

# TEMPERATURA DO AR NA SECAGEM ESTACIONÁRIA E TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO

DIONELLO, Rafael G.<sup>1</sup>; RADÜNZ, Lauri L.<sup>1</sup>; CONRAD, Vandeir J.D.<sup>1</sup>; LUCCA F<sup>o</sup>, Orlando<sup>2</sup>; ELIAS, Moacir C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFPEL/FAEM - Depto. de Ciência e Tecnologia Agroindustrial; Campus Universitário s/n Cx. P. 354 CEP 96010.900, Pelotas, RS

<sup>2</sup>UFPEL/FAEM - Depto. de Fitotecnia Campus Universitário s/n Cx. P. 354 CEP 96010.900, Pelotas, RS

(Recebido para publicação em 26/06/2000)

## RESUMO

Foram avaliados efeitos da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento sobre a qualidade de grãos de milho (*Zea mays* L.), cultivar AG – 122, produzidos na região sul do Rio Grande do Sul, na safra agrícola 1998/99. Os grãos foram colhidos manualmente com umidade próxima a 18%, debulhados mecanicamente e secados até cerca de 13% de umidade, em cinco métodos de secagem forçada: 1) estacionária, em silo secador, com ar não aquecido (20±5°C); 2) estacionária, com ar aquecido a 40±5°C; 3) estacionária, com ar aquecido a 60±5°C; 4) estacionária, com ar aquecido a 80±5°C; 5) intermitente adaptada, em relação de intermitência de 2:1 com ar aquecido a 80±5°C. Os grãos foram armazenados no sistema convencional, em sacaria de náilon, sendo as avaliações de qualidade dos grãos (umidade, proteína, extrato etéreo, cinzas, acidez do extrato etéreo e fungos) feitas no início do período de armazenamento, aos três e aos seis meses após. Concluiu-se que: 1) A secagem estacionária, em silo-secador, com ar a 40±5°C e a intermitente, com ar a 80±5°C, até 13% de umidade, apresentam desempenhos equivalentes na conservabilidade de grãos de milho e superiores às estacionárias com ar não aquecido e com ar com temperaturas superiores a 60°C; 2) A secagem estacionária, em silo-secador, com ar não aquecido, apesar de lenta, apresenta viabilidade de uso para conservação de grãos de milho em armazenamento convencional, no sul do País, por seis meses e em temperaturas não superiores a 20°C. 3) No sistema estacionário, em silo-secador, o uso de ar de secagem com temperaturas de 60°C, ou superiores, reduz a conservabilidade dos grãos em armazenamento convencional por tempo superior a três meses.

Palavras-chave: Milho, secagem, armazenamento e qualidade.

## ABSTRACT

EFFECTS OF AIR TEMPERATURE ON THE STATIONARY DRYING AND STORAGE TIME IN CORN GRAINS QUALITY. The objective of this work was to verify the effects of air temperature on the static drying and storage time in corn grains quality, evaluating quality of corn grains AG - 122. Corn was grown in Southern Rio Grande do Sul in the agricultural year 1998/99. Manually harvested grains were dried to 13% of humidity, in six five mechanical methods: 1) stationary, in drying silo, with normal air (20±5°C); 2) stationary, with air heated up to 40±5°C; 3) stationary, with air heated up to 60±5°C; 4) stationary, with air heated up to 80±5°C; 5) intermittent adapted, with intermittent relationship of 2:1 with air heated up to 80±5°C. Quality analyses of corn (moisture, protein, ethereal extract, ashes, ethereal extract acidity and fungal) were made at the beginning of storage at three and six months in grains conventionally storage in nylon bags. Therefore, it is concluded that: 1) Stationary drying, in silo-dryer, with air to 40±5°C and intermittent drying, with air to 80±5°C, presented equivalent effect in the conservation of corn grains being superior to the stationary drying with normal air and with air with superior temperatures to 60°C; 2) Stationary drying, in silo-dryer, with normal air, in spite of slow, presents viability for conservation of corn grains in conventional storage, in southern Brazilian South, for six months and in temperatures non superior to 20°C; 3) In the stationary drying, in silo-dryer, with air with superior temperatures for 60°C, the grains conservability is low to the third month in conventional storage.

Key words: Corn, drying, storage and quality.

## INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado em grande volume no arraçoamento de animais, principalmente nos setores da avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite, tanto na forma "in natura", como industrializada, na forma de farelo, ou silagem. Na alimentação humana, o milho é consumido na forma "in natura", como milho verde, ou industrializada, nas formas de milho em conserva, canjica, óleo, amido em várias apresentações, fubá ou farinhas para elaboração de pães, polenta e outros (EMBRAPA, 1997; HOSENEY, 1991).

No Rio Grande do Sul, além de a produção ser insuficiente e ocorrerem problemas com produtividade e comercialização, também há preocupações com as altas perdas quantitativas e qualitativas. Essas perdas podem ocorrer pela falta de armazenagem específica nas propriedades e/ou nos níveis intermediário e final, ou pelas deficiências técnicas e operacionais das instalações existentes. Perdas também podem ser devidas a escassez de tecnologias de secagem e armazenamento compatíveis com as condições econômicas e culturais dos pequenos e médios produtores.

As perdas quantitativas de pós-colheita são estimadas em 20 %. As qualitativas, representadas pelos efeitos do metabolismo dos próprios grãos, pelos ataques de insetos, ácaros e microrganismos, se expressam pela deterioração, na ocorrência de defeitos como grãos mofados, fermentados e prejudicados por diferentes causas e/ou contaminados por fungos que produzem de micotoxinas e outros inconvenientes. Esses fatores são motivos de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde dos rebanhos ou mesmo humana.

Em decorrência do elevado consumo e de a produção estadual ser insuficiente e instável, o milho necessita ser objeto de atenção especial. Produção, oferta e qualidade do milho, no Estado, não apresentam tendências de mudanças se não forem desencadeadas ações efetivas para a superação dos entraves ao aumento da produtividade, da melhoria de qualidade do produto e dos diversos tipos de armazenagem (FEPAGRO, EMATER, FECOTRIGO, 1996; ELIAS *et al.*, 2000).

Em condições tropicais e subtropicais, o grau de umidade é o mais importante fator na preservação da qualidade dos grãos e no desenvolvimento de fungos, uma vez que no armazenamento utilizado existe pouco ou nenhum controle da temperatura, a qual se encontra em níveis favoráveis ao desenvolvimento de fungos, durante quase o ano todo. Como a refrigeração de silos e/ou de armazéns ainda é bastante cara o que se pode fazer é controlar a umidade e utilizar aeração, o mais eficientemente possível (LAZZARI, 1997).

No Brasil, a maior parte do milho é colhida tardiamente e armazenada em sistemas tecnicamente deficientes, em condições inadequadas de umidade e temperatura, resultando

em consideráveis perdas quantitativas e qualitativas (Caldasso, 1998; EMBRAPA, 1998).

A secagem do milho pode ser realizada com os grãos ainda na espiga, ou já separados dela, quando degranados, no processo de debulha ou trilha. Para ambos os casos, podem ser utilizados métodos de sistemas não forçados, também denominados naturais, onde a movimentação do ar ocorre por convecção natural do ar ambiente, e/ou forçados, também denominados artificiais ou mecânicos, que utilizam ventiladores e/ou exaustores para a movimentação do ar.

Nos sistemas forçados, há processos estacionários, convencionais e mistos. São denominados estacionários se, durante a operação, os grãos permanecerem parados, estáticos, sendo movimentado apenas o ar, aquecido ou sem aquecimento. Serão denominados convencionais se forem movimentados ar e grãos durante a operação, que se realiza com uso de ar aquecido. Serão mistos, se na operação for realizada uma etapa pelo processo convencional e outra pelo estacionário, independentemente da ordem (ROA *et al.*, 1982; ELIAS *et al.*, 1994, 1997).

Os silos-secadores, dotados de fundo falso e chapas perfuradas em todo o piso, são adequados para a secagem estacionária, cujo fluxo de ar pode ser axial ou radial. Os secadores intermitentes são utilizados para a secagem intermitente, havendo contatos descontínuos entre ar e grãos durante o processo (ROA *et al.*, 1982; AL-ALAM & ELIAS, 1985; ELIAS *et al.*, 1990).

A armazenagem convencional, extensivamente utilizada no Brasil, usa estruturas como armazéns e/ou depósitos de construção relativamente simples, de alvenaria ou madeira, 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 são importantes limitações da estocagem convencional em relação a granel (PUZZI, 1986; ELIAS *et al.*, 1994).

A qualidade dos grãos deve ser preservada ao máximo durante o armazenamento, em vista da ocorrência de alterações químicas, bioquímicas, físicas e microbiológicas. A velocidade e a intensidade desses processos dependem da qualidade intrínseca dos grãos, das operações de pré-armazenamento, do sistema de armazenagem utilizado e dos fatores ambientais durante o período de estocagem (POMERANZ, 1974; PUZZI, 1986; ELIAS *et al.*, 1999).

As proteínas dos grãos de milho sofrem reações como hidrólise, descarboxilação, desaminação e complexação com outros componentes químicos dos próprios grãos, desde a formação e que continuam após a colheita. Pela desaminação dos aminoácidos há formação de ácidos orgânicos e compostos amoniacais. Já pela descarboxilação, são originadas, principalmente, aminas, características do processo de putrefação dos grãos, produzindo odores fortes e desagradáveis. Da complexação com açúcares redutores ocorre o escurecimento dos grãos, com a conseqüente diminuição do teor de nitrogênio protéico e o aumento do conteúdo de nitrogênio não protéico. Os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos de milho durante o armazenamento, devido à redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais. As ações de lipases, galactolipases e fosfolipases dos próprios grãos e das produzidas pela microflora associada contribuem para o rompimento das ligações éster dos glicerídeos neutros, aumentando o teor de ácidos graxos livres (POMERANZ, 1974).

O aumento dos valores de acidez está relacionado diretamente com a atividade catalítica das lipases produzidas por microorganismos e/ou pelo próprio grão, ocasionando o desenvolvimento da rancidez lipídica, a qual se intensifica com a deterioração dos grãos no armazenamento, sendo o aumento utilizado como parâmetro de conservabilidade (POMERANZ, 1974; ELIAS 1998).

Segundo SALUNKHE *et al.* (1985), dos constituintes químicos dos grãos de milho, a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total, durante o armazenamento, é o conteúdo mineral, representado pelo teor de cinzas. A atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO<sub>2</sub>, água, calor e outros produtos, 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.

Da eficiência da secagem depende em grande parte a do armazenamento, e esse é um dos principais pontos de estrangulamento na cadeia produtiva do milho. Com o trabalho se objetivou relacionar cinco métodos de secagem com perdas de qualidade em grãos de milho em seis meses de armazenamento convencional.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-colheita e Industrialização de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, e no de Patologia de Sementes e Microbiologia de Grãos, do Departamento de Fitossanidade, ambos da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", no campus da Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão, Rio Grande do Sul. Foi utilizado milho (*Zea mays* L.), cultivar Agroceres - 122, produzido em pequena propriedade no município de São Lourenço do Sul, na safra 1998/99, colhido manualmente, com umidade próxima a 18%. Procedeu-se a debulha em debulhadora estacionária mecânica de cilindro dentado e posteriormente as amostras foram passadas em máquina de pré-limpeza de ar e peneiras planas, para retirada de quebrados, impurezas e matérias estranhas, até os resíduos desses materiais ficarem próximos a 1%.

### Métodos

#### Secagem

Após a pré-limpeza, os grãos foram submetidos à secagem, em silos-secadores, escala piloto, com fluxo de ventilação equivalente a nove metros cúbicos de ar, por tonelada de grãos, por minuto, em camadas de secagem de um metro de espessura, em cinco métodos, sendo quatro do sistema estacionário e um do convencional. Os cinco métodos foram assim constituídos:

S<sub>1</sub> - Secagem estacionária com ar não aquecido a 20±5°C.

S<sub>2</sub> - Secagem estacionária com ar aquecido a 40±5°C.

S<sub>3</sub> - Secagem estacionária com ar aquecido a 60±5°C.

S<sub>4</sub> - Secagem estacionária com ar aquecido a 80±5°C.

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1 e ar aquecido a 80±5°C, em períodos alternados de 30 e 15 minutos, em contato com ar aquecido e sem contato com ar, simulando, respectivamente, os fenômenos típicos da câmara de secagem e da equalização. Os grãos eram acondicionados em sacos de filó de náilon,

com 5kg cada, havendo movimentação manual durante o processo, com alternância de posição entre as camadas inferior, média e superior, de modo a garantir uniformidade no contato com o ar mais aquecido (na base do secador) e similaridade com o processo industrial.

#### Armazenamento

Os grãos foram armazenados, de maio a outubro de 1999, em sacos de polipropileno, de 40kg, no Laboratório de Grãos, dispostos em pilhas, simulando sistema de armazenagem convencional, em condições atmosféricas não modificadas e com controle técnico operacional, constituído de avaliações periódicas de infestações de insetos, de temperatura e umidade do ar ambiente e dos grãos. As temperaturas no interior do armazém e da massa de grãos não ultrapassaram os 20°C, dispensando aeração forçada. Nesse período, foi realizado um expurgo em câmara de lona plástica sobre as pilhas de sacaria, com a aplicação de pastilhas de fosfato de alumínio na base de dois gramas de princípio ativo por metro cúbico de câmara.

No início do período de armazenamento, no 3º e no 6º mês, foram realizadas análises de controle de qualidade dos grãos.

#### Amostragem

As amostras foram retiradas, dos sacos de polipropileno, com auxílio de um calador, de diferentes furos para coleta de cada amostra de 2 a 3kg.

#### Análises

##### Umidade

O grau de umidade foi obtido através do método da estufa a 105±3°C, com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com o método oficial de análise de sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em % de umidade, em base úmida.

##### Proteína Bruta

A proteína foi obtida pela dosagem do nitrogênio titulável pelo método de Kjeldahl, conforme procedimento descrito em A.O.A.C. (1994), método 2044. Os resultados foram expressos em percentagem de proteína bruta, determinada a partir da % de nitrogênio e da multiplicação pelo fator de correção 6,25.

#### Cinzas

O teor de cinzas ou matéria mineral foi determinado conforme o método 13.006, descrito em A.O.A.C. (1994), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580°C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentagem.

#### Extrato etéreo

A extração e a determinação foram realizadas através da utilização do aparelho Soxhlet, conforme descrito em A.O.A.C. (1994). Os resultados foram expressos em percentagem.

#### Acidez do extrato etéreo

A acidez do extrato etéreo foi determinada segundo as normas da A.O.A.C. (1994), através da titulação com NaOH. Os resultados foram expressos em percentagem de ácidos graxos livres, após conversão dos valores de titulação para ácido oléico (p.m. 282).

#### Fungos

A determinação foi realizada pelo método do papel filtro "Blotter Test", de acordo com a metodologia oficial de análise de sementes preconizada pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em percentagem total de ocorrência de pelo menos um fungo por grão contaminado.

#### Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições para cada análise. Foram feitas as comparações entre as médias dos tratamentos através do teste de Tukey, a 5% de significância, usando-se o Sistema para Análises Estatísticas (V. 2.0) – ESTAT, da UNESP - FCAV – Campus de Jaboticabal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### UMIDADE

Na Tabela 1 são apresentados, os valores de umidade em milho, secado em silo-secador pelos métodos estacionários (S<sub>1</sub> a S<sub>4</sub>), com ar sem aquecimento (25±5°C) e aquecido (40±5°C, 60±5°C e 80±5°C), e intermitente adaptado (S<sub>5</sub>), com ar a 80±5°C e relação de intermitência de 2:1, e armazenados durante seis meses, em sistema convencional.

TABELA 1 – Umidade em grãos de milho, cv. AG-122, submetidos a cinco métodos de dois sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional<sup>1</sup>

Sistema/método de secagem <sup>2</sup>	Meses de armazenamento <sup>3</sup>		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	A 13,81 a	A 13,39 a	A 13,78 a
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	B 12,35 b	B 12,32 b	A 12,98 b
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	C 10,33 d	B 10,88 c	A 11,88 c
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	C 8,71 e	B 9,72 d	A 11,35 c
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	B 11,72 c	B 11,83 b	A 12,54 b

<sup>1</sup> Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem, em base úmida. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> - Secagem em silo-secador, com ar sem aquecimento e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>2</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem em silo-secador, com ar aquecido e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

Verificam-se diferenças significativas entre as médias de umidade, tanto no tratamento método de secagem, quanto no tempo de armazenamento (Tabela 1). Os grãos submetidos a secagens estacionárias com ar aquecido a 60±5°C e a 80±5°C foram secados até valores muito baixos e apresentaram um grande aumento de umidade, comprovando a tendência de entrarem em equilíbrio com o meio ambiente de

armazenamento (PUZZI, 1986). Os que foram secados com ar não aquecido perderam água até a umidade de equilíbrio, cerca de 13%, não variando significativamente durante o armazenamento. Os submetidos a secagens intermitente adaptada e estacionária com ar aquecido a 40±5°C, foram secados até cerca de 12% de umidade, aumentando até próximo ao equilíbrio higroscópico.

Sendo os grãos de milho organismos vivos, possuidores de constituição química específica e estrutura interna porosa que lhes confere características higroscópicas e de má condutibilidade térmica, continuam o processo respiratório mesmo após a colheita. Através dos espaços intergranulares da massa de grãos, durante o armazenamento, permanecem em constantes trocas de calor e umidade com o ar ambiente (MULTON, 1980).

## PARÂMETROS QUÍMICOS DE CONSERVABILIDADE

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 são apresentados, respectivamente, os valores de proteína bruta, cinzas ou material mineral, extrato etéreo e acidez do extrato etéreo, do milho secado em cinco métodos e armazenado durante seis meses em sistema convencional de sacaria de náilon.

TABELA 2 – Proteína bruta em grãos de milho, cultivar AG 122, submetidos a seis métodos de três sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional <sup>(1)</sup>.

Sistema/método de secagem	Meses de armazenamento		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	A 8,39 b	A 8,32 a	B 7,45 a
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	A 9,53 a	B 7,97 a	C 7,35 a
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	A 8,27 b	A 8,03 a	B 7,65 a
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	A 8,79 b	B 7,83 a	C 7,46 a
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	A 9,32 a	B 8,14 a	C 7,50 a

<sup>1</sup> – Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem, em base úmida. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> - Secagem em silo-secador, com ar sem aquecimento e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>2</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem em silo-secador, com ar aquecido e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> - Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

TABELA 3 – Cinzas em grãos de milho, cultivar AG 122, submetidos a seis métodos de três sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional <sup>(1)</sup>.

Sistema/método de secagem	Meses de armazenamento		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	C 1,53 a	B 1,80 a	A 1,90 ab
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	C 1,50 a	B 1,79 a	A 1,94 a
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	C 1,36 b	B 1,70 b	A 1,81 b
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	B 1,47 a	B 1,48 d	A 1,61 c
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	B 1,50 a	A 1,61 c	A 1,64 c

<sup>1</sup> – Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem, em base úmida. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> - Secagem em silo-secador, com ar sem aquecimento e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>2</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem em silo-secador, com ar aquecido e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> - Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

TABELA 4 – Extrato etéreo em grãos de milho, cultivar AG 122, submetidos a seis métodos de três sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional <sup>(1)</sup>.

Sistema/método de secagem	Meses de armazenamento		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	A 6,7 a	B 6,04 a	C 4,46 ab
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	A 5,4 c	B 4,4 b	B 4,01 b
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	A 5,97 b	A 5,87 a	B 4,91 a
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	A 6,52 ab	B 5,54 a	C 4,65 a
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	A 6,34 ab	B 5,58 a	C 4,39 ab

<sup>1</sup> – Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem, em base úmida. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> - Secagem em silo-secador, com ar sem aquecimento e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>2</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem em silo-secador, com ar aquecido e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> - Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

TABELA 5 – Acidez do extrato etéreo em grãos de milho, cultivar AG 122, submetidos a seis métodos de três sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional <sup>(1)</sup>.

Sistema/método de secagem	Meses de armazenamento		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	B 0,10 b	B 0,13 b	A 0,21 a
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	A 0,14 a	A 0,17 a	A 0,17 b
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	B 0,11 ba	AB 0,15 ab	A 0,21 a
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	C 0,12 ab	B 0,16 a	A 0,23 a
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	B 0,10 b	B 0,13 b	A 0,18 b

<sup>1</sup> - Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem, em base úmida. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> - Secagem em silo-secador, com ar sem aquecimento e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>2</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem em silo-secador, com ar aquecido e fluxo de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> - Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

Na análise de proteína nos grãos (Tabela 2), verifica-se que existiram diferenças significativas maiores em consequência do tempo de armazenamento do que entre os métodos de secagem. Todos os tratamentos tiveram reduções no seu percentual de proteína, durante o armazenamento, em função das características químicas intrínsecas de degradação e/ou de requerimento dos seus constituintes, frente aos fatores físico-químicos e biológicos das condições de armazenamento.

As proteínas são sintetizadas durante todo o período de formação do grão, enquanto o amido tem sua síntese iniciada mais tarde e se acelera na maturação (HOSENEY, 1991). Isto explica o fato de haver poucas diferenças significativas (p<0,005) no conteúdo de proteínas entre as amostras, no momento da colheita (zero mês de armazenamento).

Os resultados da análise de cinzas ou constituintes minerais (Tabela 3), mostram diferenças significativas tanto entre os métodos de secagem, como entre os períodos de armazenamento. Durante o armazenamento, houve aumento proporcional no percentual de cinzas para os grãos que foram secados em todos os métodos. Em realidade, trata-se de aumento aparente, proporcional, refletindo, isto sim, um consumo proporcional maior de constituintes orgânicos pelos metabolismos dos grãos e dos organismos associados (FORLIN, 1991).

Os métodos de secagem e o tempo de armazenamento provocaram diferenças significativas nos teores de extrato etéreo ou gordura (Tabela 4). Durante os seis meses de armazenamento, houve redução no percentual de gordura, nos grãos secados em qualquer dos métodos.

Os métodos de secagem provocaram diferenças significativas nos conteúdos de acidez do extrato etéreo (Tabela 5), durante os seis meses de armazenamento, com

exceção da secagem estacionária com ar a 40±5°C, onde aparecem os grãos que menos acidificaram durante o armazenamento, não apresentando variação ao final do armazenamento. Fungos e ácaros produzem lipases, que degradam a gordura dos cereais a ácidos graxos livres, os quais são usados como fonte de energia em seu metabolismo (CHRISTENSEN & KAUFMAN, 1974; KRABBE, 1995).

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 se constitui num eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento (POMERANZ, 1974; ELIAS, 1997).

As alterações que ocorrem durante o armazenamento refletem-se em perdas quantitativas e/ou qualitativas. As quantitativas são as mais facilmente observáveis, refletem o metabolismo dos grãos e/ou microorganismos associados, ataque de pragas e outros animais, resultando na redução do conteúdo da matéria seca dos grãos. As qualitativas são devidas, sobretudo, às reações químicas enzimáticas e/ou não enzimáticas, à presença de materiais estranhos, impurezas e ao ataque microbiano e/ou de pragas, resultando em perdas do valor nutricional, germinativo e comercial, com a possibilidade de formação de substâncias tóxicas no produto armazenado (POMERANZ, 1974; SALUNKHE *et al.*, 1985; ELIAS *et al.*, 1999).

## FUNGOS

Na Tabela 6, são apresentados os valores de fungos *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, no milho secado em cinco métodos e armazenado, em sacaria de náilon, durante seis meses.

TABELA 6 – Fungos em grãos de milho, cultivar AG 122, submetidos a seis métodos de três sistemas de secagem e armazenados pelo sistema convencional <sup>(1)</sup>.

Sistema/método de secagem	Meses de armazenamento		
	0	3	6
S <sub>1</sub> – Estacionário, com ar natural (20±5°C)	B 68,25 c	C 53,8 c	A 103 a
S <sub>2</sub> – Estacionário, com ar aquecido (40±5°C)	C 44,75 d	B 57,8 c	A 100 a
S <sub>3</sub> – Estacionário, com ar aquecido (60±5°C)	B 74,5 b	B 77,8 b	A 101 a
S <sub>4</sub> – Estacionário, com ar aquecido (80±5°C)	A 103 a	B 92 a	A 102 a
S <sub>5</sub> – Intermitente, com ar aquecido (80±5°C)	C 42,5 d	B 89,3 a	A 100 a

<sup>1</sup> - Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem de ocorrência de pelo menos um fungo por grão. Quando acompanhadas, respectivamente, por distintas letras maiúsculas, na mesma linha e minúsculas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

<sup>2</sup> S<sub>1</sub> a S<sub>4</sub> - Secagem estacionária, em silo-secador, com fluxo de ar de 9m<sup>3</sup>/min./tonelada de grãos

S<sub>5</sub> - Secagem intermitente adaptada, com relação de intermitência de 2:1;

<sup>3</sup> - Armazenamento em sacaria de polipropileno, com temperatura e umidade do ar e dos grãos monitoradas.

Ao longo do armazenamento, houve variação significativa na contaminação microbiana dos grãos oriundos de todos os métodos de secagem (Tabela 6), havendo, no sexto mês, equivalência entre os tratamentos. Esse comportamento está em acordo com as variações de umidade dos grãos e as condições ambientais no período. As secagens com ar aquecido (S<sub>2</sub> a S<sub>5</sub>) resultaram em percentuais de umidade abaixo da umidade de equilíbrio, diferentemente da secagem com ar natural (S<sub>1</sub>), cujo teor final atingiu o equilíbrio já no início do armazenamento. No final do sexto mês de armazenamento, todas as amostras se aproximavam do equilíbrio higroscópico (Tabela 1), com variações de umidade dos grãos compatíveis com as alterações das condições ambientais no período (Tabelas 7 e 8), quando também ocorreu contaminação igual fúngica em todas as amostras, confirmando tendências registradas pela literatura.

O teor crítico de umidade dos grãos, em equilíbrio

higroscópico, para o desenvolvimento de microrganismos associados, é de 14%, enquanto para os insetos e ácaros está entre 8 e 10% (HUNT & PIXTON, 1974; IARC, 1993).

De acordo com NORDIN (1995), a microflora fúngica de grãos de milho armazenados é constituída por *Aspergillus flavus*, *A. restrictus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus*, *A. nidulans*, *A. versicolor*, *A. clavatus*, *Penicillium veridicattus*, *P. cyclopium*, *P. palitans*, *P. urticae*, *P. expansum*, *P. claviforme*, *P. rubrus*, *P. citrinum*, *Fusarium roseum*, *F. cerealis*, *F. tricinctum*, *F. equiseti*, *F. lateriticum*, *F. moniliforme*. Como não era objetivo deste trabalho, não foram identificadas as espécies, mas avaliados os gêneros dos fungos contaminantes e quantificada sua incidência. Pela importância da ação desses fungos, em especial pelo potencial de produção de micotoxinas, o aprofundamento dos estudos deve ser objeto de outro(s) trabalho(s).

## CONDIÇÕES AMBIENTAIS

TABELA 7 - Temperaturas média, máxima e mínima de maio a outubro de 1999, na região de Pelotas.

Mês	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO
Média <sup>1</sup>	13,9	12,1	12,5	13,6	15,2	17,2
Média <sup>2</sup>	19,5	17,2	17,4	19,6	19,7	20,9
Média <sup>3</sup>	10,0	8,9	9,1	9,2	11,6	14,0

1 - Temperatura média mensal durante o período de armazenamento.

2 - Temperatura média máxima mensal durante o período de armazenamento.

3 - Temperatura média mínima mensal durante o período de armazenamento.

(FONTE: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS, 1999).

TABELA 8 - Umidade relativa média mensal e precipitação pluviométrica média mensal durante os seis meses de armazenamento, na região de Pelotas.

Mês	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO
Média <sup>1</sup>	86,2	88,9	86,5	81,6	82,0	79,7
Média <sup>2</sup>	84,5	139,8	96,2	75,8	113,0	92,0

1 - Umidade relativa média mensal durante o período de armazenamento.

2 - Precipitação pluviométrica total mensal durante o período de armazenamento.

(FONTE: ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS, 1999).

## CONCLUSÕES

A secagem estacionária, em silo-secador, com ar a 40±5°C, e a intermitente, com ar a 80±5°C, até 13% de umidade, apresentam desempenhos equivalentes na conservabilidade de grãos de milho e superiores às estacionárias com ar não aquecido e com ar com temperaturas superiores a 60°C;

A secagem estacionária, em silo-secador, com ar não aquecido, apesar de lenta, apresenta viabilidade de uso para conservação de grãos de milho em armazenamento convencional, no sul do País, por seis meses e em temperaturas não superiores a 20°C.

No sistema estacionário, em silo-secador, o uso de ar de secagem com temperaturas de 60°C, ou superiores, reduz a conservabilidade dos grãos em armazenamento convencional por tempo superior a três meses.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-ALAM, F.L. & ELIAS, M.C. **Estudo da influência de várias operações unitárias da industrialização de arroz (*Oryza sativa* L.), sobre a renda e o rendimento de engenho.** Pelotas, DCTA/UFPel., p. 71, 1985.
- A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15<sup>a</sup> ed. Washington, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Comissão Técnica de normas e padrões. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do milho.** Brasília, 1992.
- CALDASSO, L.H.S. **Ácidos orgânicos e sistemas de armazenamento na conservação de milho em pequena escala.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. 60 p. Dissertação (mestrado) – PMCTA – FAEM. Pelotas.
- CHRISTENSEN, C.M. & KAUFMANN, H.H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grains and their products.** St Paul, A.A.C.C., 1974. p.158-92.
- ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; BUTOW, J.; MORAES, M.L.B.; DIAS, A.R.G.; FORLIN, F.J.; SILVA, J.A.; NORA, L.; LUZ, M.L.G.S.; PETER, M.Z. **Secagem, armazenamento e conservação de grãos na propriedade rural.** In: Curso de Tecnologia Agroindustrial em Pequena Escala para Agricultores. Pelotas, DCTA/FAEM/UFPEL, 1990. p. 86-125.
- ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; DIAS, A.R.G.; SILVA, J.A.; NORA, L. **Secagem e armazenamento de grãos na propriedade rural.** Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul. UFPEL-FAEM-DCTA. Pelotas, 1994. 17p.
- ELIAS, M.C.; DIONELLO, R.G.; RADÚNZ, L.L.; MILMAN, M.J.; BARBOSA, F.F.; MARTINS, I.R. **Armazenamento e industrialização de grãos de milho na propriedade rural.** Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul. UFPEL-FAEM-DCTA. Pelotas, 2000. 32p.
- ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A.; NORA, L.; DIAS, A.R.G. **Secagem e armazenamento de grãos: sistemas, processos e**

- métodos.** Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul. UFPEL-FAEM-DCTA. Pelotas, 1997. 52p.
- ELIAS, M.C. **Tempo de espera para secagem e qualidade de arroz para semente e uso industrial.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. 132 p. Tese (doutorado) – Agronomia - Tecnologia de Sementes – UFPEL-FAEM, Pelotas.
- ELIAS, M.C.; SILVA, L.H.; CALDASSO, L.H.S.; GHESTI, C.J. **Armazenamento hermético de milho em pequena escala.** In: Reunião Anual de Pesquisa da Cultura do Milho, 45, Porto Alegre, 1999. **Anais ...** Porto Alegre, FEPAGRO-EMBRAPA-EMATER, 1999. 6p. (*In press*).
- EMBRAPA. CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIO DO OESTE (DOURADOS, MS.). Milho: Informações técnicas. Dourados, 1997. 222p. (Circular técnica nº 5).
- EMBRAPA. CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIO DO OESTE (DOURADOS, MS). Workshop sobre qualidade do milho, MS, 1998. **Anais...**Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 78p.
- ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS - CONVÊNIO EMBRAPA/UFPEL/INMET, 1999.
- FEPAGRO, EMATER/RS, FECOTRIGO. Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. In: Programa multinstitucional de difusão de tecnologia em milho. Porto Alegre, 1996. (Boletim Técnico, 3)
- FORLIN, F.J. **Efeito da hermeticidade e da aplicação de ácidos orgânicos no armazenamento de grãos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.)** Pelotas : Universidade Federal de Pelotas, 1991. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", UFPEL, 1991.
- HOSENEY, C.R. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Editorial ACRI Bia, S. A., Zaragoza España, p. 321, 1991.
- HUNT, W.H. & PIXTON, S.W. Moisture - Its significance, behavior and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M.. **Storage of cereal grains and their products.** St. Paul, A.A.C.C., 1974. p. 1-55.
- IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: IARC, v. 56: **Some naturally occurring substances: food items and constituents heterocyclic aromatic amines and mycotoxins.** 1993, p.245-524.
- KRABBE, E.L. **Efeitos do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso de ácido propiônico sobre as características nutricionais e o desempenho de frangos de corte.** Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (mestrado) – Zootecnia – Faculdade de Agronomia, Porto Alegre. 1995. 176 p.
- LAZZARI, F.A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações.** 2ª ed. Curitiba: Ed. Do Autor, 1997. 148 p.
- MULTON, J. **Water vapor and heat transfers in grains silos and their consequences on storage.** In: SHEJBAL, J. Controlled atmosphere storage of grains. Amsterdam, Elsevier, 1980. p. 399-408.
- NORDIN, N.S.D. **Detecção de aflatoxinas e zearalenona em milho destinado à alimentação animal.** Porto Alegre, UFRGS, 1995. 82p. Dissertação (Mestrado). PMAA.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CRISTENSEM, C.M. **Storage of cereal grains and their products.** St. Paul. 1974. p. 56-114.
- PUZZI, D. **Armazenamento e Abastecimento de Grãos.** Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603p.
- ROA, G.; QUEIROZ, D.M.; LACERDA Fº, A.F. Avaliação experimental de secador comercial intermitente de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento.** Viçosa, CETREINAR, 1982.
- SALUNKHE, D.K. ; CHAVAN, J.K. ; KADAN, S.S.. Maize. In: **Post harvest biotechnology of cereals.** Boca Ratón, CRC, 1985 p. 127-146.