

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia De
Alimentos



Dissertação

Efeitos do uso de exaustores eólicos como complemento à aeração convencional na qualidade de arroz armazenado em silos metálicos

WAGNER SCHELLIN VIEIRA DA SILVA

Pelotas, 2014

WAGNER SCHELLIN VIEIRA DA SILVA
Engenheiro Agrônomo

**EFEITOS DO USO DE EXAUSTORES EÓLICOS COMO
COMPLEMENTO À AERAÇÃO CONVENCIONAL NA QUALIDADE DE
ARROZ ARMAZENADO EM SILOS METÁLICOS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia Alimentos da
Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Maurício de Oliveira
Co-Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

Pelotas, 2014

Dados de catalogação na fonte:

(Gabriela Machado Lopes – CRB-10/1842)

S586e Silva, Wagner Schellin Vieira da

Efeitos do uso de exaustores eólicos como complemento à aeração convencional na qualidade do arroz armazenado em silos metálicos / Wagner Schellin Vieira da Silva ; Maurício de Oliveira, orientador ; Moacir Cardoso Elias, coorientador. — Pelotas, 2014.

60 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. *Oryza sativa* L.. 2. Arroz polido. 3. Exaustão. 4. Aquecimento. I. Oliveira, Maurício de, orient. II. Elias,

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Maurício de Oliveira (Orientador) – DCTA – FAEM – UFPEL

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias (Co-Orientador) – DCTA – FAEM – UFPEL

Prof. Dr. Fabrício da Fonseca Barbosa – CCQFA – UFPEL

Dr. Rafael de Almeida Schiavon – DCTA – FAEM – UFPEL

Dr. Wilner Brod Peres – DCTA – FAEM – UFPEL

DEDICO À minha mãe Odete, por não poupar esforços e sacrifícios para colaborar com a minha formação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao professores Moacir Cardoso Elias e Maurício de Oliveira, pela orientação, pelo incentivo e, principalmente, pela compreensão e amizade demonstradas a todo o momento.

Aos demais professores do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos e do DCTA, pela dedicação, auxílio e pelos conhecimentos sempre compartilhados.

A todos os colegas, bolsistas e estagiários do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, em especial a Rosana Colussi, Ricardo Tadeu Paraginski e Nathan Levien Vanier por me suportarem, sempre estarem dispostos a ajudar e pela convivência pela qual passamos nestes anos.

Aos colegas e estagiários do DCTA, pelos vários ensinamentos e auxílios prestados.

Aos meus pais, Lande (*in memoriam*) e Odete, por todos os ensinamentos de vida que fizeram com que eu chegasse onde hoje estou e pelo carinho sempre demonstrado.

A Deus, acreditando que a fé e a religião estão dentro de cada um de nós.

“Não importa quão estreito o portão
Quão repleta de castigo a sentença,
Eu sou o senhor de meu destino
Eu sou o capitão de minha alma.”

William Ernest Henley

RESUMO

SILVA, WAGNER SCHELLIN VIEIRA da. **EFEITOS DO USO DE EXAUSTORES EÓLICOS COMO COMPLEMENTO À AERAÇÃO CONVENCIONAL NA QUALIDADE DE ARROZ ARMAZENADO EM SILOS METÁLICOS.** 2014. 60f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O arroz é importante fonte de energia para cerca de dois terços da população mundial, nos países em desenvolvimento, o arroz é a base da dieta alimentar. O decréscimo na qualidade do arroz durante o armazenamento pode diminuir sua aceitação do consumidor e pode tornar o arroz inadequado para o consumo. Este estudo objetivou avaliar os efeitos da utilização de exaustores eólicos no consumo de energia, nas propriedades químicas, físicas e sensoriais dos grãos e em propriedades térmicas da pasta de arroz armazenado em silos metálicos, por 9 meses. Grãos de arroz em casca foram armazenados por 9 meses em silos metálicos, com capacidade de 550 toneladas equipados ou não equipados com um sistema de exaustão auxiliar sendo avaliados a cada três meses, quanto à energia consumida para a aeração e as propriedades físicas e químicas dos grãos, bem como as propriedades térmicas, de pasta do arroz. O uso de sistema de exaustão no silo durante o armazenamento de arroz reduziu a perda de matéria seca, a energia necessária para a aeração de manutenção, o endurecimento dos grãos, o desenvolvimento de grãos com defeitos e o escurecimento do grão, preservando ao mesmo tempo a temperatura final, a entalpia, a viscosidade final e o rendimento de grãos inteiros e não afetando a temperatura de início ou a temperatura de pico. O aumento do tempo de armazenamento reduz a densidade dos grãos e a exigência de aeração de manutenção, altera o tempo de cocção, a dureza dos grãos, a temperatura conclusão e a entalpia, a viscosidade máxima e viscosidade final, o rendimento de grãos inteiros, o desenvolvimento grãos com defeito e o escurecimento dos grãos de arroz, porém com menos intensidade quando o arroz foi armazenado em silos equipados com sistema de exaustão , sem afetar o início e pico de temperaturas de gelatinização.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., arroz polido, exaustão, aquecimento.

ABSTRACT

SILVA, WAGNER SCHELLIN VIEIRA da. **EFFECTS OF USING EOLIC EXHAUSTERS AS A COMPLEMENT TO CONVENTIONAL AERATION ON THE QUALITY OF RICE STORED IN METAL SILOS.** 2014. 60f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Rice is a major source of energy for nearly two-thirds of the world population; in developing countries, rice is the basis of the food diet. The decrease in the quality of rice during storage can decrease consumer acceptance and may render the rice inappropriate for consumption. The aim of this study was to evaluate the effects of utilizing an eolic exhauster on energy consumption on aeration maintenance and reducing the qualitative losses of rice stored in silos for 9 months. Paddy rice was stored for a nine-month period in metal silos with a 550-ton capacity that were or were not equipped with an exhauster system and were analyzed every three months. To evaluate the effects of complementary eolic aeration, the energy consumed for aeration and the physical properties of the grain, as well as the thermal and pasting properties of rice, were analyzed. Using the exhauster system in the rice storage silo reduced the loss of dry matter, the energy required for aeration maintenance, grain hardening, the development of grain staining defects and the darkening of the grain, while preserving the conclusion temperature and the enthalpy, the final viscosity and the head rice yield and not affecting the onset temperature or the peak temperature. Increasing the duration of storage reduced the bulk density of the grain and the aeration maintenance requirement, changed the cooking time, the hardness of the grains, the conclusion temperature and the enthalpy, the peak viscosity and final viscosity, the head rice yield, the development of grain staining and the darkening of rice grains, but with less intensity when the rice was stored in silos that used an exhauster system, without affecting the onset and peak temperatures of gelation.

Keywords: *Oryza sativa* L., milled rice, exhauster, heat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Consumo <i>per capita</i> de arroz beneficiado no mundo, na Ásia e no Brasil, em Kg.capita.ano ⁻¹ , período entre 2000 e 2009.	20
Figura 02	Exaustor eólico utilizado no complemento do processo de aeração da massa de grãos.....	28
Figura 03	Ficha utilizada para avaliação sensorial e aceitabilidade em arroz branco cozido.....	35
Figura 04	Rendimento de grãos inteiros em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes.....	40
Figura 05	Incidência do defeito “grãos manchados” em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes.	42
Figura 06	Incidência do defeito “grãos amarelos” em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes.....	43
Figura 07	Brancura em grãos de arroz armazenados com casca em silos metálicos dotados de sistema de exaustão complementar e sem eles	44
Figura 08	Parâmetros sensoriais em grãos de arroz armazenados em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares.....	51
Figura 09	Aceitação e intenção de compra em grãos de arroz armazenados em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Produção mundial de arroz (base casca), safra 2011	19
Tabela 02	Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido	21
Tabela 03	Escala utilizada para avaliação dos atributos sensoriais.....	34
Tabela 04	Umidade (% , b.u.) dos grãos de arroz em casca armazenados com e sem utilização do sistema de exaustão eólica	37
Tabela 05	Peso volumétrico de grãos de arroz em casca armazenados e com e sem utilização do sistema de exaustão eólica	38
Tabela 06	Consumo de energia e horas de aeração de grãos de arroz em casca armazenados com e sem utilização do sistema de exaustão eólica	39
Tabela 07	Tempo de cocção (min) e dureza (N) de grãos de arroz armazenados com e sem utilização do sistema de exaustão eólica durante 9 meses.	45
Tabela 08	Rendimentos gravimétrico e volumétrico em grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não dotados de exaustor eólico	47
Tabela 09	Propriedades térmicas de grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não dotados de exaustor eólico.....	48

Tabela 10	Propriedades de pasta de grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não dotados de exaustor eólico.....	50
-----------	--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Produção de arroz	18
2.2 Características do grão	20
2.3 Armazenamento	22
2.4 Aeração e exaustão	23
2.5 Qualidade dos grãos	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Material	27
3.2 Amostragem	28
3.3 Avaliações	28
3.3.1 Consumo de energia na aeração	28
3.3.2 Umidade	29
3.3.3 Peso volumétrico	29
3.3.4 Desempenho industrial	29
3.3.5 Parâmetros de cocção	30
3.3.6 Incidência de grãos com defeitos	32
3.3.7 Grau de brancura	32
3.3.8 Parâmetros textuométricos	33
3.3.9 Propriedades térmicas	33

	15
3.3.10 Viscoamilografia	33
3.3.11 Análise sensorial	34
3.3.12 Análise estatística	36
4 Resultados e discussão.....	37
4.1 Umidade	37
4.2 Peso volumétrico	38
4.3 Consumo de energia e horas de aeração da massa de grãos	38
4.4 Rendimento de grãos inteiros	39
4.5 Incidência de grãos manchados e amarelados.....	41
4.6 Brancura do arroz	44
4.7 Tempo de cocção e dureza dos grãos.....	45
4.8 Rendimento volumétrico e gravimétrico de cocção	47
4.9 Propriedades térmicas.....	48
4.10 Propriedades viscoamilográficas	49
4.11 Análise sensorial.....	51
5 CONCLUSÕES	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das principais fontes de energia para cerca de dois terços da população mundial, sendo considerado, também, um importante veículo de vitaminas e minerais para as populações de países em desenvolvimento, que têm no arroz a base da dieta alimentar. No Brasil, o maior consumo, quase 70%, é na forma de arroz branco, seguido pelo arroz parboilizado, que corresponde a um pouco mais de 25% (ELIAS et al., 2012). Dentre os parâmetros importantes durante o polimento, destacam-se o rendimento de inteiros e a cor dos grãos, já que são utilizados para definir a qualidade do arroz durante as operações comerciais (YADAV; JINDAL, 2008).

Por ser um cereal de produção sazonal, o arroz precisa ser armazenado adequadamente evitando a ocorrência de perdas quantitativas e qualitativas, para que o mesmo possa ser consumido, um produto de qualidade ao longo do ano. Pesquisas mostram que as condições de armazenamento de arroz em casca podem afetar o rendimento de grãos inteiros e a qualidade de cocção do arroz. Estudos mostram que durante o armazenamento dos grãos de arroz ocorre redução da capacidade de absorção de água e expansão do volume durante a cocção dos grãos, e ainda aumento na dureza dos grãos (VILLAREAL et al., 1976; TSUGITA et al., 1983). Segundo Sodhi et al. (2003), algumas alterações se devem a mudanças na estrutura e composição das paredes celulares, interações amido-proteína e oxidação lipídica. Estas mudanças ocorrem mais rapidamente nos primeiros meses de armazenamento.

O amarelecimento de grãos de arroz armazenados está associado à alta incidência fúngica e ao aquecimento da massa de grãos por atividade metabólica acelerada. Dentre os fungos encontrados no armazenamento do arroz está o *Aspergillus flavus*, que tem a habilidade de produzir aflatoxinas B1 (REDDY et al., 2009), classificada como cancerígena para humanos e animais na classe 1 (SPEIJERS e SPEIJERS, 2004). A calorimetria diferencial de varredura (DSC) tem

fornece informações valiosas sobre fenômenos como mudança de suspensão para sólido, transição de sólido para gel, a destruição e fortalecimento da matriz proteica. A gelatinização de grãos de arroz moídos é afetada pela temperatura e tempo de armazenamento. As tentativas para explicar as alterações na funcionalidade associada com o armazenamento têm incidido sobre as propriedades dos componentes do arroz, tais como amido, proteínas e lipídios, e das interações entre eles durante a armazenagem.

Durante o armazenamento pode haver a deterioração da massa de grãos, devido ao aquecimento gerado a partir da respiração dos grãos e de organismos associados (roedores, insetos e microrganismos), que normalmente é controlado por ventilação de ar arrefecido ou ar ambiente através do processo de aeração, para redução e controle da temperatura da massa com o propósito de resfriar e acondicionar os grãos. Embora a técnica de aeração seja de grande importância para manter uma temperatura relativamente uniforme em toda a massa de grãos no armazenamento nem sempre esta técnica é suficiente, podendo ocorrer condensação de umidade sobre a superfície dos grãos e/ou nas paredes dos silos ou armazéns, umedecendo e acelerando a deterioração dos grãos armazenados. Além disso, o tempo anual de funcionamento do ventilador para a ventilação é bastante elevado, às vezes até 30-40% do período anual quando utilizado ar na condição ambiental na aeração (MAIER, 1995). Por estes motivos e para aumentar a eficiência da aeração podem ser utilizados exaustores, que contribuem para o arrefecimento e manutenção da qualidade dos grãos, já que evitam o acúmulo e facilitam a saída do calor gerado ou absorvido. As condições encontradas em grandes escalas de armazenamento, contudo, são muito imprevisíveis e pouco conhecidas, por isso devem ser mais estudadas.

Objetivou-se, com o trabalho, avaliar efeitos do dispositivo de exaustão eólica sobre as propriedades tecnológicas de cocção, coloração, brancura, textura, peso volumétrico, e propriedades térmicas e de pasta dos grãos de arroz armazenados em silo secador metálico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de arroz

O arroz é considerado como o alimento mais importante para a segurança alimentar do mundo segundo a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Além de ser uma cultura bastante rústica, fornece um excelente balanceamento nutricional, o que a faz também ser considerada a espécie de maior potencial de aumento na produção para combate a fome no mundo (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2004).

Com exceção da Antártida o arroz é produzido em todos os continentes com sua maior concentração estando na Ásia (Tabela 01), aproximadamente 90% da produção mundial na América Latina, o Brasil se destaca como o maior produtor (FAO, 2014).

O agronegócio do arroz brasileiro envolve anualmente a produção de cerca de 12 milhões de toneladas, sendo a região Sul responsável por cerca de 73 % da produção nacional, tendo o Rio Grande do Sul como maior produtor entre os Estados da Federação. O país vem melhorando seu desempenho nas exportações de produtos do agronegócio e conquistado novos mercados em diferentes partes do mundo (SCOLARI, 2006), alcançando em 2012 a marca de 1455,2 mil toneladas de arroz em casca exportado (CONAB, 2014)

Tabela 01 – Produção mundial de arroz (base casca), safra 2011

Posição	Países	Produção	Participação
		(mil ton)	(%)
1	China	201000,90	29,63
2	Índia	157900,00	23,27
3	Indonésia	65740,95	9,69
4	Bangladesh	50627,00	7,46
5	Vietnã	42398,35	6,25
6	Tailândia	34588,35	5,10
7	Mianmar	29009,89	4,28
8	Filipinas	16684,06	2,46
9	Brasil	13476,99	1,99
10	Paquistão	9194,00	1,36
11	Camboja	8779,00	1,29
12	Japão	8402,00	1,24
13	Estados Unidos	8388,78	1,24
14	Coréia do Sul	6304,00	0,93
15	Egito	5675,03	0,84
	Demais Países	20268,34	2,99
	Mundo	678437,65	100,00

Fonte: FAOSTAT, 2014

O consumo brasileiro *per capita* de arroz é muito superior ao longo dos anos, aos demais países ocidentais, havendo acentuada redução no consumo devido ao processo de ocidentalização dos hábitos alimentares da população (FAO, 2014).

O consumo mundial *per capita* é em torno de 53 kg.ano⁻¹ e o consumo nacional 34 kg.ano⁻¹ (IRRI, 2011). A preferência dos consumidores brasileiros é pelos grãos inteiros polidos, que representam 70% do consumo. Já o mercado para arroz parboilizado polido, corresponde a 25% do total de arroz comercializado e encontra-se atualmente em expansão (ELIAS et al., 2012).

A figura 01 mostra o consumo médio *per capita* de arroz beneficiado no mundo, na Ásia e no Brasil de 2000 a 2009.

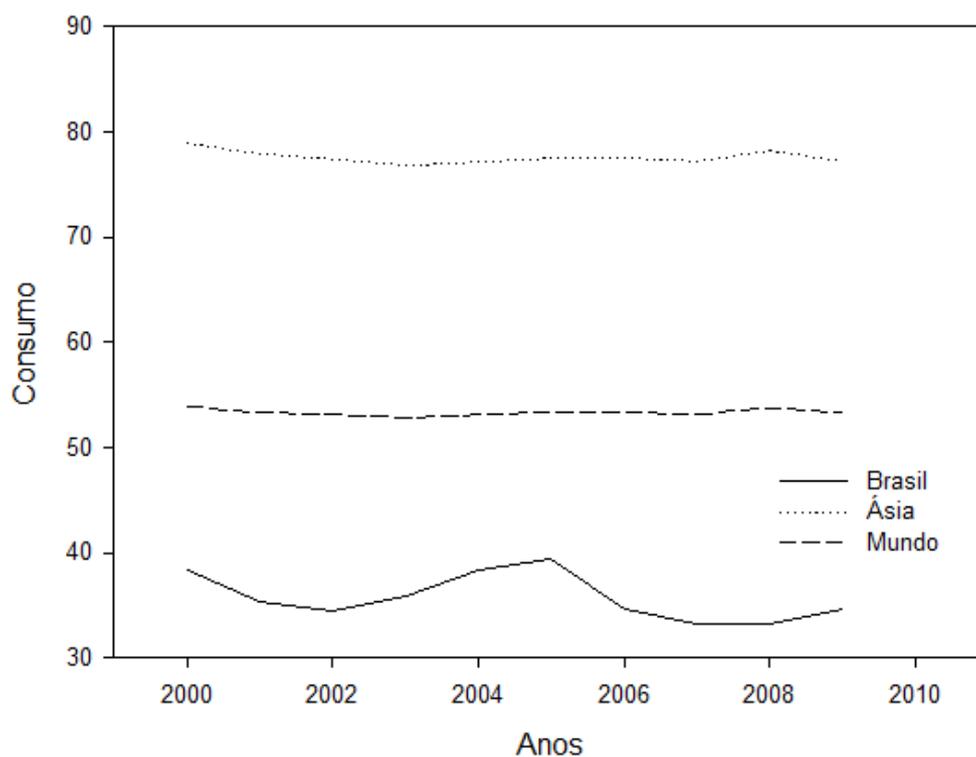


Figura 01 – Consumo *per capita* de arroz beneficiado no mundo, na Ásia e no Brasil, em Kg.per capita.ano⁻¹, período entre 2000 e 2009.

Fonte: FAOSTAT, 2014

O arroz é um alimento importante na alimentação humana, porém suas características funcionais ainda têm pouco reconhecimento, ou seja, a capacidade de seus componentes de prevenir doenças, auxiliar no tratamento de muitas delas e até de cura (HELBIG et al., 2008).

2.2 Características do grão

Representando 89 a 93% da cariopse, o endosperma é o principal componente do arroz branco polido, sendo formado por grânulos de amido, algumas proteínas e outros constituintes. Segundo Gomes e Magalhães Junior (2004), o arroz fornece 20% da energia e 15% da proteína necessárias ao homem, e se destaca pela sua fácil digestão.

A composição química do arroz varia em função das condições de pré-armazenamento, de armazenamento, da variedade e do sistema de beneficiamento (AMATO; ELIAS, 2005). O arroz com casca contém, em média, de 6,7 a 8,3% de proteínas, de 2,1 a 2,7% de lipídeos, de 3,4 a 6,0% de cinzas e de 70,5 a 84,2% de carboidratos. O farelo obtido pelo polimento do arroz esbramado é constituído de 13,0 a 14,5% de lipídeos, de 6,1 a 8,5% de cinzas e, 48,3 a 55,4% de carboidratos (DENARDIN; WALTER; SILVA, 2005; ZANÃO et al., 2006; LAMBERTS et al., 2008).

Através do descascamento e da separação da casca e da cariopse, obtém o arroz integral. Este pode ser polido para remoção do farelo (pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen), que representa 8,5-14,8% do arroz integral (JULIANO; BECHTEL, 1985), obtendo-se o arroz branco polido. Os grãos também podem ser submetidos à parboilização, podendo ser consumidos na forma integral ou polidos. O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas, conforme apresentado na tabela 02.

Tabela 02 – Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido

Constituinte	Arroz Integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (Nx5,95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: adaptado de DENARDIN, SILVA e STORCK, 2004

A fração lipídica é constituída principalmente por triglicerídeos, que contribuem com 85% dos lipídeos no farelo e 60% no endosperma. Quantitativamente, oleico, linoleico e palmítico são os principais ácidos graxos no óleo de arroz, e representem cerca de 43, 36 e 14% do total respectivamente (GONÇALVES et al., 2005).

O conteúdo médio de proteínas do arroz esbramado situa-se na faixa de 8,0 a 9,0%, havendo redução neste teor na medida em que vão sendo retiradas camadas superficiais dos grãos, uma vez que o teor de proteína diminui progressivamente da periferia para o interior da cariopse (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA, 2002).

O principal carboidrato do arroz é o amido que representa cerca de 90% do grão branco polido. A amilopectina representa de 63 a 92% de todo o amido e a amilose, de 8 a 37% (HOSENEY, 1991). Todas essas características benéficas podem ser comprometidas pelas inadequações técnicas e/ou operacionais que vão desde a produção até o consumo, passando, principalmente, pela secagem, pelo armazenamento e pela industrialização.

2.3 Armazenamento

A forma mais comum de armazenagem de cereais e leguminosas é a do grão vivo. Este contém alta concentração de substâncias nutritivas e é fácil de armazenar graças a seu baixo teor de água (GWINNER, 1997).

Cereais e leguminosas possuem baixa capacidade de condutibilidade calorífica, o que significa que as diferenças de temperatura no produto armazenado só são perceptíveis em distâncias curtas e períodos longos. Isto leva a acumulações de calor na massa de grãos, com todas as consequências desvantajosas, como aumento da respiração, infestação com insetos e condensação (GWINNER; RÜDIGER; MÜCK, 1997; PUZZI, 2000; LORINI et. al., 2009).

O tipo de manutenção a aplicar, sua periodicidade e intensidade, ficam na dependência de resultados observados ao longo do período de armazenamento, das medidas de controle de qualidade obtidas em testes, onde fatores como variação de umidade relativa e temperatura do ar, umidade e temperatura do grão, bem como a avaliação do grau de desenvolvimento de microrganismos, de insetos e de ácaros, a presença de roedores e a variação de acidez do óleo, entre outros, devem ser considerados (ELIAS et al., 2012).

A temperatura dos grãos armazenados é um bom indicio do seu estado de conservação (PUZZI, 2000), sendo uma das principais fontes de deterioração é o aquecimento espontâneo da massa de grãos. Em países da Europa Central e da América do Norte, onde predomina clima temperado, são mais raros os problemas

com armazenamento nos meses mais frios do ano, do que naqueles meses mais quentes, que sucedem à colheita (MAIER, 1995).

O grau de umidade dos grãos depende da umidade relativa do ar que o circunda. No momento em que as pressões de vapor da água contida na superfície dos grãos e do vapor d'água do ar circundante se igualam, não há mais variação de umidade, ocorrendo o equilíbrio higroscópico. Outros fatores influem nesta relação, como temperatura do ar, efeito da histerese e composição química dos grãos, ou seja, diferentes espécies não mantêm o mesmo grau de umidade de equilíbrio sob as mesmas umidades relativas do ar (HARRINGTON, 1973; LASSERAN, 1978; ELIAS et al., 2012).

No armazenamento, além das alterações decorrentes do metabolismo do próprio arroz, há o metabolismo de microrganismos associados, principalmente fungos, cujos principais danos causados são mudanças de coloração, desgaste das reservas nutritivas, alterações na estrutura de carboidratos, lipídeos, proteínas e vitaminas, produção de toxinas, aquecimento dos grãos, exalação de odores desagradáveis e presença dos próprios microrganismos, com redução da capacidade germinativa e de vigor das sementes e aumento de defeitos nos grãos (FAGUNDES; ELIAS; BARBOSA, 2005).

2.4 Aeração e exaustão

A aeração, movimento forçado de ar através de uma massa de grãos, é realizada para preservar as condições físicas do produto. Na verdade, o uso desta técnica tem recebido mais atenção como a principal ferramenta de manutenção da qualidade de grãos uma vez que consumidores, governos, beneficiadores e importadores de grãos estão rejeitando o uso de produtos com resíduos químicos em grãos. Apesar da insuficiência de ar fresco, que pode limitar a utilização de aeração em climas tropicais e subtropicais, os seus efeitos benéficos nessas regiões também são conhecidos (LOPES; MARTINS; FILHO, 2008).

Segundo Ranalli, Howell e Siebenmorgen (2003) a aeração pode causar mudanças na temperatura e teor de umidade dos grãos armazenados como "frentes de aeração" através do grão onde as condições do ar ambiente afetam significativamente as condições dos grãos. Existem dois principais métodos em que um beneficiador de arroz pode escolher para aerar. Aeração manual que requer que

o gerenciador de armazenamento opere os ventiladores com critério subjetivo, dependendo da experiência do operador e capacidade de monitorar as condições meteorológicas para determinar tempos de aeração adequados. Normalmente, a aeração é feita quando as condições do ar ambiente são de temperaturas menores do que a massa de arroz e quando a umidade é suficientemente baixa para que não ocorra a reidratação dos grãos. Por outro lado, a aeração controlada envolve a utilização de um controlador que monitora as condições do ar ambiente e ativa o processo de aeração em condições que permitam otimizar o processo de refrigeração e condicionamento, ainda assim, não basta apenas que o ar seja insuflado para dentro do silo, para que o ar fresco tome o lugar do ar quente é preciso que este ar quente saia do silo pela parte superior, e para isso é necessário que a pressão do ar interno do silo seja maior que a pressão do ar do ambiente externo. Para facilitar essa retirada do ar quente existem equipamentos exaustores auxiliares que complementam o processo de aeração retirando o ar quente do silo sendo acionado apenas por brisas de 10km.h^{-1} sem nenhum custo de energia.

Em climas quentes recomenda-se aeração com ar natural nas regiões mais elevadas, do contrário, aeração com ar frio artificial. Climas temperados e moderados são os mais apropriados para ventilação usando ar ambiente. A linha de 30° latitude (norte e sul do equador) dá forma aos limites ásperos para aeração (NAVARRO; NOYES, 2002).

Devido à estrutura interna do grão, sua superfície, suas propriedades físicas como a baixa condutividade térmica, os grãos oferecem as melhores condições para serem resfriados e assim permanecerem por longo período (ELIAS, 2008). O resfriamento dos grãos reduz as perdas fisiológicas pela respiração intrínseca e mantém sua qualidade, oferecendo proteção contra desenvolvimento insetos (SANTOS, 2004).

Um sistema de aeração pode ser ineficiente se a umidade dos grãos ou as temperaturas excederem os limites seguros. Assim, uma combinação adequada de parâmetros de controle depende do projeto do sistema de aeração e das condições climáticas da região onde ele foi instalado. Todos os organismos responsáveis por perdas em grãos armazenados tais como bactérias, insetos, fungos e ácaros, são afetados pela temperatura e umidade do material em questão. Portanto, grão fresco e seco se mantém por mais tempo se estas condições de deterioração forem impedidas ou retardadas (TALBOT, 1999).

2.5 Qualidade dos grãos

As propriedades tecnológicas são indicadores diretos da qualidade do arroz e são afetadas pelo tempo e temperatura de armazenamento, teor de água e atividade metabólica dos grãos assim como pela atividade de microrganismos associados (YADAV; JINDAL, 2008).

Informações a respeito das características físicas dos produtos agrícolas são atributos utilizados para determinar as condições de secagem e armazenagem, possibilitando a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização (RESENDE et al., 2008).

A respiração é a propriedade mais característica dos grãos armazenados, pois eles não interrompem suas atividades metabólicas quando separados da planta, ou seja, são armazenados vivos. Em condições aeróbias, a respiração dos grãos de gramíneas é praticamente equivalente à oxidação completa da glicose. A respiração é um processo bastante relacionado com a deterioração, enquanto vivos e em condições aeróbias, os grãos respiram e consomem reservas como carboidratos, lipídios ou proteínas. Em consequência há liberação de água, gás carbônico e energia em forma de calor. Grãos deteriorados apresentam maior liberação de CO₂, menos absorção de O₂ e processo respiratório mais desorganizado. As taxas de CO₂ e O₂ interferem nos processos respiratórios dos grãos. Parte do calor e CO₂ produzido generalizado em toda a massa de grãos úmidos na respiração é atribuída ao metabolismo de microrganismos enquanto ácaros e insetos os fazem em focos formando “bolsões de calor”.

A perda do valor nutritivo é diretamente proporcional aos processos respiratórios, o aumento da temperatura é sinal de que houve aumento na respiração. Os defeitos metabólicos, como “grãos manchados” e “grãos amarelos”, estão associados com os riscos de desenvolvimento de substâncias prejudiciais à saúde do consumidor, principalmente as toxinas produzidas por fungos.

A fração lipídica é a mais suscetível à deterioração durante o armazenamento, ocorrendo redução do seu conteúdo total e elevada suscetibilidade às alterações estruturais, podendo a rancidez ocorrer na forma hidrolítica e oxidativa. As proteínas podem sofrer oxidação, descarboxilação, além de desaminação e complexação com

outros componentes químicos, levando à formação de ácidos orgânicos, aminas, entre outros. A degradação das proteínas se caracteriza pela putrefação, assim como a dos lipídios é a rancificação e a dos açúcares e outros carboidratos é a fermentação, nos grãos esses processos ocorrem simultaneamente (ELIAS et al., 2013).

As propriedades térmicas dos produtos agrícolas contribuem para o desenvolvimento das ciências agrárias e alimentícias, podendo ser empregadas a uma gama de objetivos, tais como aquecimento ou resfriamento de produtos. As propriedades térmicas podem variar de acordo com a temperatura, natureza e variedade do produto (ITO; AMENDOLA; PARK, 2003).

Os consumidores de arroz são exigentes quanto a aspectos como rendimento na cocção, atributos sensoriais e a cor, estas são as principais características relacionadas ao consumo (GULARTE, 2005)

A principal característica que determina o valor comercial é a qualidade dos grãos de arroz, principalmente, a percentagem de grãos inteiros, defeitos dos grãos e a sua coloração, sendo estes influenciados por fatores genéticos, ambientais, e condições de armazenamento e têm grande importância comercial. Característica como o comportamento de cocção, o teor de amilose no grão, a temperatura de gelatinização, as propriedades térmicas, nutricionais e as características sensoriais (odor, sabor, dureza, etc.) são levadas em consideração por algumas indústrias (ELIAS et al., 2013).

Estes fatores irão determinar a qualidade do grão, o rendimento de grãos inteiros, incidência de grãos com defeito, alterações nas frações proteica, lipídica e de amido dos grãos fazendo com que estes sofram alterações em suas características de cocção, afetando assim, diretamente o armazenista, indústria e o consumidor final (YADAV; JINDAL, 2008; HAMAKER; SIEBENMORGEN; DILDAY, 1993; TSUGITA; OHTA; KATO, 1983; SODHI et al., 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado nas instalações do Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (DCTA – FAEM – UFPEL).

3.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz em casca, da classe longo fino, produzidos em sistema irrigado na safra agrícola de 2011/2012 na cidade de Turvo, microrregião do extremo sul de Santa Catarina, latitude 28°55'34" longitude 49°40'45".

A colheita foi realizada com umidade próxima a 18 % (b.u.), seguida da pré-limpeza em máquinas de peneiras planas, onde foram retiradas as impurezas e matérias estranhas, sendo então realizada a secagem estacionária dos grãos até aproximadamente 12 % de umidade (b.u.), que posteriormente foram armazenados durante 270 dias em silos secadores metálicos, com capacidade de armazenar aproximadamente 550 toneladas de grãos de arroz, com 10 metros de altura e 11 metros de diâmetro em suas dimensões, dotados ou não de exaustores eólicos complementares (Figura 02) classificados como do tipo estático (CYA 60, Cycloar®, Brasil), acionado pelo vento ou brisa leve, com 600 mm de diâmetro e 500 mm de altura, com uma vazão de 4.100 m³ de ar.h⁻¹ (a uma velocidade do vento de 10 km.h⁻¹) com capacidade para aproximadamente 550 toneladas de arroz. Cada silo equipado recebeu dez exaustores eólicos complementares na sua cobertura.

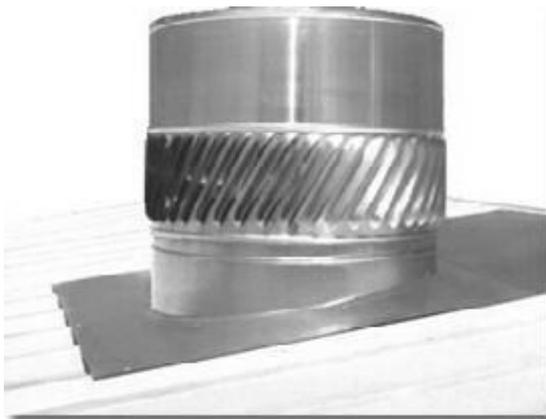


Figura 02 - Exaustor eólico utilizado no complemento do processo de aeração da massa de grãos.

3.2 Amostragem

As amostragens foram realizadas a cada 90 dias durante 270 dias, a partir da recepção do produto, na parte superior do silo onde foram coletadas amostras da parte central e da região mais próxima à periferia (“parede”) do silo, através de um trado de amostragem com o comprimento de 1,8 m. As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos onde passaram novamente por operação de limpeza e seleção máquina de ar e peneiras cilíndricas visando eliminar o restante de impurezas e/ou matérias estranhas.

3.3 Avaliações

Foram analisados os conteúdos de umidade, peso volumétrico, desempenho industrial, parâmetros de cocção, perfil branquimétrico, perfil colorimétrico, comportamento de cocção, parâmetros texturométricos, propriedades térmicas, propriedades viscoamilográficas, propriedades termogravimétricas e sensoriais.

3.3.1 Consumo de energia na aeração

O consumo de energia durante a aeração foi determinado através da leitura periódica de horímetros instalados junto ao painel de controle dos ventiladores de cada silo. Para esse cálculo foram multiplicadas as horas de funcionamento dos motores pela sua potência (Equação 1).

$$\text{Consumo (kW)} = T_{\text{func}} \times P_w$$

Onde:

T_{func} = Tempo de funcionamento dos ventiladores

P_w = Potência do motor expressa em watts

Equação 1 – Consumo total de energia

3.3.2 Umidade

A umidade foi determinada em triplicata segundo normas da ASAE (2000), pesando uma cápsula em alumínio devidamente identificada, em seguida adicionado 2 a 3g de amostra de arroz em casca, logo foi deixado em estufa durante 24 horas a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, após esse período as cápsulas foram acondicionadas durante 30 minutos em dessecadores para estabilizar sua temperatura com a ambiente sem que absorvessem umidade e em seguida pesadas novamente. A cada pesagem o peso foi registrado para que posteriormente fosse calculada a umidade.

3.3.3 Peso volumétrico

Foi determinado utilizando-se balança de peso hectolitro Dalle Molle com capacidade de $\frac{1}{4}$ de litro, sendo necessária transformação para kg.m^{-3} e balança eletrônica digital com precisão de 0,01 g, de acordo com a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.4 Desempenho industrial

As amostras de arroz em casca foram coletadas no início, 3^o, 6^o e 9^o mês de armazenamento, sendo submetidas aos processos de beneficiamento convencional (branco polido) em escala piloto, usando metodologia no Regulamento Técnico do Arroz com as alterações dadas pela Instrução Normativa MAPA número 02/2012 (BRASIL, 2012).

Antes do beneficiamento, todas as amostras foram submetidas às operações de limpeza e seleção em protótipos de máquinas de ar e peneiras planas e cilíndricas, onde foram retiradas as impurezas e os materiais estranhos.

Foram realizadas as operações de descascamento, polimento, separação de quebrados e separação de defeitos, conforme as Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (BRASIL, 2009).

a. Descascamento

Após a limpeza, os grãos foram desprovidos das glumelas (lema e pálea), na operação denominada de descascamento, realizada em engenho de provas Zaccaria modelo PAZ-1-DTA, de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os grãos que não tiveram sua casca removida na primeira passagem, denominados marinheiros, foram separados manualmente, pesados e descontados da amostra original.

b. Polimento

O polimento também foi realizado no engenho de provas Zaccaria modelo PAZ-1-DTA, onde as amostras permaneceram pelo tempo necessário para ser retirado cerca de 8% de farelo.

c. Separação dos grãos quebrados

O material descascado e polido ainda passou pela separação de inteiros e quebrados, realizada em *trieur* (cilindro alveolado) do próprio engenho de provas, onde as amostras permaneceram por um minuto. Logo após passando por seleção manual com paquímetro para separar os grãos remanescentes entre inteiros e quebrados.

d. Identificação e separação de defeitos

A identificação e a separação dos grãos com defeitos foram realizadas de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa 6/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). Os testes foram executados em amostras de grãos polidos em que houve separação prévia daqueles que apresentaram defeitos metabólicos e/ou não metabólicos.

3.3.5 Parâmetros de cocção

Essas características foram avaliadas de acordo com a metodologia proposta por Martinez e Cuevas (1989), com adaptações por Gularte (2005). Foram avaliados os parâmetros tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico.

O tempo de cocção foi determinado colocando-se um Becker de volume 250 mL contendo 150 mL de água destilada em chapa de ferro aquecida por energia elétrica, após atingir a temperatura de 80 °C uma colher de sopa rasa de arroz era

adicionada e o Becker tampado, iniciando-se a contagem do tempo de cocção. Após 10 minutos de cocção, a cada minuto verificava-se 10 grãos amassando-os em placas de vidro, quando 90 % dos grãos não apresentassem mais o hilo branco no centro do grão a amostra era considerada cozida.

Para rendimento gravimétrico e volumétrico, as amostras, cozidas simultaneamente em chapa de ferro aquecida por energia elétrica, em panelas apropriadamente desenvolvidas para o Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, experimento eram compostas de 35 g de arroz, sendo adicionada água com temperatura a 95 °C, medida com auxílio de proveta determinando-se a proporção de 2,2 de volume de para o volume determinado dos 35 g de arroz.

Após a adição da água, as panelas foram tampadas, monitorando o controle da temperatura em termômetro. O tempo de cocção foi medido com o auxílio de cronômetro digital a partir do momento em que a temperatura da água da panela atingisse 80 °C, e deixando cozinhar sempre cuidando para que não ocorresse transbordamento.

Para a avaliação do rendimento em volume e da absorção de água na cocção, que corresponde ao rendimento gravimétrico (em peso) foi utilizada metodologia calibrada no Laboratório de Pós Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da UFPel, a qual consiste na avaliação de volume dos grãos de arroz antes da cocção e após esta. O rendimento volumétrico é obtido através da divisão do volume final, sem compressão dos grãos cozidos, pelo volume inicial do arroz cru.

O rendimento gravimétrico de cocção, que corresponde à absorção de água pelos grãos durante o cozimento, foi calculado pela diferença percentual entre os pesos do arroz cozido e da amostra crua.

O volume inicial do arroz cru e o volume final do arroz cozido foram determinados por medição, com paquímetro, das dimensões da massa de grãos contida na panela, sendo aplicada a equação do volume do cilindro, $\pi.r^2.h$, onde π é uma constante matemática igual a 3,14; r o raio do recipiente (panela); e h a altura ocupada pelo arroz nesse recipiente antes (h_i) e após (h_f) o cozimento. Conforme o volume inicial (V_i) e o final (V_f) do arroz foram calculados o rendimento volumétrico, expresso em percentagem (%), de acordo com a Equação 2.

$$Rv = \left(\frac{Vf}{Vi} \right) \cdot 100$$

em que:

Rv = Rendimento volumétrico (%);

Vf = Volume final - arroz cozido (cm³);

Vi = Volume inicial - arroz cru (cm³).

Equação 2 – Rendimento volumétrico

O rendimento gravimétrico (Rg) foi determinado pelo quociente entre o peso final *Pf* (arroz cozido) e o inicial *Pi* (arroz cru), conforme Equação 3.

$$Rg = \left(\frac{Pf}{Pi} \right) \cdot 100$$

em que:

Rg = Rendimento gravimétrico (%);

Pf = Peso final - arroz cozido (g);

Pi = Peso inicial - arroz cru (g).

Equação 3 – Rendimento gravimétrico

3.3.6 Incidência de grãos com defeitos

A identificação e a separação dos grãos com defeitos foram realizadas de acordo com os termos, conceitos e caracterização constantes na Instrução Normativa nº 06/2009, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009).

3.3.7 Grau de brancura

O grau de brancura foi determinado com colorímetro Minolta modelo CR-300, o qual indica as cores em um sistema tridimensional conforme descrito por Good (2002). Foram realizadas 10 determinações para cada amostra. O grau de brancura (L*) foi determinado segundo (RHIM et al., 1989) a partir da escala de Hunter, L* (luminosidade), a* (coloração do verde ao vermelho) e b* (coloração do azul ao amarelo).

3.3.8 Parâmetros texturométricos

O perfil texturométrico foi determinado usando um texturômetro TA-TX2 (Texture Technologies Corp., UK) com uma célula de carga de 5 kg usando uma compressão de dois ciclos (PARK et al., 2001). As amostras foram preparadas para cozimento de 10g de amostras de arroz em um Becker de 250 mL, com 200 mL de água destilada a 100 ± 1 °C até que o núcleo branco desaparecessem (JULIANO et al., 1984). Todas as amostras foram analisadas enquanto ainda estavam quentes. Uma força de compressão em dois ciclos contra tempo programado foi utilizada para comprimir as amostras até 90% da espessura inicial de grão cozido, voltar à posição original e novamente comprimir (MEULLENET et al., 1997). Um probe cilíndrico de 20 mm de diâmetro foi utilizada para comprimir 3 grãos, com velocidades de pré-teste e pós-teste de 1 mm.min⁻¹ e velocidade de ensaio de 0,5 mm.min⁻¹. Firmeza foi o parâmetro registrado a partir das curvas de teste. Todas as análises de textura foram repetidas dez vezes por amostra.

3.3.9 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas dos grãos polidos moídos foram analisadas através de calorimetria diferencial de varredura (DSC-821e, Mettler Toledo, Greifensee, Suíça) equipada com uma estação de análise térmica de dados. A amostra (2,5 mg, o peso seco base) foi pesada em uma panela de alumínio (Mettler, ME-27331), de 40 microlitros de capacidade. Foi, então, adicionada água destilada com a ajuda de uma micro seringa para obter uma suspensão da amostra de água contendo 75 % da água (7,5 mg). As amostras foram hermeticamente fechadas e deixadas em repouso durante 1 h em temperatura ambiente antes do aquecimento no DSC. O analisador DSC foi calibrado com uma bandeja de alumínio vazia. As amostras foram aquecidas a uma taxa de 10 °C.min⁻¹ (total de 40-140 °C).

3.3.10 Viscoamilografia

O arroz em casca foi descascado, polido e moído em moinho experimental. Logo após os grãos moídos foram peneirados em peneira com malha 100 mesh para padronização da granulometria. A viscosidade dos grãos de arroz moídos foi determinada usando-se o analisador rápido de viscosidade (*Rapid Visco Analyser*), modelo RVA-3D+ da *Newport Scientific Pty. Ltd.*, Sidney, Austrália, provido do software Termocline.

3.3.11 Análise sensorial

A análise sensorial foi feita por 15 julgadores treinados que avaliaram: cor, brilho, odor, soltabilidade, sabor, firmeza e intenção de compra do arroz cozido através do Teste de Avaliação de Atributos (Tabela 03) com uma escala não estruturada de 9 cm (Figura 03) segundo metodologia proposta por Gularte (2005).

Tabela 03 – Escala utilizada para avaliação dos atributos sensoriais

Cor	0 = Branco acinzentado	9 = Amarelo
Brilho	0 = Opaco	9 = Intenso
Odor	0 = Completamente neutro	9 = Muito forte
Soltabilidade	0 = Grudados	9 = Completamente soltos
Sabor	0 = Completamente neutro	9 = Muito forte
Firmeza	0 = Grãos muito moles	9 = Grãos duros
Aceitação	0 = Desgostei muito	9 = Gostei muito
Intenção de compra	0 = Certamente não compraria	9 = Certamente compraria

Avaliação Sensorial e de Consumo de Arroz

Nome: _____ Data: ____/____/20____

Instruções: Avalie da esquerda para a direita os atributos solicitados, registrando com um traço onde represente a intensidade de cada atributo.

Cor	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Branco Acinzentado</td> <td style="width: 20%;">Branco Pouco Intenso</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Branco Amarelado</td> <td style="width: 20%;">Amarelo</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Branco Acinzentado	Branco Pouco Intenso	Típico de Branco	Branco Amarelado	Amarelo									
Branco Acinzentado	Branco Pouco Intenso	Típico de Branco	Branco Amarelado	Amarelo											
Brilho	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Opaco</td> <td style="width: 20%;">Pouco Brilhoso</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Muito Brilhoso</td> <td style="width: 20%;">Intenso</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Opaco	Pouco Brilhoso	Típico de Branco	Muito Brilhoso	Intenso									
Opaco	Pouco Brilhoso	Típico de Branco	Muito Brilhoso	Intenso											
Odor	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Completamente Neutro</td> <td style="width: 20%;">Pouco Perceptível</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Forte</td> <td style="width: 20%;">Muito Forte</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Completamente Neutro	Pouco Perceptível	Típico de Branco	Forte	Muito Forte									
Completamente Neutro	Pouco Perceptível	Típico de Branco	Forte	Muito Forte											
Soltabilidade	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Grudados</td> <td style="width: 20%;">Pouco Soltos</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Acentuada</td> <td style="width: 20%;">Completamente Soltos</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Grudados	Pouco Soltos	Típico de Branco	Acentuada	Completamente Soltos									
Grudados	Pouco Soltos	Típico de Branco	Acentuada	Completamente Soltos											
Sabor	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Completamente Neutro</td> <td style="width: 20%;">Pouco Perceptível</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Forte</td> <td style="width: 20%;">Muito Forte</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Completamente Neutro	Pouco Perceptível	Típico de Branco	Forte	Muito Forte									
Completamente Neutro	Pouco Perceptível	Típico de Branco	Forte	Muito Forte											
Firmeza	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Grãos Muito Moles</td> <td style="width: 20%;">Grãos Moles</td> <td style="width: 20%;">Típico de Branco</td> <td style="width: 20%;">Grãos Firmes Mastigáveis</td> <td style="width: 20%;">Grãos Duros</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Grãos Muito Moles	Grãos Moles	Típico de Branco	Grãos Firmes Mastigáveis	Grãos Duros									
Grãos Muito Moles	Grãos Moles	Típico de Branco	Grãos Firmes Mastigáveis	Grãos Duros											
Aceitação	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">Desgostei Muito</td> <td style="width: 16.6%;">Desgostei</td> <td style="width: 16.6%;">Desgostei Ligeiramente</td> <td style="width: 16.6%;">Indiferente</td> <td style="width: 16.6%;">Gostei Ligeiramente</td> <td style="width: 16.6%;">Gostei</td> <td style="width: 16.6%;">Gostei Muito</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Desgostei Muito	Desgostei	Desgostei Ligeiramente	Indiferente	Gostei Ligeiramente	Gostei	Gostei Muito							
Desgostei Muito	Desgostei	Desgostei Ligeiramente	Indiferente	Gostei Ligeiramente	Gostei	Gostei Muito									
Intenção de Compra	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Certamente Não Compraria</td> <td style="width: 20%;">Provavelmente Não Compraria</td> <td style="width: 20%;">Tenho Dúvida Se Compraria</td> <td style="width: 20%;">Provavelmente Compraria</td> <td style="width: 20%;">Certamente Compraria</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;"> </td> </tr> </table>	Certamente Não Compraria	Provavelmente Não Compraria	Tenho Dúvida Se Compraria	Provavelmente Compraria	Certamente Compraria									
Certamente Não Compraria	Provavelmente Não Compraria	Tenho Dúvida Se Compraria	Provavelmente Compraria	Certamente Compraria											

Figura 03 – Ficha utilizada para avaliação sensorial e aceitabilidade em arroz branco cozido.

3.3.12 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e uma comparação das médias foi determinada por meio do teste de Tukey para um nível de significância de 5%.

4 Resultados e discussão

4.1 Umidade

Na tabela 04 são apresentados os dados referentes a umidade dos grãos ao longo do armazenamento.

Tabela 04 – Umidade (% , b.u.) dos grãos de arroz em casca armazenados com e sem utilização do sistema de exaustão eólica

Exaustores	Período de armazenagem (meses)			
	Inicial	3	6	9
Com	12,00 aA	11,90 aA	11,88 bA	11,98 aA
Sem	12,00 aAB	11,83 aB	12,28 aA	11,33 aBC

Médias de seis repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Como pode ser observado na tabela 04, a umidade dos grãos em função do tratamento apresentou diferença significativa apenas aos seis meses de armazenagem onde no arroz armazenado em silo sem sistema de exaustão eólica complementar foi verificado que a umidade era maior, o que demonstra que quando os grãos da parte superior do silo são armazenados em silos sem sistema de exaustão eólica estarão mais suscetíveis a aumentos de grau de umidade, o que aumenta o risco de deterioração. Contudo, em função do tempo de armazenamento, individualmente, cada tratamento mostrou comportamento distinto onde o arroz armazenado em silo sem sistema de exaustão complementar mostrou um comportamento instável aumentando e posteriormente diminuindo, isso pode ter acontecido por este silo estar mais suscetível às variações do ambiente, equilíbrio higroscópico, devido ao tempo de aeração ser mais alto como será visto a seguir (Tabela 06). No entanto, o arroz armazenado em silo metálico dotado de exaustores

eólicos complementares não apresentou alterações na umidade ao longo do tempo de armazenamento, mostrando que este sistema foi eficaz em evitar a sorção e dessorção dos grãos. Tais características dos grãos foram registradas na literatura por Meneghetti (2008), que relatou o comportamento dinâmico de equilíbrio higroscópico dos grãos, em função das condições do ambiente de armazenamento.

4.2 Peso volumétrico

Na tabela 05 são apresentados os dados referentes a peso volumétrico de grãos armazenados em silos metálicos equipados ou não com exaustores eólicos complementares.

Tabela 05 – Peso volumétrico ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) de grãos de arroz em casca armazenados por 9 meses com e sem utilização do sistema de exaustão eólica

	Exaustores	Período de armazenagem (meses)			
		Inicial	3	6	9
Peso volumétrico	Com	581,12 aA	580,76 aA	577,73 aB	577,50 aB
	Sem	581,12 aA	579,70 aA	575,33 bB	574,68 bB

Médias de dez repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Observando os valores da tabela 05, o peso volumétrico dos grãos armazenados em ambos os silos, equipados com exaustores ou não, reduziu durante o tempo de armazenamento sendo essa redução mais intensa nos grãos armazenados sem o sistema de exaustão complementar podendo ser observada aos 6 meses de armazenagem. Este resultado se deve provavelmente devido ao metabolismo menos ativo na temperatura mais inferior e uniforme atingida nos silos equipados com os exaustores eólicos. Este comportamento é semelhante ao que Santos et al. (2010) relataram que peso volumétrico tende a ter menor redução em grãos de milho que armazenados a temperaturas mais baixas em comparação com grãos armazenados a temperaturas mais elevadas. O aumento do metabolismo relacionado com o aumento da temperatura no interior do silo acelera a deterioração dos grãos, reduzindo a sua qualidade (MUIR; WHITE, 2001).

4.3 Consumo de energia e horas de aeração da massa de grãos

Na tabela 06 são apresentados os dados referentes a consumo de energia e horas de aeração da massa de grãos armazenados em silos metálicos equipados ou não com exaustores eólicos complementares.

Tabela 06 - Consumo de energia e horas de aeração totais de grãos de arroz em casca armazenados e com e sem utilização do sistema de exaustão eólica

Exaustores		Período de armazenagem (meses)			
		Inicial	3	6	9
Consumo de energia total (kW)	Com	0	16.011,69	24.500,54	25.824,89
	Sem	0	17.454,74	27.913,11	29.236,79
Horas de aeração (h)	Com	0	725,66	1110,38	1170,40
	Sem	0	791,06	1265,04	1325,03

Os dados da tabela 06 mostram que nos silos equipados com sistemas de exaustão eólica o consumo de energia gasto na operação de aeração foi 11,67 % menor que nos silos sem sistema de exaustão, durante nove meses de armazenamento, demonstrando que esta técnica de manejo foi eficaz na remoção do ar quente gerado (metabolismos dos grãos ou organismos associados) ou absorvido (através das chapas metálicas) nos silos, já que reduziu o número de horas gastas para aerar a massa de grãos.

4.4 Rendimento de grãos inteiros

A figura 04 mostra o rendimento de grãos inteiros em arroz armazenado em casca durante nove meses em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares.

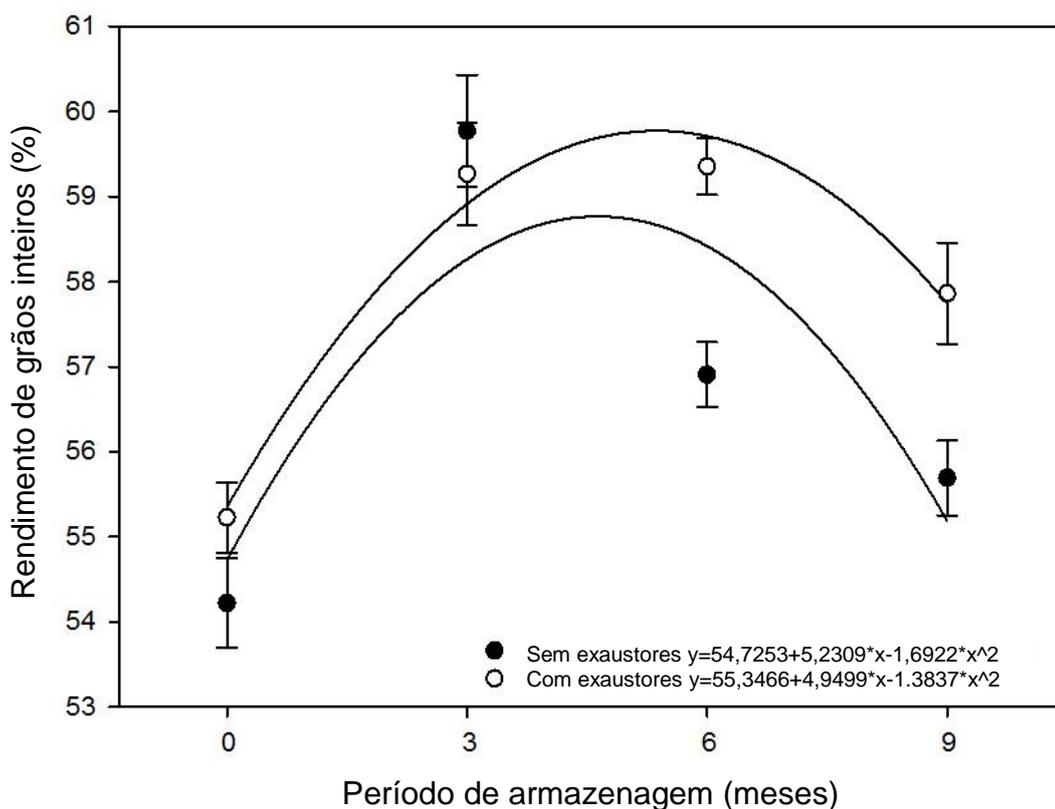


Figura 04 – Rendimento de grãos inteiros em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes

O rendimento de grãos inteiros aumentou durante o período de armazenamento inicial para os grãos que foram armazenados em silos que foram ou não equipados com os exaustores eólicos complementares (Figura 04). A análise de regressão foi realizada utilizando os períodos de armazenamento e os rendimentos de grãos inteiros, resultou em uma equação quadrática com valores de R^2 de 0,6732 e 0,5282 para o arroz que foi armazenado em silos que foram equipados e para os não equipados com exaustores eólicos complementares, respectivamente. Este comportamento é semelhante ao descrito por Daniels et al. (1998). O rendimento de grãos inteiros dos grãos que foram armazenados nos silos equipados com exaustores eólicos se mantiveram superiores durante aos 6 e 9 meses, porém a partir dos 3 meses houve uma redução no rendimento dos grãos armazenados em silos com os equipamentos e a partir dos 6 nos armazenados sem os equipamentos. Houve uma diminuição de 1,49% no rendimento de grãos inteiros quando os grãos foram armazenados por 9 meses, mesmo nos silos equipados com um sistema de exaustão (Figura 04). A redução no rendimento de grãos inteiros durante o armazenamento foi

maior nos grãos que foram armazenados nos silos não equipados com os exaustores eólicos complementares. Houve uma redução de 2,45% e 2,17% no rendimento de grãos inteiros dos grãos armazenados por 6 e 9 meses, respectivamente, nos silos não equipados com os exaustores eólicos complementares. O aumento e subsequente diminuição do rendimento de grãos inteiros durante o armazenamento, sem o sistema de exaustão foi relatado por Daniels et al. (1998). Este fenômeno pode ser atribuído ao tempo durante o qual os grãos permanecem a uma temperatura mais elevada dentro do silo, que pode ter aumentado a degradação do conteúdo e das paredes celulares, reduzindo assim a resistência ao beneficiamento. Um aumento no rendimento de grãos inteiros também foi observado em grãos que foram armazenados usando exaustores eólicos complementares, no entanto, a estabilização deste valor pode ser ligada à temperatura mais baixa e uniforme no interior desses silos, semelhante ao que Wongpornchai, Dumri e Jongkaewwattana (2004) descreveram, indicando que a utilização de exaustores eólicos complementares podem reduzir a perda de rendimento de grãos inteiros do sexto ao nono mês.

4.5 Incidência de grãos manchados e amarelados

A figura 05 mostra os dados de incidência de “grãos manchados” em arroz em casca armazenado em silos metálicos dotados ou não de sistema de exaustão eólica complementar.

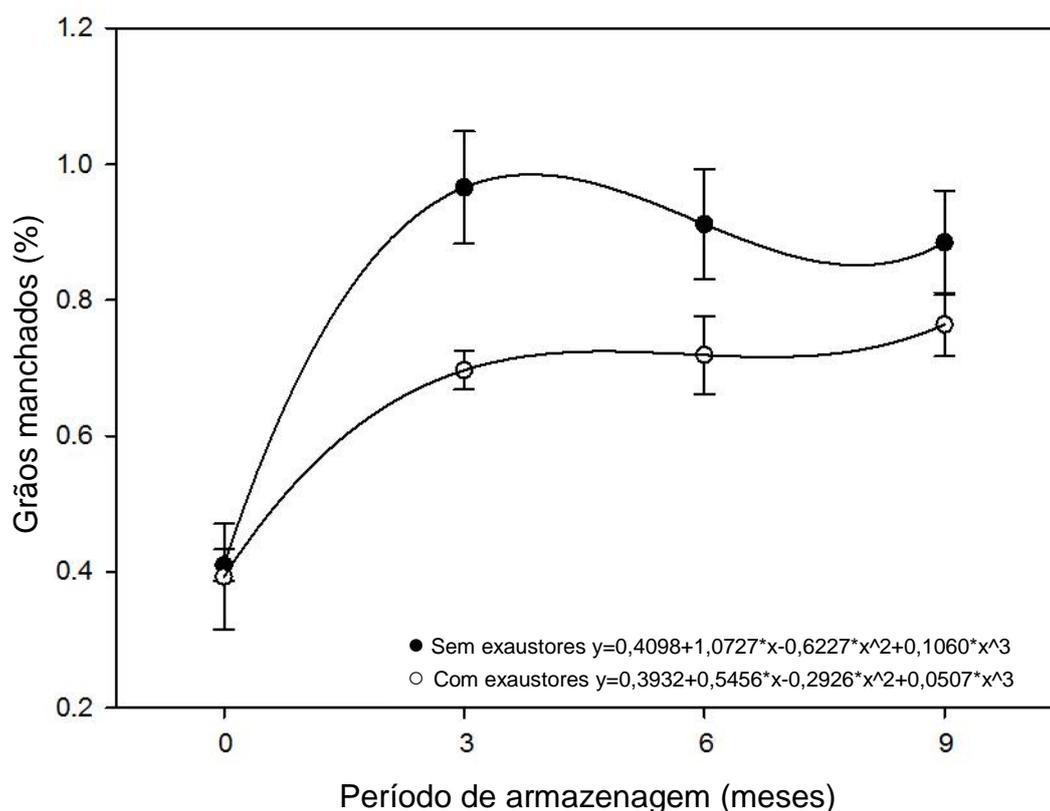


Figura 05 - Incidência de “grãos manchados” em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes.

A incidência de grãos de arroz manchados são apresentadas na figura 05, a análise de regressão da relação entre o teor de grãos manchados e o período de armazenamento, resultou em uma equação polinomial cúbica com um R^2 de 1,0000 para os grãos armazenados em ambos os silos equipados ou não equipados com os exaustores eólicos complementares. Houve um aumento no teor de grãos manchados durante os primeiros 3 meses de armazenamento (Figura 05). Este aumento inicial foi menor nos grãos armazenados nos silos equipados com exaustores eólicos complementares, que foi 0,27% menor em 3 meses em comparação com a percentagem de grãos de arroz manchados nas amostras a partir dos silos que não foram equipados com exaustores eólicos complementares. A percentagem de grãos manchados não se alterou entre 6 e 9 meses de armazenamento em comparação com a dos grãos armazenados sob cada condição durante os primeiros 3 meses (Figura 05).

A mancha dos grãos é um efeito latente que é uma consequência da ação de microrganismos, que aparece durante o armazenamento após um intervalo a partir do

momento de seu dano. De acordo com Kaliyan et al. (2007), a aeração com ar ambiente, permite um melhor controle da maioria das pragas de armazenamento, que é um dos principais fatores que aumentam o percentual de arroz manchado. A atmosfera mais quente no interior dos silos que não foram equipados com exaustores eólicos complementares intensificou a incidência de grãos manchados.

A figura 06 mostra os dados de incidência de “grãos amarelos” totais em arroz em casca armazenado em silos metálicos dotados ou não de sistema de exaustão eólica complementar.

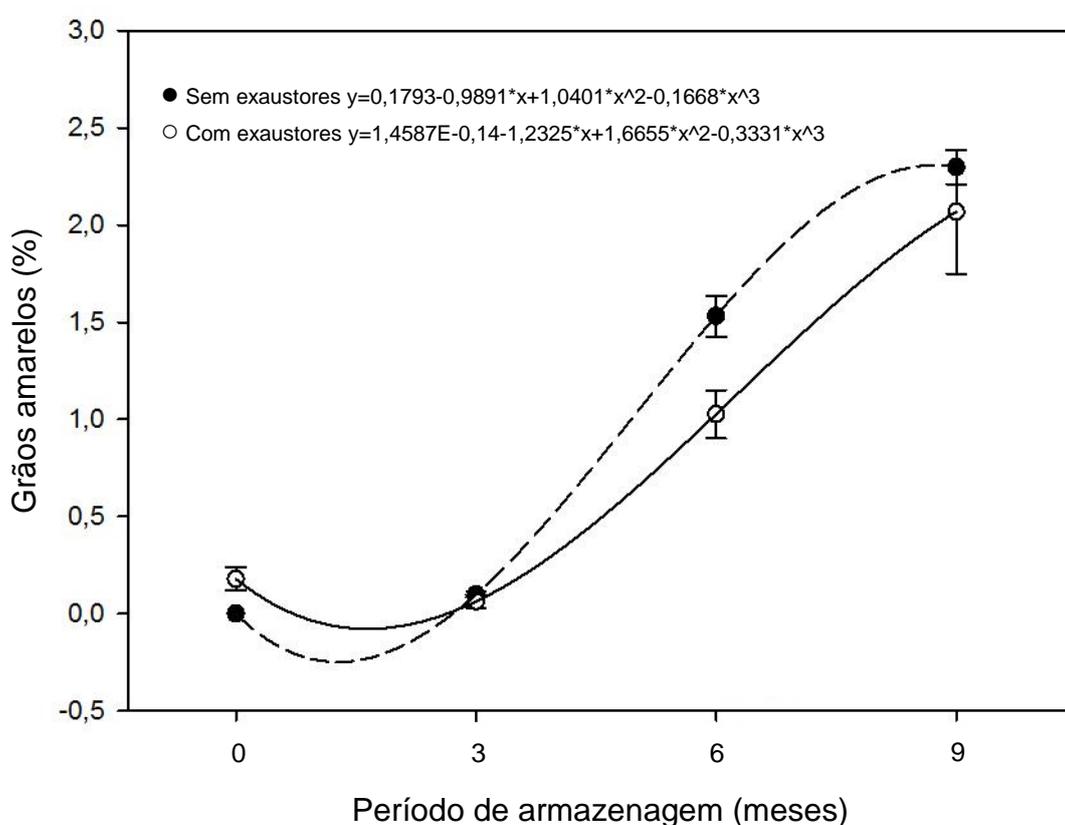


Figura 06 - Incidência de “grãos amarelos” em arroz armazenado com casca durante nove meses em silos metálicos dotados de exaustores eólicos complementares e sem estes

Na figura 06 é possível observar que a presença do sistema de exaustão eólica complementar nos silos proporcionou diferenças significativas ocorrendo redução na incidência de grãos amarelos, mostrando eficiência em manter a temperatura mais baixa e uniforme no interior do silo para a preservação da qualidade dos grãos, conforme pode ser observado no menor consumo de energia necessário para aeração de manutenção dos grãos (Tabela 06).

4.6 Brancura do arroz

A brancura dos grãos de arroz armazenados em silos equipados ou não equipados com exaustores eólicos complementares em função do período de armazenamento é apresentada na figura 07.

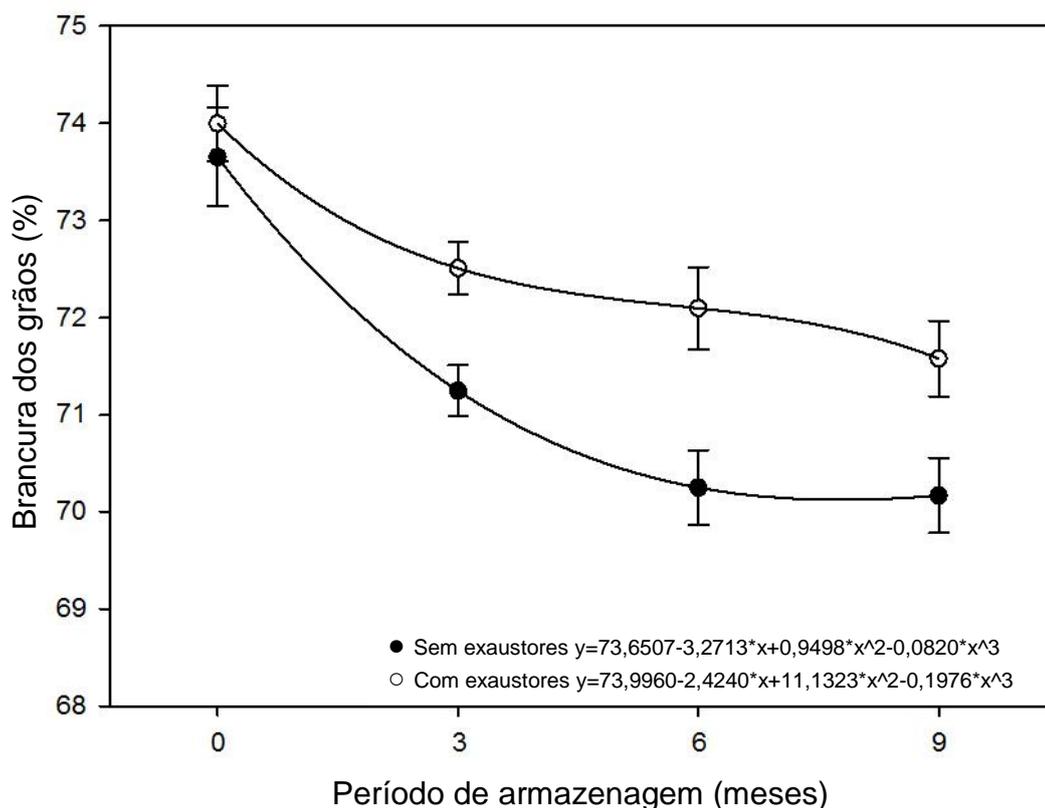


Figura 07 – Brancura em grãos de arroz armazenados com casca em silos metálicos dotados de sistema de exaustão complementar e sem eles

A cor do arroz é um dos principais fatores envolvidos na sua aceitação por parte dos consumidores de arroz, devido à preferência do consumidor predominante para o arroz mais branco ou claro, maiores valores L^* indicam grãos mais brancos. A análise de regressão do valor de brancura e do período de armazenamento resultou em uma equação polinomial cúbica com um R^2 de 1,0000 para os grãos que estavam armazenados em ambos os silos equipados ou não com exaustores eólicos complementares. Houve redução na brancura de grãos armazenados em ambos os silos, equipados ou não com exaustores eólicos complementares durante os primeiros 3 meses de armazenamento (Figura 07), no entanto, a diminuição da brancura ou

escurecimento dos grãos foi mais intensa nos grãos armazenados em silos não equipados com os exaustores eólicos complementares, representando uma redução de 3,51 % em comparação a uma redução de 1,87 % nos grãos armazenados nos silos equipados com exaustores eólicos complementares comparados com as respectivas amostras iniciais. A brancura dos grãos de arroz armazenados em silos equipados com os exaustores eólicos complementares permaneceu inalterada após 3 meses de armazenagem e até 9 meses, ao passo que a brancura dos grãos de arroz que foram armazenados nos silos sem os exaustores diminuiu 1,40 %, após 6 meses, em comparação com os de 3 meses de armazenamento, embora não tenha sido significativamente diferente no nono mês de armazenamento. De acordo com Park et al. (2012), o escurecimento dos grãos pode estar ligado à oxidação lipídica, indicando que a deterioração da qualidade do arroz que é intensificado pela maior retenção de calor durante o armazenamento sem um sistema de exaustão. Este resultado indicou que o sistema de exaustão complementar auxiliou na manutenção da brancura dos grãos.

4.7 Tempo de cocção e dureza dos grãos

Os tempos de cocção e firmeza dos grãos de arroz branco armazenados em silos equipados e não equipados com exaustores eólicos complementares em função do período de armazenagem, são apresentados na tabela 07.

Tabela 07 – Tempo de cocção (min) e firmeza (N) de grãos de arroz armazenados com e sem utilização do sistema de exaustão eólica durante 9 meses.

	Exaustores	Período de armazenagem (meses)			
		Inicial	3	6	9
Tempo de cocção (min) *	Com	18.00 aB	19.67 aA	19.50 aA	19.50 aA
	Sem	18.00 aA	18.33 aA	19.83 aA	19.00 aA
Firmeza (N) **	Com	38.43 aB	38.81 aB	39.71 aB	40.51 bA
	Sem	38.13 aB	39.28 aB	39.69 aAB	42.10 aA

* Médias de seis repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$). ** Médias de dez repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

O tempo de cocção dos grãos armazenados em silos com sistema de exaustão complementar durante 3 meses aumentou em comparação com a das amostras iniciais (Tabela 07). Este tempo de cocção foi mantido até o final da armazenagem, por 9 meses. Não houve diferença entre os tempos de cocção para os grãos armazenados nos silos que não equipados com exaustores eólicos complementares durante todo o período de armazenamento. O tempo de cocção (Tabela 07) é afetado pela disposição das partículas de amido e as suas interações com os outros constituintes do grão durante o armazenamento, o que pode reforçar ou afrouxar a estrutura da matriz de proteica. Sowbhagya e Bhattacharya (2001) relataram que a estrutura molecular de arroz pode tornar-se mais organizada durante a armazenagem, criando uma barreira para a hidratação dos grânulos de amido.

A firmeza dos grãos de arroz armazenado nos silos equipados com exaustores eólicos complementares aumentou no último período de armazenamento. Em contrapartida, a firmeza do arroz que foi armazenado nos silos sem exaustores eólicos complementares permaneceu inalterada até 3 meses de armazenagem e aumentou após o sexto mês. O comportamento dos valores de firmeza foi diferente de acordo com os tratamentos. Comparando-se as diferenças de acordo com os períodos de armazenamento mostraram que houve uma diferença significativa no último período, em que o arroz nas amostras que foram coletadas a partir dos silos sem o sistema de exaustores eólicos complementares foi mais firme do que o arroz nas amostras que foram coletadas a partir dos silos com exaustores eólicos complementares no nono mês de armazenamento. Zhou et al. (2003) relataram que as temperaturas de armazenamento mais elevadas resultam em grãos mais firmes. O aumento na firmeza de grão pode ser atribuído ao maior aquecimento alcançado de acordo com as condições de armazenamento, sem exaustores eólicos complementares, já que de acordo com Park et al. (2012), esta elevação pode estar relacionada com a ruptura de grânulos de amido e o aumento do teor de materiais insolúveis que são causados por armazenagem a temperaturas mais altas. Armazenamento em altas temperaturas foi relatado como fator para aumentar a firmeza de grãos (MEULLENET et al., 2000). Estudos de Park et al. (2012) e Tsugita, Otha e Kato (1983) mostraram que o arroz armazenado a 40 °C teve uma textura mais firme do que o arroz que foi armazenado a 4 °C. Observa-se ainda que o aumento da

firmeza dos grãos verificados durante o período de armazenamento não foi suficiente para provocar um aumento significativo no tempo de cocção dos grãos.

4.8 Rendimento volumétrico e gravimétrico de cocção

Na tabela 08, são apresentados os rendimentos gravimétrico (%) e volumétrico (%) dos grãos que foram armazenados em silos metálicos equipados e não equipados com sistema de exaustão eólica complementar.

Tabela 08 - Rendimentos gravimétrico e volumétrico em grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não de exaustor eólico complementar (%)

Exaustores		Período de armazenagem (meses)			
		Inicial	3	6	9
Rendimento gravimétrico	Com	309,69 aA	302,27 bAB	277,17 aC	287,50 aBC
	Sem	301,79 aA	319,04 aA	277,33 aB	281,72 aB
Rendimento volumétrico	Com	271,44 aA	271,40 aA	284,86 aA	269,74 aA
	Sem	255,46 aA	261,69 aA	269,75 bA	260,21 aA

* Médias de três repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Observa-se na tabela 08 que em função do tempo o rendimento gravimétrico diminuiu a partir dos seis meses sendo mantido até o fim do período de armazenagem em ambos os tratamentos, no entanto, esse parâmetro se diferiu entre as condições de armazenamento apenas aos 3 meses onde o tratamento sem o uso de exaustores eólicos complementares teve maior rendimento que o tratamento com, voltando à igualdade ao final do período. Para o rendimento volumétrico não houve mudança significativa durante o período de armazenamento tanto em função do tempo como do tratamento aplicado, diferentemente do relatado por Gularte (2005) e Morás (2005), que verificaram um aumento no rendimento volumétrico.

4.9 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas de os grãos de arroz que foram armazenados nos silos equipados ou não equipados com exaustores eólicos complementares são apresentadas na tabela 09.

Tabela 09 – Propriedades térmicas de grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não de exaustor eólico complementar

	Exaustores	Período de armazenagem (meses)			
		Inicial	3	6	9
T_o (°C)	Com	73.24	73.65	73.47	73.36
	Sem	72.31	72.93	73.11	72.65
T_p (°C)	Com	76.19	76.54	76.77	76.83
	Sem	76.35	76.72	76.86	76.87
T_c (°C)	Com	79.52	80.49	80.94	81.21
	Sem	81.20	81.65	81.41	84.08
ΔH (J g ⁻¹)	Com	6.28	6.84	7.47	7.85
	Sem	6.40	8.72	8.30	11.05

T_o = Temperatura de gelatinização inicial. T_p = Temperatura de pico de gelatinização. T_c = Temperatura final de gelatinização. ΔH = Variação de entalpia.

A temperatura inicial de gelatinização (T_o) e o pico de temperatura de gelatinização (T_p) do arroz, que foi armazenado sob duas condições diferentes foram muito semelhantes em cada um dos períodos de armazenamento, no entanto, a temperatura final de gelatinização (T_c) do arroz armazenado durante 9 meses em silos sem exaustores eólicos complementares aumentou perceptivelmente em comparação com o arroz que recebeu o outro tratamento. Embora a entalpia de gelatinização (ΔH) tenha aumentado quando os grãos foram armazenados nos silos equipados com exaustores eólicos complementares em 6 e 9 meses, este aumento foi menor do que o aumento exibido pelos grãos que foram armazenados nos silos sem estes equipamentos por apenas 3 meses (Tabela 09). A maior ΔH foi encontrada nos grãos armazenados durante 9 meses em silos não equipados com exaustores eólicos complementares. O aumento da energia necessária para a gelatinização do amido (ΔH), pode ser atribuído ao aumento da dureza dos grãos verificado nos resultados apresentados na tabela 07. De acordo com Tananuwong e Malila (2011), a extensão

da ligação dissulfídica entre as moléculas de proteína aumenta após períodos de armazenamento maiores do que 6 meses, proporcionando uma matriz proteica forte. Este fenómeno pode explicar a maior clareza T_c e ΔH do arroz armazenado em silos que não foram equipados com exaustores eólicos complementares durante 9 meses. Zhou et al. (2003) relataram que o armazenamento a maiores temperaturas aumentam as temperaturas das medidas pelo Escaneamento de Calorimetria Diferencial (DSC).

4.10 Propriedades viscoamilográficas

Os dados de propriedades de pasta de grãos de arroz que foram armazenados em silos equipados ou não equipados com exaustores eólicos complementares são apresentados na tabela 10.

A temperatura de pasta foi maior no terceiro mês de armazenamento em comparação ao período inicial de armazenamento, mantendo-se inalterada até 9 meses de armazenamento. Sowbhagya e Bhattacharaya (2001) relataram que a estrutura do arroz pode tornar-se mais organizada durante a armazenagem, criando uma barreira na superfície que impede a hidratação do amido. Este fenômeno pode aumentar a temperatura de pasta do arroz. Não houve diferença nas temperaturas de pasta dos grãos que foram armazenados nos silos equipados ou não com exaustores eólicos complementares. O pico de viscosidade diminuiu com o aumento do período de armazenamento, assim como a viscosidade final. Zhou et al. (2003) relatou o mesmo comportamento para estes parâmetros em amido nativo que foi armazenado durante 12 meses e sugeriu que este efeito pode ser devido à interação entre o amido e outros componentes. A quebra de viscosidade também diminuiu em função do período de armazenamento para os grãos que foram armazenados em ambos os silos equipados ou não com exaustores eólicos complementares, Noomhorn, Kongseree e Apintanapong (1997) afirmou que uma diminuição na quebra de gelatinização indica que a capacidade de ruptura dos grânulos de amido após o cozimento foi significativamente reduzida pelo envelhecimento.

Tabela 10 – Propriedades de pasta de grãos de arroz armazenados com casca durante 9 meses em silos metálicos dotados e não de exaustor eólico complementar

Período (meses)	Temperatura de pasta (°C)		Pico de viscosidade (RVU)		Quebra de viscosidade (RVU)		Retrogradação (RVU)		Viscosidade final (RVU)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Inicial	76,63 bA*	76,63 bA	456,75 aA	445,17 aA	180,05 aA	176,33 aA	234,97 aB	254,67 aA	511,67 aB	523,50 aA
3	78,35 aA	78,35 aA	310,00 bB	317,25 bA	101,00 bA	105,88 bA	188,59 cB	198,55 bA	397,58 cB	409,92 cA
6	78,28 aA	78,28 aA	295,17 cB	319,42 bA	91,75 cA	97,75 bcA	191,46 cA	193,63 bA	394,88 dB	415,29 bA
9	78,35 aA	78,35 aA	310,92 bA	312,96 bA	92,71cA	89,42 cA	205,42 bA	205,55 bA	423,63 bB	429,09 bA

* Médias de três repetições seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna e letras maiúsculas na mesma linha, para cada parâmetro, são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

4.11 Análise sensorial

Nas figuras 08 e 09, são apresentados, respectivamente, os resultados da avaliação sensorial e a intenção de compra do arroz armazenado em casca durante 9 meses em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares, avaliado em classe longo fino, grãos brancos, beneficiado pelo processo convencional, ambos através de análise sensorial com julgadores treinados.

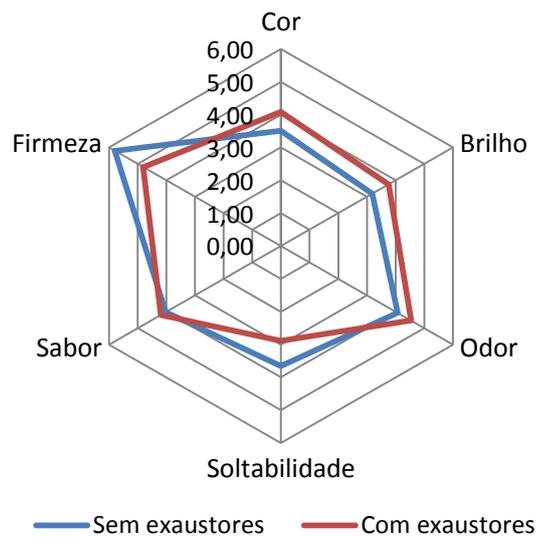


Figura 08 - Parâmetros sensoriais em grãos de arroz armazenados em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares.

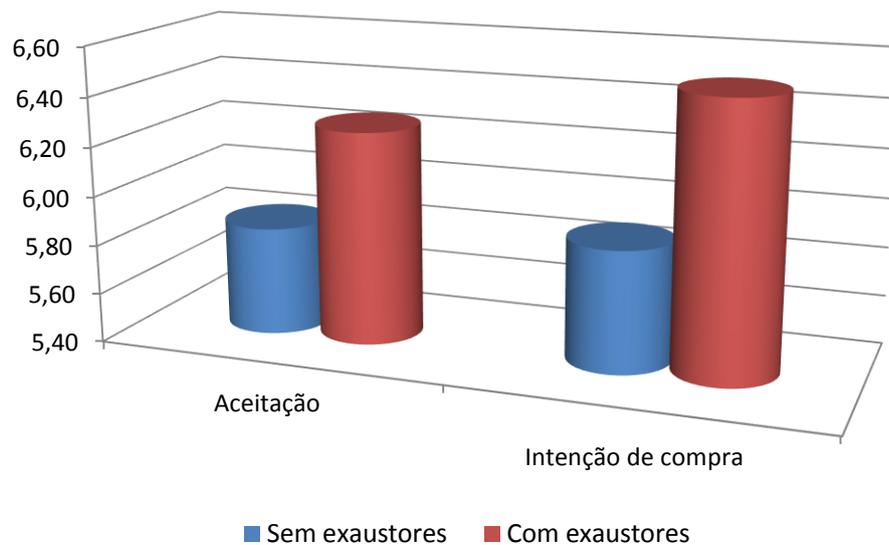


Figura 09 – Aceitação e intenção de compra em grãos de arroz armazenados em silos metálicos dotados ou não de exaustores eólicos complementares.

Os resultados referentes aos atributos sensoriais receberam as seguintes classificações: arroz armazenado com sistema de exaustão eólica complementar – cor típica de branco, brilho típico de branco, odor típico de branco, pouco soltos, sabor típico de branco e firmeza típico de branco. Já para o arroz armazenado sem sistema de exaustão eólica complementar – cor típica de branco, pouco brilhoso, odor, soltabilidade e sabor típicos de branco e grãos firmes mastigáveis.

O atributo cor os avaliadores perceberam diferenças visuais na coloração dos grãos, porém tanto os grãos armazenados com a utilização de exaustores quando os que não enquadrados na coloração branca típica. Este resultados mostram ainda que estes resultados estão de acordo com os verificados na tendência de redução da brancura dos grãos verificada na figura 07. As diferenças visuais no brilho dos grãos cozidos também foram percebidas, mostrando tendência a típico de branco quando armazenado com utilização dos exaustores e pouco brilhoso quando armazenado sem exaustores. A maior perda de brilho verificada nos grãos armazenados em condições sem exaustor, pode indicar um maior consumo de reservas, devido principalmente as atividades metabólicas dos grãos, que torna o grão mais poroso promovendo uma maior opacidade. Os julgadores perceberam que o odor dos grãos cozidos foi tipicamente de branco e tendeu ao branco típico para grãos armazenados com exaustores eólicos complementares e sem estes respectivamente.

A soltabilidade dos grãos cozidos foi percebida como grãos pouco soltos e típica de branco para grãos armazenados com exaustores eólicos complementares e sem estes respectivamente. Ambos os grãos armazenados com e sem exaustores eólicos complementares foram julgados com tendência a ter o sabor típico de branco. Os julgadores perceberam a firmeza dos grãos armazenados com sistema de exaustão complementar como típica de branco, enquanto os que foram armazenados sem o sistema de exaustão foram julgados como grãos firmes mastigáveis. Estes resultados mostram relação entre si já grãos mais soltos tendem a serem mais firmes, o que pode ser confirmado ainda pela maior dureza verificada em grãos armazenados em silos não equipados com exaustores.

Conforme observação das figuras 08 e 09, é possível verificar que embora alguns os atributos da análise sensorial de arroz armazenado com e sem exaustão complementar tenham apresentado resultados diferentes, durante a entrevista de intenção de compra, apesar de o arroz armazenado com exaustores complementares ter um pouco mais de aceitação e intenção de compra, os julgadores, provavelmente

comprariam ambos os produtos, o que significa que além de todos os benefícios que o uso do sistema de exaustão eólica complementar à aeração traz durante o armazenamento, ele ainda mantém as características sensoriais do arroz armazenado durante nove meses, fazendo com que o arroz armazenado com este sistema tivesse maior aceitação e intenção de compra pelos julgadores.

Os dados sensoriais nas figuras 08 e 09 são resultantes de uma técnica capaz de gerar informações precisas e reprodutíveis, importantes para a indústria, comércio e os consumidores, pois recaem sobre importantes decisões, relativas ao controle de qualidade, modificações e padronizações de métodos, entre outros, sendo uma ferramenta básica para a aplicação na indústria de alimentos (MORALES, 1999; MUNÓZ; CIVILLE; CARR, 1992).

5 CONCLUSÕES

O uso de sistema de exaustão eólica complementar para o armazenamento de arroz em silos metálicos reduz a perda de matéria seca (peso volumétrico), a quantidade de energia necessária para aeração de manutenção, o endurecimento do grãos (dureza), o desenvolvimento de grãos manchados e o escurecimento dos grãos (valor do parâmetro L^*), e preserva as propriedades térmicas, a viscosidade final e o rendimento de grãos inteiros, a utilização de exaustores não afeta a temperatura inicial, a temperatura de pico e a umidade dos grãos, porém aumenta as oscilações de umidade;

O aumento do tempo de armazenamento reduz o peso volumétrico, o índice de brancura, os rendimentos volumétrico e gravimétrico, o rendimento de inteiros após o 3º mês, da retrogradação, e aumenta o índice grãos manchados e amarelos, o escurecimento, a dureza dos grãos, a T_p , a T_c , a entalpia, a temperatura de pasta, o pico de viscosidade, a quebra de viscosidade e viscosidade final e o tempo de aeração de manutenção necessário;

O emprego de sistema de exaustão eólica nos silos durante o armazenamento dos grãos preserva o brilho, a cor, a firmeza e a soltabilidade dos grãos cozidos aumentando assim a aceitação e a intenção de compra dos consumidores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO, G. W.; ELIAS, M.C. **A Parboilização do Arroz**. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor, 2005. v. 1. 160 p.
- AMATO, G.W.; CARVALHO, J.L.V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz Parboilizado: Tecnologia Limpa, Produto Nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002, 240p.
- ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **Moisture measurement- unground grain and seeds**. In: Standards, 2000.St. Joseph: ASAE, 2000.p. 563.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, 2009. 346 p.
- BRASIL. **Regulamento Técnico do Arroz**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Brasília, 2012.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. In: Acompanhamento de safra brasileira: **Grãos, quarto levantamento, janeiro/2014** / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2014.
- DANIELS, M. J., MARKS, B. P., SIEBENMORGEN, T. J., MCNEW, R. W., MEULLENET, J. F. Effects of Long-Grain Rough Rice Storage History on End-Use Quality. **ENGINEERING / PROCESSING MS** 3437 v. 63, n. 5, p. 1–4, 1998.
- DENARDIN, C.C.; WALTER, M.; SILVA, L.P. Influência do beneficiamento na composição nutricional em farelo de arroz. II SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ. **Anais**. Pelotas: Abrapós, 2005, 660p.
- ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 367p.
- ELIAS, M.C. OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L.; PARAGINSKI, R.T.; CASARIL, J. Manejo tecnológico na pós-colheita e inovações na conservação de grãos de arroz. In: ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L. (Org.). **Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo**. 1ed.Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 2012, p. 21-42.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; PARAGINSKI, R. T.; VANIER, N. L.; SILVA, W. S. V.; DIAS, A. R. G. Manejo técnico e operacional do armazenamento e da conservação de grãos. In: ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; PARAGINSKI, R.T.. (Org.). **Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil**, 2ed. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2013, p. 147-206.

FAGUNDES, C. A. A.; ELIAS, M. C.; BARBOSA, F. F.; **Desempenho industrial de arroz secado com ar aquecido por queima de lenha e glp**. Revista Brasileira de Armazenamento, v. 30, p. 8-15, 2005.

FAOSTAT, 2014. Crop Production Data. **Food and Agriculture Organization of The United Nations**, Rome, Italy. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em Janeiro de 2014.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação. 2004. 899p.

GONÇALVES, P.R.; ELIAS, M.C.; RODRIGUES, M.R.A.; CHAGAS, C.D.; BRISOLARA, G.F.; ZIEMERMAN, M.A. Perfil cromatográfico dos ácidos graxos em arroz. II SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 2005, Pelotas, **Anais...** Abrapós, 2005.

GOOD, H. Measurement of color in cereal products. **Cereal Foods World**, 4, 5–6. 2002.

GULARTE, M.A. **Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz**. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2005.

GWINNER, J. RÜDIGER, H.; MÜCK, O. **Manual sobre prevenção das perdas de grãos no pós-colheita**. Projeto de proteção dos produtos armazenados do Ministério Federal da Cooperação Econômica e de Desenvolvimento (BMZ) da República Federal da Alemanha. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn - FRG, 1997. 143p

HAMAKER, B. R., SIEBENMORGEN, T. J., DILDAY, R. H. Aging of rice in the first six months after harvest. **Farm Research** 42, 8-9, 1993.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. **Seed Science & Technologie.**, v.1, n.2, p. 453-61, 1973.

HELBIG, E.; DIAS, A.R.G.; TAVARES, R.A.; SCHIRMER, M.A.; ELIAS, M.C. Arroz parboilizado: efeito na glicemia de ratos Wistar. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. V. 58, p. 149 – 155, 2008

HOSENEY, R.C. **Princípios de ciencia y tecnología de los cereales**. Editoria Acribia, S.A. Zaragoza. España, 1991. 320p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). World rice statistics, selected year, 2011. Disponível em <http://ricestat.irri.org:8080/wrs/>. Acesso em 20 de janeiro de 2014.

ITO, A.P.; AMENDOLA, M.; PARK, K.J. Determinação da condutibilidade térmica de grãos de soja. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v.5, p.76-81, 2003.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). Rice: chemistry and technology. Minnesota, USA: **American Association of Cereal Chemists** Cap.2, p.17-57, 1985.

JULIANO, B. O., PEREZ, C. M., ALYO-SHIN, E. P., ROMANOV, V. B., BLAKENEY, A. B., WELSH, L. A. International cooperative test on texture of cooked rice. **Journal of Texture Studies** 15, 357–376, 1984.

KALIYAN, N., MOREY, R. V., WILCKE, W. F., CARRILLO, M. A., CANNON, C. A. Low-temperature aeration to control Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner), in stored grain in twelve locations in the United States: a simulation study. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 2, p. 177–192, jan. 2007.

LAMBERTS, L.; BRIJS, I. R.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**. V. 110 p. 916–922, 2008

LASSERAN, J. C. Princípios gerais da secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**. v.1, N.3, p.17-46, 1978.

LOPES, D. C., MARTINS, J. H., FILHO, A. F. Aeration strategy for controlling grain storage based on simulation and on real data acquisition. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 63, n. 2, p. 140–146, 2008.

LORINI, I.; FRANCISCO CARLOS KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Informativo Abrates**, v. 19, p. 21-28, 2009.

MAIER, D. E., BAKKER-ARKEMA, F. W., ILANGATILEKE S. G. Ambient and chilled paddy aeration under Thai condition. *Agricultural Engineering Journal* 2, 15–33, 1993.

MAIER, D. E. Chilled Air Grain Concitioning and Pest Management. **Association of Operative Millers – Bulletin**, Salt Lake City, Utah, p. 6655-6663, dec. 1995.

MARTINEZ, C. e CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia de estudo**. Cali: CIAT, 1989, 75p.

MENEGHETTI, V. L. PARÂMETROS INDUSTRIAIS E QUALIDADE DE CONSUMO DO ARROZ NA SECAGEM E NO ARMAZENAMENTO. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MEULLENET, J-F., J. A. CARPENTER, B. G. LYON e C. E. LYON. Bi-cyclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**. 28:101-118, 1997.

MEULLENET, J. F. C., MARKS, B. P., HANKINS, J. A., GRIFFIN, V. K., DANEILS, M. J. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. **Cereal Chemistry** 77, 259–263, 2000.

MORALES, H.R. Evaluation de La análisis sensorial. In: **Simposium Iberoamericano de Análisis Sensorial**, 1999, Santa Fé. Resumos. Santa Fé, México: Universidad Iberoamericana, 1999.

MORÁS, A. **Terra de diatomácea no controle de pragas de arroz armazenado e seu efeito nas características de consumo**. 2005. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MUIR, W. E., WHITE, N. D. G. Microorganisms in stored grain. In: Muir,W.E. (Ed.), **Grain Preservation Biosystems**. Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada, 28-42, 2001.

MUNÕZ, A. M.; CIVILLE, C.V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240p.

NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. New York: crc press, 2002. 647 p.

NOOMHORM, A., KONGSEREE, N., APINTANAPONG, N. Effect of aging on the quality of glutinous rice crackers. **Cereal Chemistry** 74, 12–15, 1997.

PARK, J. K., KIM, S. S., KIM, K. O. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. **Cereal Chemistry** 78, 151–156, 2001.

PARK, C.-E., PARK, C.-E., KIM, Y.-S., PARK, K.-J., KIM, B.-K. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 25–29, jan. 2012.

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

RANALLI, R. P.; HOWELL, T. a.; SIEBENMORGEN, T. J. Effects of Controlled Ambient Aeration on Rice Quality During On-Farm Storage. **Cereal Chemistry**, v. 80, n. 1, p. 9–12, 2003.

REDDY, K. R. N.; REDDY, C. S.; MURALIDHARAN, K. Detection of *Aspergillus spp.* and aflatoxin B 1 in rice in India. **Food Microbiology**, v. 26, n. 1, p. 27–31, 2009.

RESENDE, O.; CORREA, P.C.; GONELLI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Propriedades físicas de feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.225-230, 2008.

RHIM et al. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. **Journal of Food Science** 54, 776-7, 1989.

SANTOS, G. L. **Manejo térmico no tempo de secagem, na eficiência energética e nas características industriais e de consumo do arroz**. 2004. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SANTOS, S.B., MARTINS, M.A., D'ANTONINO FARONI, L.R., JUNIOR, V.R., DHINGRA, O.D. Quality of maize grains treated with allyl isothiocyanate stored in hermetic bags. **Journal of Stored Products Research** 46, 111–117, 2010.

SCOLARI, D. D. G.. **Inovação tecnológica e desenvolvimento do agronegócio**. Revista de Política Agrícola, v. 4, p. 10-11, 2006.

SODHI, N. S., SINGH, N., ARORA, M., SING, J. Changes in physicochemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. **Journal of Food Processing and Preservation** 27, 387-400, 2003.

SOWBHAGYA, C. M., BHATTACHARAYA, K. R. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. **Journal of Cereal Science** 34, 115–124, 2001.

SPEIJERS, G. J. A., SPEIJERS, M. H. M. Combined toxic effects of mycotoxins. **Toxicology Letters** 153 (1), 91–98, 2004.

TALBOT, M.T. Management of stored grains with aeration. In: Circular 1104. Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. , 1999.

TANANUWONG, K.; MALILA, Y. Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. **Food Chemistry**, v. 125, n. 1, p. 179–185, mar. 2011.

TSUGITA, T., OHTA, T., KATO, H. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. **Agricultural and Biological Chemistry** 47, 543–549, 1983.

VILLAREAL, R. M., RESURRECCION, A. P., SUZUKI, L. B., JULIANO, B. O. Changes in the physiochemical properties of rice during storage. **Starch** 28, 88-94, 1976.

WONGPORNCHAI, S., DUMRI K., JONGKAEWWATTANA, B.S. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. **Food Chemistry**, v. 87, n. 3, p. 407–414, set. 2004.

YADAV, B. K.; JINDAL, V. K. Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 1, p. 113–121, maio 2008.

ZANÃO, C. F. P., CANNIATTI-BRAZACA, S. G. C.; PIVA, C. P.; ARTHUR, V.; SARMENTO, S. B. S. Avaliação das características nutricionais do arroz comum (*Oryza Sativa* L.) Irradiado. II CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ E VIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: - RENAPA, 2006. 1 CD ROM

ZHOU, Z., ROBARDS, K., HELLIWELL, S., BLANCHARD, C. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. **Food Research International**, v. 36, n. 6, p. 625–634, jan. 2003.