 0,5 °C, posicionado na entrada do secador, após o ventilador. A velocidade do ar de secagem foi medida com auxílio de um anemômetro de pás rotativas.

Para cada fonte energética avaliada foram secos 25 sacos, sendo realizadas três repetições. Durante as operações de secagem (S₁ a S₃), foi realizado o acompanhamento da umidade com determinador dielétrico (*GEOLE*), previamente calibrado pelo método da estufa, sendo retiradas amostras em intervalos regulares de tempo, para que a secagem fosse realizada até os grãos

atingirem umidade próxima a 12%. Ao final das operações e a partir daí, todas as determinações de umidade foram realizadas em estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar (BRASIL, 2009).

A temperatura da massa de grãos foi monitorada com termômetro de mercúrio, com escala de 0,5 °C, coletando-se amostras na parte inferior do secador, colocando-as em copos de isopor e, após três minutos, lidos os resultados.

Após a secagem, os grãos foram armazenados a granel em silos secadores. Durante o armazenamento foi realizado o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, através de dados obtidos na Base Meteorológica do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, localizado na EEA/UFRGS.

Aos seis meses de armazenamento foi realizada operação de expurgo, pois foi constatada a presença de insetos do gênero *Sitophilus*, com a aplicação de pastilhas de fosfeto de alumínio (nome comercial Gastoxim), na dosagem de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico. Após essa operação, foi aplicada terra diatomácea na massa de grãos, para evitar nova infestação de insetos, no sistema de envelope, ou seja, na base e no topo da massa de grãos, com uso de 1 kg por tonelada.

As amostras nos grãos armazenados a granel, durante o armazenamento, foram coletadas com auxílio de calador ou sonda, com cerca de 10 kg por amostra, de cada repetição, oriundos dos grãos que constituíam a unidade experimental piloto para cada fonte energética avaliada (600 kg). As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses de armazenamento, contando como tempo zero o momento posterior à secagem.

As análises físicas e tecnológicas foram realizadas no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS, sendo as seguintes.

Umidade

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

Massa Específica

Foi obtida com a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em

recipiente cilíndrico de volume conhecido. Os resultados da massa específica foram convertidos para serem expressos em kg. m^{-3} , e em base seca (BRASIL, 2009).

Peso de mil grãos

O peso de mil grãos (sementes) foi realizado através da contagem de oito repetições de 100 grãos e, posterior, pesagem em balança analítica (BRASIL, 2009). O resultado médio obtido foi multiplicado por dez e expressos em gramas.

Análise Tecnológica

Os defeitos (grãos ardidos, chochos, germinados, fragmentados, quebrados, carunchados, mofados ou fermentados e matérias estranhas/impurezas) foram determinados pela metodologia oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1996).

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que a análise dos resultados seguiu um esquema fatorial 3 x 4 sendo: 3 métodos de secagem (S_1 a S_3); e quatro períodos de armazenamento (pós-secagem, 3, 6 e 9 meses), com três repetições para cada tratamento, sendo as análises realizadas em triplicatas, para cada repetição.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. A avaliação estatística dos resultados foi realizada por meio do aplicativo computacional estatístico *BioEstat 5.0* (AYRES et al., 2007).

Resultados e Discussão

Os grãos foram secos até umidades de 11,39; 10,34 e 12,27% com uso de GLP, energia solar e ar natural, respectivamente. Utilizou-se velocidade média do ar de secagem respectivamente de $36,4 \text{ m.s}^{-1}$, $35,3 \text{ m.s}^{-1}$ e $38,1 \text{ m.s}^{-1}$, para as fontes de secagem S_1 a S_3 .

Na Figura 1, podem-se visualizar os valores das médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar, na Estação Experimental Agronômica/UFRGS, local onde os estudos foram conduzidos.

Os resultados das análises iniciais, ou seja, após a colheita e pré-limpeza e antes da secagem, apresentaram os seguintes valores: umidade de 15,44%; Massa Específica de $781,15 \text{ kg.m}^{-3}$; peso de mil grãos de 348,37 g e percentual de grãos inteiros de 91,41%.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios de umidade dos grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar, armazenados por 9 meses. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que os grãos foram secos até umidades de 11,39% 10,34% e 12,27% com uso de GLP, solar e ar natural, respectivamente. A secagem solar apresentou umidade inferior estatisticamente às demais fontes energéticas logo após a operação. Houve um aumento significativo da umidade dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, para as três fontes energéticas avaliadas, tendendo ao equilíbrio higroscópico. Podem-se visualizar na Figura 1, valores elevados de umidade relativa do ar (> 80%) durante todo o período e temperaturas médias baixas (< 20°C) até o sétimo mês de armazenamento, o que eleva a umidade dos grãos durante o armazenamento. A secagem com GLP apresentou variação significativa de umidade entre três e seis meses de armazenamento, mantendo-se até o final do experimento.

A secagem solar variou significativamente entre todos os períodos de armazenamento. Já a secagem com ar natural mostrou variações significativas entre três e seis, e seis e nove meses de armazenamento. Ao final do armazenamento, a umidade dos grãos apresentou diferenças estatísticas entre as fontes energéticas de secagem, sendo que os grãos que mais absorveram umidade foram os secos com ar natural. Esse fato pode ser explicado pela capacidade de adsorção/umedecimento e dessorção/secagem dos grãos, visto que a capacidade de dessorção é em torno de sete vezes maior do que a capacidade de adsorção, ou seja, é mais fácil retirar água dos grãos do que reidratá-los, o que pode ser visto com a secagem com ar natural, que apresentou maior umidade inicial após a secagem e após os doze meses de armazenamento. Desse modo, o tratamento apresentou uma menor dificuldade em reidratar do que os demais, pois a umidade pós-secagem foi maior. Tais resultados corroboram os encontrados por outros autores (REHMAN, 2006; ALENCAR et al., 2009; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

Outro fator importante que pode ter levado a um maior aumento na umidade dos grãos secos com uso de ar natural é a variação de umidade relativa e temperatura do ambiente o que acarreta em uma secagem menos homogênea.

Conforme Muir et al. (2001), a deterioração dos produtos armazenados ocorre devido ao processo de respiração dos grãos e da microflora

durante o armazenamento, pois parte da matéria comercializável é consumida. O processo respiratório dos grãos ocasiona perda pequena de massa quando comparada à perda ocasionada pela contaminação de insetos, fungos e bactérias presentes nos grãos armazenados. De acordo com Brooker et al. (1992), essa perda possui elevada relevância no momento da comercialização do produto.

Conforme Pinto et al. (2002), o aumento do teor de água se deve ao metabolismo dos insetos, ou seja, devido à sua respiração. Esse maior ataque de insetos após seis meses de estocagem pode ter levado ao aumento de umidade dos grãos, do tratamento ar natural.

O comportamento higroscópico dos grãos no armazenamento, expresso através da variação da umidade, em associação com as alterações térmicas, é fundamental para a conservabilidade do produto e o manejo do sistema de armazenamento. Aumentos graduais de umidade e temperatura da massa, em função de diferentes volumes estáticos de grãos, sob certas condições de armazenamento, originam um conjunto de processos físico-químicos específicos e acumulativos na deterioração dos grãos conhecido como efeito de massa, o qual está estreitamente correlacionado com o desenvolvimento e a sucessão microbiana e de pragas durante o armazenamento (ELIAS, 2007).

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da massa específica dos grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar, e armazenados. Os resultados apresentados demonstram que existiram perdas significativas ao longo dos nove meses de armazenamento para todas as fontes energéticas de secagem. Também mostram que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, a partir dos seis meses de armazenamento. As perdas em % entre o início e o final do experimento foram para a secagem com GLP, solar e ar natural de 13,09; 15,57 e 18,22, respectivamente. Já entre o início e os seis meses de armazenamento foram inferiores a 5%, para todos os tratamentos, mostrando boa conservação quantitativa.

Os grãos que foram secos com ar natural apresentaram resultados inferiores estatisticamente às demais fontes energéticas, ou seja, maiores perdas quantitativas, no período final de avaliação. Em todos os tratamentos ocorreram maiores perdas para a massa específica após os seis meses de armazenamento, período em que as temperaturas de

armazenamento foram maiores (Figura 1), levando à maior respiração dos grãos e, por consequência, maior consumo de reservas. A perda de massa específica está diretamente relacionada à umidade dos grãos, ou seja, quanto maior for a umidade destes grãos, maior e a taxa respiratória dos grãos e por consequência maiores perdas nessa característica. Resultados semelhantes foram encontrados por Alencar et al., (2009), que observaram maior redução da massa específica em grãos de soja armazenados por 180 dias, nas maiores umidades (14,8%) e temperaturas (40 °C).

O conhecimento da massa específica é importante no dimensionamento de equipamentos de transporte, na determinação da capacidade estática de armazenamento e na regulação de equipamentos de beneficiamento. Sua redução acompanha o grau de deterioração durante a armazenagem. A presença de insetos do gênero *Sitophilus* também foi um dos principais fatores que contribuiu para a redução no valor da massa específica ao longo do armazenamento, principalmente a partir dos seis meses, período em que a temperatura começou a subir e surgiram os primeiros insetos, causando redução na massa específica, corroborando com Alencar et al. (2009), que também verificaram que presença de insetos reduz a massa específica em grãos de soja durante o armazenamento.

Conforme diversos autores, os insetos reduzem a massa específica em grãos durante o armazenamento, em função de se alimentarem da parte interna dos grãos e permanecer com o mesmo volume, porém, com redução de massa (ALMEIDA FILHO et al., 2002; SILVA et al., 2003; ALENCAR et al., 2008). Sua redução, durante o armazenamento, significa consumo de nutrientes, geralmente em consequência do metabolismo de organismos associados e dos próprios grãos (ELIAS, 2007). O tratamento que apresentou as menores perdas ao final do trabalho foi secagem com uso de GLP, sendo maior estatisticamente do que os demais tratamentos de secagem. A secagem com uso de GLP mantém a umidade dos grãos mais baixa, por ser uma secagem mais homogênea, o que possibilita uma melhor conservação dos grãos.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados médios do peso de mil grãos de milho, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar e, posteriormente, armazenados por nove meses. Os resultados mostram que existiram perdas significativas ao longo dos nove meses de armazenamento para

fontes energéticas GLP e ar natural. Os resultados demonstram que ocorreram perdas de 5,51%; 0,22% e 3,99%, respectivamente, para a secagem com GLP, solar e ar natural ao final da estocagem. As avaliações das diferentes fontes energéticas não diferiram estatisticamente aos três, seis e nove meses de armazenamento.

Todos os tratamentos apresentaram perdas significativas para o peso de mil grãos durante o período de estocagem e, principalmente, no último período, onde as temperaturas de armazenamento foram maiores, levando a um aumento no ataque de insetos e na respiração dos grãos e, por consequência, maior perda quantitativa, exceto no armazenamento dos grãos secos com uso de energia solar. Até seis meses de armazenamento as perdas foram inferiores a 3%, comportamento semelhante ao observado para a massa específica (Tabela 2).

Outro fator importante foi a umidade dos grãos secos com ar natural, que favoreceu uma maior perda no peso de mil grãos. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Dionello (2000), que estudando o efeito de diferentes temperaturas (20, 40, 60 e 80 °C) na secagem estacionária de grãos de milho, observou variações inferiores a 3% durante seis meses de armazenamento.

Schuh et al. (2011), avaliando o peso de mil grãos em milho durante o armazenamento por 180 dias, observaram reduções nesta característica, em função do ataque de pragas (insetos e fungos), sendo que esta redução variou de 9,98 a 10,26%, valores superiores aos observados neste trabalho.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios de grãos de milho inteiros, submetidos à secagem estacionária com ar natural, GLP e solar e, posteriormente, armazenados por nove meses. Os resultados apresentados mostram que até os seis meses de armazenamento não existiram diferenças significativas entre as fontes energéticas de secagem e nem ao longo do tempo, mantendo-se os resultados de grãos inteiros em relação ao tempo zero. Ocorreu redução significativa nos grãos inteiros dos seis para os nove meses de armazenamento para todas as fontes energéticas avaliadas. A variação foi de 7,65; 20,27 e 8,32%, para a secagem com GLP, solar e ar natural, respectivamente. O aumento, principalmente de grãos carunchados e também de grãos ardidos, após seis meses de armazenamento contribuiu para a redução nos valores de grãos inteiros.

Os resultados obtidos no começo do experimento para grãos carunchados foram de 1,77; 2,10 e 3,94%, para os tratamentos GLP, solar e ar natural, respectivamente. Ao final do período de avaliação, os resultados para esse mesmo defeito foram de 7,48; 9,66 e 18%, respectivamente, para GLP, solar e ar natural, o que mostra que a redução do percentual de grãos inteiros ou sem defeitos ocorreu em função principalmente da presença de insetos que aumentaram o índice de carunchamento e, por consequência, a qualidade. A elevação no índice de defeitos ou redução de grãos inteiros pode ser explicada também pelo fato de que, após seis meses de armazenamento, os grãos sofreram aumento de umidade para valores acima de 13% (Tabela 1), o que favorece o ataque de fungos e insetos, bem como o aumento da taxa respiratória dos grãos, o que acarretou aumento na ocorrência de defeitos oriundos de ação biológica (DIONELLO, 2000). Esse maior ataque de insetos está relacionado à maior umidade dos grãos, o que favorece os danos. Grãos com altos teores de água tornam-se muito vulneráveis a ataques de grandes populações de insetos e fungos (ANTUNES et al., 2011; 2012).

Segundo as normas de classificação do milho do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 1996), ao final do armazenamento de nove meses, os grãos de milho foram classificados como tipo 2 (entre 80 e 87,5% de grãos sem defeitos) para os tratamentos GLP e ar natural e tipo 3 (entre 70 e 80% de grãos sem defeitos) para o tratamento solar. Porém, até os seis meses de armazenamento, todos os grãos foram classificados como tipo 1 (acima de 87,5% de grãos sem defeitos), iguais ao momento posterior à secagem.

Conclusões

Os resultados obtidos nos permitiram concluir que as maiores perdas ocorreram após seis meses de armazenamento, para todos os tratamentos, em função principalmente do ataque de insetos do gênero *Sitophilus*, mostrando que os três combustíveis utilizados para a secagem se mostraram viáveis em termos de qualidade física e tecnológica de grãos de milho.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Supergasbrás.

Referências

ALENCAR, E. R. et al. Qualidade dos grãos de soja em função das condições de armazenamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 155-166, 2008.

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

ALMEIDA FILHO, A. J.; FONTES, L. S.; ARTHUR, V. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. **Revista Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 2, p. 41-44, 2002.

AMARAL, D.; DALPASQUALE, V. A. Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 55-66, 2000.

ANTUNES, L. E.G.; FERRARI FILHO, E. F.; GOTTARDI R. et al. Avaliação do uso de terra diatomácea contra infestação de grãos armazenados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, p. 662-669, 2011.

_____.; LEMCHEN, J. S.; PETRY, P. A. R. et al. Eficiência da terra diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n. 3, p. 217-224, 2012.

AYRES, M.; AYRES, J. M.; SANTOS, A. A. Aplicações estatísticas em Ciências Bio-Médicas - BioEstat 5.0. Belém: UFPA, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Comissão Técnica de Normas e Padrões. Portaria n. 11, de 12 de abril de 1996: normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho. Brasília, 1996.

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

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.

- Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. **Indicadores da agropecuária**. Levantamento de Safras. Brasília. Disponível em: <<http://www.conab.org.br>>. Acesso em: ago. 2014.
- DIONELLO, R. G. **Método de secagem e sistema de armazenamento na qualidade dos grãos e na ocorrência de micotoxinas em milho**. Pelotas: UFPel, 2000. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.
- ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPEL, 2007. 422 p.
- _____.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. 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, jan./fev. 2009.
- _____.; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Santa Cruz, 2009. 430 p.
- MUIR, W. E.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain Preservation Biosystems**. Manitoba, 2001. 421 p.
- PINTO, U. M. et al. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1407-1412, 2002.
- 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, n. 1, p. 38-45, 2012.
- REHMAN, Z. U. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Saint Paul, v. 96, p. 53-57, 2006.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F. 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.
- SILVA, A. A. L. et al. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhizopertha dominica* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. 7, n. 2, p. 292-296, 2003.

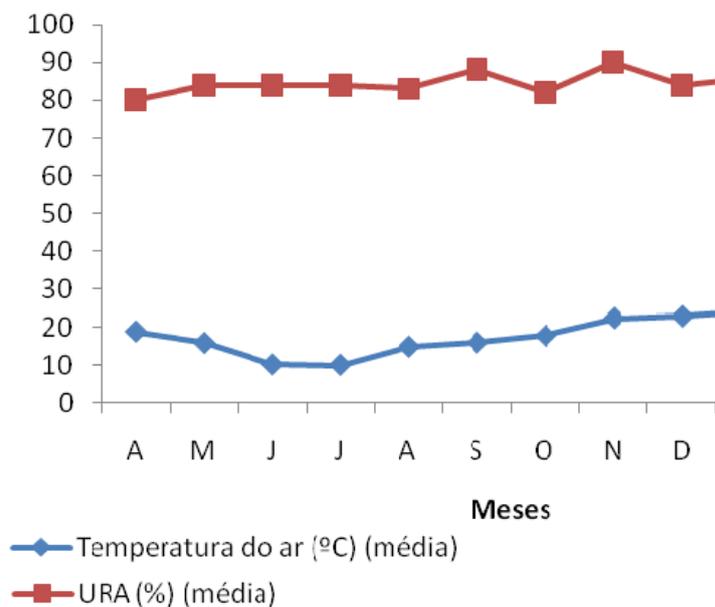


Figura 1 - Médias mensais de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período de armazenamento dos grãos de milho.

Tabela 1 - Umidade (%) em grãos de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	11,39 aB	10,79 bB	13,71 aA	13,17 bA
Solar ³	10,34 bD	12,37 aC	13,45 aB	13,95 bA
Ar natural ⁴	12,27 aC	12,55 aC	13,91 aB	15,93 aA
CV (%)	8,04	7,79	1,91	8,53

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 4 repetições e estão expressos em percentagem em base úmida. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas na linha e minúsculas distintas na coluna diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 2 - Massa Específica (kg.m⁻³) de grãos de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	764,23 aA	749,74 aAB	737,37 aB	664,17 aC
Solar ³	753,98 aA	749,86 aA	721,39 abB	636,58 bC
Ar natural ⁴	749,22 aA	747,83 aA	713,98 bB	612,71 cC
CV (%)	1,05	3,89	1,72	3,53

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em kg/m³, em base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 3 - Peso de mil grãos (g) de milho submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	292,39 aA	278,26 aB	285,32 aAB	276,26 aB
Solar ³	280,75 bA	276,48 aA	281,24 aA	280,14 aA
Ar natural ⁴	287,75 abA	279,69 aAB	284,09 aAB	276,27 aB
CV (%)	1,96	1,28	1,01	0,99

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.

Tabela 4 - Grãos de milho sem defeitos (%) submetidos a diferentes fontes energéticas de secagem e tempos de armazenamento¹.

Fonte Energética	Tempo de Armazenamento (meses)			
	0	3	6	9
GLP ²	90.06 aA	90.13 aA	90.81 aA	83.17 aB
Solar ³	90.92 aA	90.43 aA	90.52 aA	72.49 bB
Ar natural ⁴	90.78 aA	90.52 aA	90.21 aA	83.23 aB
CV (%)	0,64	1,82	2,13	7,04

1 – Os valores representam a média aritmética simples de 3 repetições e estão expressos em percentagem, relativos a um total de 250 gramas. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. 2 – Secagem com uso de GLP (Gás liquefeito de petróleo). 3 – Secagem com uso da energia solar. 4 – Secagem com uso de ar natural.