

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**



**Tese**

**EFEITOS DO RESFRIAMENTO ARTIFICIAL NO ARMAZENAMENTO**  
**SOBRE PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE**  
**INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ**

**RAFAEL DE ALMEIDA SCHIAVON**  
Engenheiro Agrônomo, M. Sc.

**PELOTAS**  
Rio Grande do Sul - Brasil  
2012



**RAFAEL DE ALMEIDA SCHIAVON**  
Engenheiro Agrônomo, M. Sc.

**EFEITOS DO RESFRIAMENTO ARTIFICIAL NO ARMAZENAMENTO  
SOBRE PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE  
INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ**

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

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

**Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias**

**Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias**

**Prof. Dr. Mauricio de Oliveira**

**PELOTAS**  
**Rio Grande do Sul - Brasil**  
**2012**

Dados de catalogação na fonte:

Maria Beatriz Vaghetti Vieira – CRB-10/1032  
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

S329e

Schiavon, Rafael de Almeida

Efeitos do resfriamento artificial no armazenamento sobre os parâmetros de avaliação de qualidade industrial de grãos de arroz / Rafael de Almeida Schiavon. – 82 f. : il. color. – Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, 2012. – Orientador Moacir Cardoso Elias; co-orientador Mauricio de Oliveira e Alvaro Renato Guerra Dias.

1.Arroz. 2.Resfriamento artificial. 3.Umidade inicial. 4.Agronomia. I.Elias, Moacir Cardoso. II. Oliveira, Mauricio de. III. Dias, Alvaro Renato Guerra. IV. Título.

CDD: 633.18

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer – DCTA – FAEM – UFPEL

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

Prof. Dr. Jander Luis Fernandes Monks – IFSul – Pelotas

Dr. Wilner Brod Peres – DCTA – FAEM – UFPEL

À Fernanda, minha esposa e  
amor da minha vida, e aos meus  
pais, Davi e Gilma

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Moacir Cardoso Elias, pela orientação, pelo incentivo e, principalmente, pela compreensão e amizade demonstradas a todo momento.

Aos professores Álvaro Renato Guerra Dias e Mauricio de Oliveira, pelo auxílio e pela orientação dedicada.

Ao professor Manoel Artigas Schirmer e a todos os professores do PPGCTA, pelos conhecimentos sempre compartilhados.

A todos os colegas, bolsistas, estagiários e pós-graduandos do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, em especial Ricardo Tadeu Paraginski, Nathan Levien Vanier, Flávia Fernandes Paiva, Vânia Zanella Pinto, Bruna Arns, Bruna Klein, Jardel Casaril, Joana Souza, Diego Batista Zeni e Daniel Rutz, por me suportarem e sempre estarem dispostos a ajudar, e também pela convivência que passamos nestes anos, e pelos vários ensinamentos e auxílios prestados.

Ao DCTA-FAEM-UFPEL, à CAPES e ao Pólo de Alimentos, pelo apoio material e financeiro, e às empresas Cool Seed Ltda e Refrigeração Silveira, pela cedência de parte das câmaras de resfriamento para o experimento.

À Fernanda, minha esposa, amiga e sempre companheira, pela compreensão, ajuda e pelas palavras de incentivo em todos os momentos. Eu te amo.

Aos meus pais, Davi e Gilma, por todos os ensinamentos de vida que fizeram com que eu chegasse onde hoje estou, e às minhas irmãs, Greice e Amanda, e ao meu primo, quase irmão, Jone, pela fraternidade e pelo carinho.

A DEUS, nosso Senhor Jesus Cristo, e aos santos a quem posso sempre pedir ajuda e que sempre me iluminaram para que eu superasse todos os meus desafios.

“É na experiência da vida  
que o homem evolui”  
Harvey Spencer Lewis

## RESUMO

SCHIAVON, RAFAEL de ALMEIDA. **EFEITOS DO RESFRIAMENTO ARTIFICIAL NO ARMAZENAMENTO SOBRE PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ.** 2012. 91f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Assim como cresce anualmente a produção do arroz, cresce também a exigência dos consumidores por um produto de qualidade, e isso estimula a introdução de novas tecnologias para manter a qualidade dos grãos por tempo maior, como o uso de baixas temperaturas no armazenamento dos grãos. Visou-se, com o trabalho, buscar respostas científicas e tecnológicas associadas a esta tecnologia. Nele foram estudados efeitos do resfriamento no armazenamento de arroz, avaliando quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C) em comparação com a temperatura ambiental (24°C), durante um ano, em grãos com 15 e 12% de umidade. Foram realizadas quatro avaliações (1°, 4°, 8° e 12° mês) , com análises de desempenho industrial, parâmetros de cor, de cocção, perfil texturométrico, atributos sensoriais e propriedades físico-químicas dos grãos. Concluiu-se que: (a) resfriamento de grãos secos (12% de umidade inicial) para temperaturas de 16°C ou menores preserva a conservabilidade, as propriedades tecnológicas, o desempenho industrial, os parâmetros de cocção e os atributos sensoriais do arroz em pelo menos um ano de armazenamento; (b) resfriamento de grãos semi-secos (15% de umidade inicial) para temperaturas de 16°C ou menores preserva a conservabilidade, as propriedades tecnológicas, o desempenho industrial, os parâmetros de cocção e os atributos sensoriais do arroz por até quatro meses de armazenamento.

**Palavra-chave:** arroz, resfriamento, armazenamento, qualidade e umidade.

## ABSTRACT

SCHIAVON, RAFAEL de ALMEIDA. **COOLING EFFECTS OF ARTIFICIAL IN STORAGE ON PARAMETERS OF QUALITY ASSESSMENT OF INDUSTRIAL GRAIN RICE.** 2012. 93f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

As grows yearly rice production, also grows the consumer demand for a quality product, and that encourages the introduction of new technologies to maintain grain quality for longer, as the use of low temperatures in grain storage. Aimed up with the job, seek answers science and technology associated with this technology. In it we studied the effects of cooling storage rice, evaluating four cooling temperatures (20, 16, 12 and 8 °C) compared to ambient temperature (24 °C) for one year, with 15 grains and 12% moisture. There were four reviews (1, 4, 8 and 12 °month), with analysis of industrial performance, color parameters, cooking, profile texturométrico, sensory attributes and physicochemical properties of the grains. It was concluded that: (a) cooling of dry grains (12% of water content) for temperatures of 16 °C or less preserves conservability, the technological, industrial performance, the parameters of the sensory attributes and cooking rice in at least a year of storage, (b) cooling the grain semi-dried (15% water content) to temperatures of 16 °C or lower conservability preserving the technological properties, industrial performance parameters and attributes cooking sensory in rice for up to four months of storage.

**Keyword:** rice, cooling, storage, quality and moisture initial

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática do grânulo de amido .....	22
Figura 2. Organização das regiões amorfas e cristalinas do amido .....	22
Figura 3. Silo-secador .....	29
Figura 4. Câmara de armazenamento.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Umidade (%) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	39
Tabela 2. Umidade (%) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	40
Tabela 3. Massa específica de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	40
Tabela 4. Massa específica de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	41
Tabela 5. Massa de mil grãos (g) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	42
Tabela 6. Massa de mil grãos (g) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro de resfriamento .....	42
Tabela 7. Percentagem de grãos inteiros arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	43
Tabela 8. Percentagem de grãos inteiros de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	43
Tabela 9. Percentagem de defeitos totais em grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	44
Tabela 35. Adesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	58
Tabela 36. Adesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	58
Tabela 37. Coesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	58

Tabela 38. Coesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	59
Tabela 39. Elasticidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	60
Tabela 40. Elasticidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	60
Tabela 41. Gomosidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	61
Tabela 42. Gomosidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	61
Tabela 43. Mastigabilidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	61
Tabela 44. Mastigabilidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	62
Tabela 45. Atributos sensoriais (cor, brilho e odor) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	63
Tabela 46. Atributos sensoriais (cor, brilho e odor) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	64
Tabela 47. Atributos sensoriais (soltabilidade, sabor e firmeza) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	65
Tabela 48. Atributos sensoriais (soltabilidade, sabor e firmeza) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	66
Tabela 49. Pico de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	67
Tabela 50. Pico de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	67
Tabela 51. Quebra de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	68

Tabela 52. Quebra de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	68
Tabela 53. Viscosidade final dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	69
Tabela 54. Viscosidade final dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	69
Tabela 55. Retrogradação dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	70
Tabela 56. Retrogradação dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	70
Tabela 57. Temperatura de pasta dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	71
Tabela 58. Temperatura de pasta dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	71
Tabela 59. Propriedades térmicas (DSC) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	72
Tabela 60. Propriedades térmicas (DSC) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento .....	73

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS .....	11
LISTA DE TABELAS .....	12
1 INTRODUÇÃO .....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Material .....	28
3.2 Métodos .....	30
3.2.2 Avaliações.....	31
3.2.2.1 Caracterização da amostra .....	31
3.2.2.1.1 Umidade.....	31
3.2.2.1.2 Proteína bruta .....	31
3.2.2.1.3 Extrato etéreo.....	31
3.2.2.1.4 Conteúdo de minerais ou cinzas.....	31
3.2.2.1.5 Acidez do extrato etéreo .....	32
3.2.2.2 Peso volumétrico ou massa específica.....	32
3.2.2.3 Peso de mil grãos .....	32
3.2.2.4 Desempenho industrial .....	32
3.2.2.5 Perfil colorimétrico.....	33
3.2.2.6 Parâmetros de cocção .....	34
3.2.2.7 Perfil textuométrico .....	36
3.2.2.8 Atributos sensoriais.....	37
3.2.2.9 Propriedades viscoamilográficas.....	37
3.2.2.10 Propriedades térmicas .....	38
3.2.2.11 Análise estatística .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39

5. CONCLUSÕES .....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é um cereal de suma importância no mundo, sendo consumido por mais de 90% da população Brasileira. É cereal básico da dieta humana, por ser uma boa fonte de carboidratos. Constitui, juntamente com o feijão, a dobradinha que está presente na mesa dos brasileiros, pois juntos proporcionam um bom balanceamento dos aminoácidos essenciais lisina e metionina. Representa aproximadamente 20% da ingestão mundial de energia e 15% do aporte de proteína.

Este cereal é, portanto, alimento de extrema importância para a segurança alimentar da população mundial e, em função disso, aspectos relacionados à sua produção e ao seu consumo devem ser continuamente monitorados e avaliados em profundidade, para que o seu suprimento seja garantido.

Apesar de ser considerado um alimento importante na alimentação humana, o cereal ainda é pouco reconhecido pelas suas características funcionais, ou seja, por também ter a capacidade de prevenir doenças, auxiliar no tratamento de muitas delas e até de curar, em função dos componentes que possui (HELBIG et al., 2008).

No Brasil, a área cultivada com arroz se aproxima de 3,2 milhões de hectares, com produção em torno de 12,6 milhões de toneladas. O Rio Grande do Sul, Estado de maior produção, colhe anualmente cerca de seis milhões de toneladas (CONAB, 2012; IRGA, 2012).

O incremento na produtividade, devido ao desenvolvimento de novas cultivares, juntamente com boas práticas de manejo na lavoura e melhorias técnicas na pós-colheita vem cada vez mais agregando qualidade aos grãos produzidos, uma vez que parâmetros como desempenho industrial e qualidade culinária, realizados logo após a colheita, passam a ter grande importância.

O preço recebido pelos produtores na comercialização depende, dentre diversos fatores, da qualidade física dos grãos após o beneficiamento, onde os grãos são descascados e, na maioria dos casos, polidos. A análise da qualidade de

grãos é baseada no resultado de uma série de testes específicos, diretos ou indiretos, que, em conjunto, servem como indicadores da qualidade de um determinado genótipo que esteja sendo desenvolvido.

Atualmente, no Rio Grande do Sul, não só parâmetros físicos vêm sendo considerados no momento da comercialização. Também características associadas ao desempenho culinário, teor de amilose, temperatura de gelatinização, propriedades nutricionais e características sensoriais (odor, sabor, maciez, etc.) estão sendo levadas em consideração por algumas empresas.

O aprimoramento nos processos agroindustriais têm se intensificado objetivando preservar a qualidade dos alimentos e aperfeiçoar o setor. No preparo da matéria-prima para o beneficiamento, os efeitos dos métodos aplicados podem ser transmitidos ao produto final e influenciar no comportamento tecnológico do alimento.

Nos últimos anos, o armazenamento vem ganhando novas perspectivas de inovações, como o acondicionamento dos grãos em locais onde possa haver controle de temperatura, ou uso de resfriamento, por insuflação, pela aeração dos silos e graneleiros, de ar frio, através de equipamentos que possibilitam o controle não somente da temperatura do ar, mas também da umidade do mesmo.

O objetivo do armazenamento é a manutenção da qualidade do produto e isto é cada vez mais relevante devido à exigência do consumidor ser cada vez maior, porém com a produção aumentando a cada ano não se possui capacidade de secagem que possa suportar tal produção. A técnica do resfriamento pode ser utilizada não apenas no armazenamento de grãos secos, mas também como forma de conservá-los enquanto esperam a secagem, dinamizando a operação de recepção de arroz e com isto secando maior quantidade no mesmo equipamento, mas a bibliografia não registra muitas referências sobre a influência desses métodos sobre a qualidade dos grãos.

Objetivou-se estudar efeitos do resfriamento e da umidade dos grãos no armazenamento sobre a qualidade industrial, tecnológica e de conservação do arroz, de modo a ampliar para a cadeia produtiva do cereal o conhecimento e tecnologia já em uso para armazenamento de outras espécies.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Produção de arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. É importante fonte de calorias na alimentação humana, além de contribuir significativamente no suprimento das necessidades de alguns minerais da dieta (WALTER et al., 2008). Além de fornecer um excelente balanceamento nutricional, é uma cultura bastante rústica, o que a faz também ser considerada a espécie de maior potencial de aumento na produção para combate a fome no mundo (GOMES et al., 2004).

O Brasil, cuja média produção de arroz das duas últimas safras ultrapassa doze milhões de toneladas por safra, é um dos dez maiores produtores mundiais e o maior da América do Sul, sendo que, na região Sul concentra-se mais de 70% da produção nacional (IBGE, 2012).

O agronegócio do arroz no Rio Grande do Sul envolve anualmente a produção superior a 8 milhões de toneladas, sendo considerada estabilizadora da safra nacional, responsável por mais de 60% da produção brasileira, a maior entre os Estados da Federação. Esta produção representa R\$ 2,9 bilhões ao ano no PIB (Produto Interno Bruto), gerando 232 mil empregos diretos e indiretos no Estado (IRGA, 2012). O país tem apresentado um grande desempenho nas exportações de produtos do agronegócio e conquistado novos mercados em diferentes partes do mundo (SCOLARI, 2006).

O consumo *per capita* de arroz no Brasil é muito superiores aos demais países ocidentais, havendo acentuada redução no consumo devido ao processo de ocidentalização dos hábitos alimentares da população (FAO, 2009).

Segundo FAO (2009), o consumo *per capita* de arroz beneficiado no Brasil teve uma redução de aproximadamente 14% nos últimos 20 anos, o que corresponde a 5,7 Kg.(hab.ano)<sup>-1</sup>. Valor este considerado relativamente alto quando comparado ao consumo per capita dos países desenvolvidos.

## **2.2 Composição e aspectos nutricionais do arroz**

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

O arroz pode ser utilizado para consumo humano sob diversas formas: arroz polido, parboilizado e integral; óleo e farinha de arroz, entre outros. Grande parte do arroz polido é consumida diretamente após cozimento, mas uma parte significativamente crescente tem sido usada industrialmente na produção de farinha de arroz que é, posteriormente, utilizada como componente de géis, pudins, sorvetes e outros produtos similares devido às suas propriedades nutricionais, sua hipoalergenicidade, por apresentar sabor agradável e não interferir na cor do produto final (SHIH e DAIGLE, 2000).

Essas propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais são de grande interesse na formulação de novos produtos com características especiais (NABESHIMA e EL-DASH, 2004; NAVES, 2007).

As condições de pré-armazenamento, de armazenamento, da variedade e do sistema de beneficiamento podem influenciar na composição química do arroz (AMATO e 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 (DENARDIN et al., 2004)

As vitaminas e os minerais deste cereal estão concentrados nas camadas superficiais da cariopse e no germe. A remoção destes durante o processo de beneficiamento causa uma grande redução do seu valor nutricional (AMATO et al., 2002). Os principais constituintes do arroz são os carboidratos e estes são representados basicamente pelo amido (VANDEPUTTE e DELCOUR, 2004), correspondendo a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, estando presente principalmente no endosperma (BAO et al., 2004). 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 et al., 2005; ZANÃO et al., 2006; LAMBERTS et al., 2008).

O conteúdo protéico do arroz oscila entre 5% e 13%, dependendo principalmente das diferenças varietais (KENNEDY e BURLINGAME, 2003), havendo redução neste teor à medida que são retiradas as camadas superficiais do grão, pois o teor de proteínas diminui progressivamente da periferia para o interior da cariopse (GOMES e MAGALHÃES, 2004).

O arroz polido possui baixo conteúdo de lipídios (menos de 1%). No entanto, o grão integral pode conter até 3%, pois cerca de 80% dos lipídios do grão se encontram em suas camadas periféricas (ZHOU et al., 2010). Quantitativamente, os principais ácidos graxos no óleo de arroz são oléico, linoléico e palmítico, representando cerca de 43, 36 e 14% do total, nesta ordem (GONÇALVES, 2005).

A maioria das fibras do grão de arroz é perdida no processo de polimento. Os polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrintestinal, como celulose, hemiceluloses, amido resistente e pectinas, fazem parte da fração fibra alimentar, que pode ser dividida em solúvel e insolúvel. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro (WALTER et al., 2008).

### **2.3 O Amido**

O amido, constituinte majoritário dos carboidratos do grão de arroz, é constituído majoritariamente por amido, o qual se apresenta em forma de grânulos com tamanho variável, são compostos pelas macromoléculas amilose e amilopectina. O teor de amilose constitui uma variável de grande interesse no processamento e tecnologia do arroz, sendo maior determinante da capacidade de aglutinação dos grãos (KENNEDY e BURLINGAME, 2003; NAVES, 2007).

Os grânulos do amido de arroz são pequenos, variando de 2 a 10 µm. Sua estrutura apresenta formato dodecaedro pentagonal, o qual pode ser devido à compressão do grânulo durante o desenvolvimento do grão (NABESHIMA e EL-DASH, 2004). Os grânulos são estruturas semicristalinas compostas de macromoléculas ramificadas e lineares arranjadas na direção radial, que formam pontes de hidrogênio por estarem associadas paralelamente, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas (GALLANT et al. 1997).

A proporção de amilose e amilopectina, e suas estruturas moleculares, diferenciam os amidos de origens botânicas distintas, cultivares e diferentes condições de cultivo (KITAHARA e COPELAND, 2004). A estrutura e a organização do grânulo são visualizadas na Figura 1 e 2.

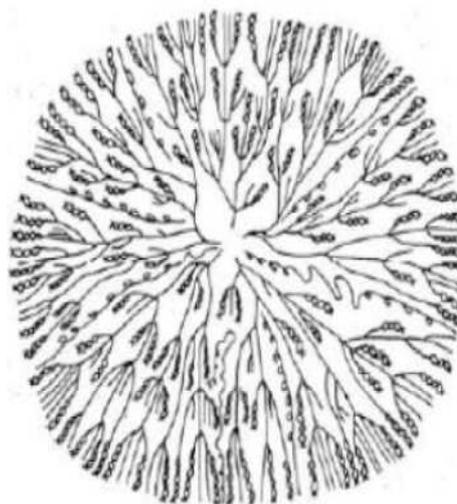


Figura 1. Representação esquemática do grânulo de amido  
Fonte: Lineback (1986) apud Matsugma (2006).

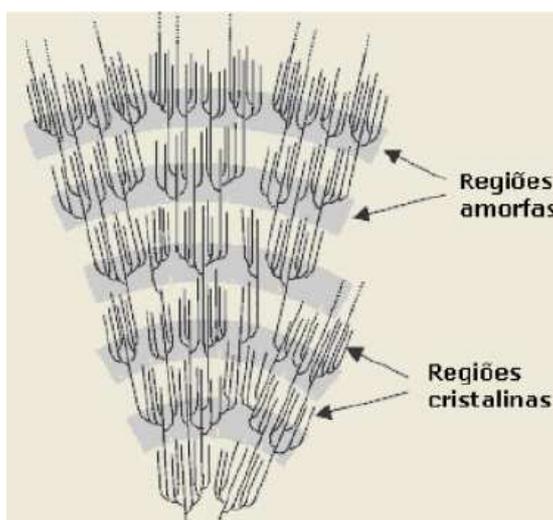


Figura 2. Organização das regiões amorfas e cristalinas do amido  
Fonte: LSBU (2009).

A quantidade de amido no grão de arroz pode variar entre diferentes cultivares devido a fatores genéticos e ambientais. Storck et al. (2005) encontraram valores entre 82 e 85% (b.s) de amido disponível em grãos de diferentes cultivares. O amido de arroz pode apresentar diferentes quantidades de amilose, variando entre 1% a 37% e classifica-se em quatro grupos: baixo teor de amilose (12-20%),

conteúdo intermediário de amilose (20-25%), alto teor de amilose (>25%) e ceroso (pouco a nenhum teor de amilose) (TECHAWIPHARAT et al., 2008). Cultivares com baixo teor de amilose apresentam grãos glutinosos e pegajosos no cozimento; com alto teor, apresentam grãos secos, soltos e mais duros, e com teor intermediário possuem grãos soltos e macios (PEREIRA e RANGEL, 2001).

## **2.4 Secagem**

A secagem do arroz é utilizada como um dos principais métodos de conservação dos grãos. Entretanto, com o incremento na produtividade, devido à implantação de tecnologias na área de produção, este incremento não é similar na pós-colheita, o que ocasiona gargalos ou pontos de estrangulamento no fluxo das etapas de recepção e secagem dos grãos. Isso, além de reduzir a cadência operacional, provoca redução na qualidade dos grãos, em consequência dos elevados graus de umidade e impurezas que contêm quando da colheita mecanizada, que é a mais utilizada (ELIAS, 2007).

Pode-se conceber a secagem como um processo de transferência simultânea de calor e de massa. O ar, ao mesmo tempo em que fornece calor ao sistema, retira água do produto na forma de vapor. O gasto de energia provocado pela evaporação da água é acompanhado por um resfriamento do ar. Contudo, o ar absorve em forma de vapor o que perdeu sob a forma de calor, caracterizando um processo isoentálpico. Grãos são produtos higroscópicos e, como tais, sofrem variações no seu conteúdo de água, de acordo com as condições do ar que os rodeia (SANTOS, 2004; ELIAS, 2008).

A secagem artificial é realizada em estruturas específicas construídas para esse fim, sendo o ar forçado a passar pela massa de grãos, proporcionando assim a secagem de grandes quantidades de grãos em curtos espaços de tempo, independentemente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (AOSANI, 2007). O processo pode ser estacionário (com ar em fluxo axial ou radial), convencional (contínuo ou intermitente) ou misto (seca-aeração). Para médias e grande quantidades é mais utilizado o método intermitente (ELIAS, 2008).

Os principais fatores que afetam o desempenho de secagem são as condições ambientais, a umidade dos grãos e as condições operacionais, como fluxo e temperatura do ar. O clima determina a época e o grau de umidade esperada

na colheita, que varia de região para região. A umidade inicial dos grãos tem um efeito significativo no desempenho do secador, não só na operação do equipamento, mas também no consumo de energia, e na qualidade dos grãos, mas também nos custos operacionais.

A etapa de secagem (parcial) dos grãos de 22 para 15% de umidade é mais fácil e corresponde aproximadamente ao mesmo gasto energético e de tempo para secar os grãos de 15 para 12% de umidade, (secagem final), sendo este fato que leva à utilização de técnicas de resfriamento para armazenar os grãos parcialmente secos em temperaturas mais baixas (ELIAS et al., 2010).

## **2.5 Armazenamento**

Os grãos possuem baixa capacidade de condutibilidade calorífica, o que significa que as diferenças de temperatura no produto durante o armazenamento só sejam perceptíveis em distâncias curtas e períodos longos. Isto leva a acumulações de calor na massa de grãos, com todas as consequências desvantajosas, como aumento de metabolismos, infestação de insetos e condensação (GWINNER, 1997; LORINI et. al., 2009). A temperatura dos grãos armazenados é um bom índice do seu estado de conservação (PUZZI, 2000).

A aeração é uma técnica que é utilizada para introduzir, através dos ventiladores, o ar na massa de grãos (LASSERAN, 1981). O produto armazenado em baixas temperaturas apresenta menor nível de respiração dos grãos e de organismos associados, minimizando suas atividades biológicas. A temperatura a ser atingida pela massa de grãos é influenciada pela região a qual a unidade armazenadora está localizada (NAVARRO & NOYES, 2002).

A principal causa da deterioração é o aquecimento espontâneo da massa de grãos. Em países da Europa Central e da América do Norte, onde predomina o 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 resfriamento dos grãos reduz as perdas fisiológicas pela respiração intrínseca e mantém sua qualidade, oferecendo proteção contra desenvolvimento de insetos (SANTOS, 2004, LAZARI et al. 2006).

Em climas quentes, temperados ou moderados a aeração com ar natural é recomendável apenas nas regiões mais elevadas, enquanto para aeração nas

demais deve ser utilizado frio artificial. Climas temperados e moderados são os mais apropriados para ventilação usando ar ambiente (NAVARRO e NOYES, 2002).

O resfriamento artificial de grãos surge como uma ferramenta que pode ser utilizada para manutenção da qualidade dos grãos e melhorar o controle das infestações por insetos, em regiões onde, devido ao clima, a aeração com ar natural fica com uso restrito. A baixa temperatura introduzida pelo equipamento vai se manter na massa de grãos por um período prolongado, devido à sua característica de má condutibilidade térmica (ELIAS et al., 2010).

O resfriamento de grãos é uma tecnologia não tradicional, para armazenamento de arroz e outros produtos agrícolas para prevenir o crescimento fúngico e os insetos de produtos armazenados. O grão é resfriado independentemente da temperatura ambiente e das condições de umidade relativa, usando um sistema móvel de refrigeração o qual controla conjuntamente a temperatura e a umidade relativa do ar da aeração (MAIER, 1995).

Grãos armazenados fazem parte de um ecossistema cujos elementos bióticos (insetos, fungos, fermentos e outros) e abióticos (temperatura, umidade, pressão) interagem com os grãos armazenados. A temperatura e a umidade dos grãos são fatores que podem ser controlados, e ambas têm influência direta sobre a ação dos fatores bióticos. A alteração de um fator abiótico ou mais poderá contribuir para promover um melhor controle da ação dos fatores bióticos na massa de grãos armazenados. Os fatores abióticos, como temperatura e umidade dos grãos são elementos determinantes na ocorrência de insetos, fungos e degradação da qualidade do produto durante a etapa de armazenamento (HARA, 2002).

## **2.6 Efeitos na qualidade**

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 et.al., 2005).

Srzednicki et al. (2006) estudaram as diferenças na qualidade de arroz e milho, atribuídos para secagem com aeração com ar ambiente e resfriado, obtendo resultados onde demonstraram que a aeração com ar refrigerado foi a melhor para preservar sua qualidade. Observaram uma redução no tempo de cocção do arroz tratado com ar refrigerado e também verificaram que tanto no arroz como no milho o ar refrigerado foi melhor para preservar a germinação e que este é um forte argumento para uso de ar refrigerado na aeração para conservação de sementes.

Carboidratos são mais afetados pela temperatura de armazenamento e os mecanismos de mudanças que ocorrem durante o armazenamento em temperaturas mais altas são diferentes daqueles que ocorrem nas temperaturas mais baixas (SOWOKINOS et al.1987; KAZAMI et al., 2000). Efeitos da temperatura de armazenamento sobre o número e o tamanho dos grânulos amido, o teor de amilose e a viscosidade foram estudados por Golachowski, (1985), que observou aumento na viscosidade dos amidos armazenados em temperaturas de 8 e 12°C.

A degradação dos lipídios pode ser ocasionada por oxidação e hidrólise. Para Araújo (2006), a oxidação é a principal causa da deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alterando diversas propriedades como sabor, aroma, cor e também valor nutritivo. Tais mudanças podem ter origem na produção, no processamento e no armazenamento do produto, e iniciam na fração lipídica. Em vegetais, a oxidação pode ser acelerada pela enzima lipoxigenase, que catalisa a reação de ácidos insaturados (linoléico, linolênico, araquidônico) com o oxigênio.

Soares et al. (2005) relatam que devido à presença de grande quantidade de antioxidantes, a gordura contida nos grãos inteiros está efetivamente protegida contra os efeitos do oxigênio do ar.

Biaggioni & Barros (2006) estudaram o teste de acidez graxa na avaliação na qualidade do arroz e observaram que em comparação com testes de condutividade elétrica, germinação e envelhecimento precoce, o teste de acidez (ácidos graxos livres) foi o que apresentou maior amplitude de variação nos resultados, diferenciando-se dos demais por se mostrar mais sensível para avaliar a qualidade fisiológica das sementes.

Heinrich (1989) observou que o resfriamento dos grãos pode reduzir a perda de matéria seca em torno de 80 a 90%, em apenas um mês de armazenamento. Um

dos mais sérios danos causados por fungos de armazenamento em grãos é a redução do peso através do consumo da matéria seca. Estas perdas ocorrem em grãos que mantenham umidade favorável ao desenvolvimento dos fungos. Quanto mais elevadas forem a umidade inicial e a temperatura, maior será o consumo de matéria seca pelos fungos no armazenamento.

Park et. al. (2012) observaram que a temperatura de armazenamento também afeta significativamente as propriedades de textura e sensoriais de arroz cozido. Afirma que a temperatura de armazenamento é um importante fator que afeta as propriedades físico-químicas do arroz sendo recomendado armazenamento em temperaturas baixas para manter a qualidade do arroz.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

No experimento foram avaliados efeitos imediatos e latentes do resfriamento artificial nos grãos armazenados, com casca, em duas umidades (12 e 15%), sobre parâmetros de conservabilidade e de avaliação tecnológica no beneficiamento industrial pelo processo convencional de arroz branco, polido.

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**

No experimento foi utilizado arroz da classe grãos longo finos, de alta amilose, produzido em sistema irrigado na região sul do Rio Grande do Sul.

Com umidade próxima a 20%, os grãos foram colhidos e imediatamente submetidos a pré-limpeza em máquina industrial de ar e peneiras planas. No laboratório, foram realizadas as secagens dos grãos até as umidades pré-determinadas, ocorrendo em seguida os resfriamentos e o armazenamento nas cinco temperaturas (24, 20, 16, 12, 8°C) de armazenamento.

A secagem foi realizada em silo-secador (Figura 2) pelo método estacionário com ar em temperatura de aproximadamente 25°C, permanecendo nesta condição até os grãos terem reduzida sua umidade para 15 e 12%, conforme o caso.

O silo-secador utilizado é um modelo laboratório, cujo desenvolvimento tecnológico foi feito no próprio Laboratório de Grãos e o desenvolvimento construtivo em indústria metal-mecânica, de Pelotas, e tem as seguintes características:

Fundo em chapa plana perfurada;

Injeção de ar por insuflação através de ventiladores centrífugos com vazão de ar de  $196 \text{ m}^3$  por hora;

Vazão específica de secagem:  $1155 \text{ m}^3$  de ar por hora por  $\text{m}^3$  de grão;

Espessura da camada de grãos: 0,60 m;

Potência do motor do ventilador: 0,33 cv;

Capacidade do silo, com redutor : 100 kg;

Diâmetro da seção transversal do silo: 0,92 m;

Altura da parede lateral do silo (pé direito): 0,7 m;

Redutores metálicos de 0,6 m de diâmetro.

O calor de aquecimento do ar foi gerado por quatro resistências elétricas monofásicas, de 700 W cada, instaladas na entrada do plenum, das quais três eram comandadas por termostato (precisão  $\pm 5^\circ\text{C}$ ) de acionamento automático e uma permanecia sempre ligada durante as secagens para evitar choque térmico nos grãos, toda vez que o termostato desligava as demais resistências.



Figura 3. Silo-secador

As unidades de armazenamento utilizadas nos estudos foram escolhidas devido a umidade de 15% ser possível fazer a secagem com menor custo e com aproximadamente no mesmo tempo necessário para secar de 15 para 12%. Ambos os procedimentos são utilizados por produtores, embora não haja registro na literatura pesquisa experimental que as sustentem.

Logo após o término de cada secagem, as amostras foram divididas em partes iguais e armazenadas durante doze meses em sacos de polipropileno, nas condições pré-estabelecidas em ambiente com controle de temperatura.

O armazenamento foi realizado em câmaras especialmente preparadas para tal (Figura 4). Os controles de temperatura e umidade foram realizados por metodologias desenvolvidas pelo laboratório para simular comportamento semi-hermético, típico dos sistemas a granel, com aerações periódicas. Para isso, a cada 60 dias as embalagens eram deslacradas, com troca do ar interno por ar resfriado na respectiva temperatura, durante 2 horas, para reequilibrar as taxa de oxigênio, sendo novamente lacradas, para serem abertas apenas nas retiradas de alíquotas em cada período de avaliação.



Figura 4. Câmara de armazenamento

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Delineamento experimental

Foi utilizado delineamento completamente casualizado, num esquema fatorial 2X5X4 (2 unidades X 5 temperaturas de armazenamento X 4 tempos de armazenamento), com 3 repetições para cada tratamento.

## **3.2.2 Avaliações**

### **3.2.2.1 Caracterização da amostra**

As amostras de grãos descascadas e divididas em duas partes: uma destinada ao enquadramento em classe e à determinação da umidade. A outra foi posteriormente moída, para execução das análises químicas. Na caracterização da amostra foram analisados os parâmetros de enquadramento em classe, percentuais de umidade, proteína bruta, minerais ou cinzas, conteúdo e acidez do óleo ou extrato etéreo.

De acordo com as dimensões comprimento, largura, espessura e relação comprimento/largura, os grãos foram enquadrados na classe longo-fino (agulhinha), conforme o que determina a Instrução Normativa 06/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009-a).

Umidade dos grãos e acidez do extrato etéreo foram parâmetros de qualidade avaliados a cada quadrimestre.

#### **3.2.2.1.1 Umidade**

O grau de umidade foi avaliado em estufa a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , com circulação natural de ar, por 24 horas, de acordo com o método oficial de análises de sementes preconizado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009-b).

#### **3.2.2.1.2 Proteína bruta**

O conteúdo de proteína bruta foi determinado pelo método Kjeldahl, conforme procedimento da AOAC (1997);

#### **3.2.2.1.3 Extrato etéreo**

O extrato etéreo foi avaliado em aparelho Soxhlet de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

#### **3.2.2.1.4 Conteúdo de minerais ou cinzas**

O conteúdo de minerais ou cinzas foi determinado em mufla a  $550^{\circ}\text{C}$ , durante 5 horas, de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOAC (1997).

#### **3.2.2.1.5 Acidez do extrato etéreo**

A acidez do extrato etéreo foi determinada de acordo com o procedimento descrito pelo método da AOCS (1992).

#### **3.2.2.2 Peso volumétrico ou massa específica**

Determinado em balança de peso hectolitro Dalle Molle com capacidade de ¼ de litro, sendo necessária transformação para  $\text{kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$  e balança eletrônica digital com precisão de 0,01g, realizado de acordo com a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009-b)

#### **3.2.2.3 Peso de mil grãos**

Determinado segundo a metodologia descrita por Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009-b), com adaptações, através da contagem de 250 grãos em quadruplicata e calculado o peso de mil grãos.

#### **3.2.2.4 Desempenho industrial**

As amostras de arroz em casca foram coletadas no 1º, 4º, 8º e no 12º mês de armazenamento, sendo submetidas aos processos de beneficiamento convencional (branco polido), em escala piloto, usando metodologia desenvolvida no próprio Laboratório de Grãos (ELIAS, 1998).

As amostras armazenadas com 15% de umidade foram submetidas a complementação da secagem para 12% de umidade antes de serem submetidas aos processos de beneficiamento, pois é a umidade recomendada para as operações de beneficiamento.

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 que prejudicam o fluxo do produto no processo, danificam os equipamentos e reduzem a qualidade do produto final.

Para a avaliação dos parâmetros renda e rendimentos industriais, de cada saco de 2Kg foi coletada uma amostra de 100 gramas de grãos amostra, em três repetições de cada tratamento, sendo esses parâmetros avaliados pelas 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).

a. Descascamento

Após a limpeza, os grãos foram desprovidos das glumelas (lema e pálea), na operação denominada de descascamento, realizada em engenho de provas da marca Zaccaria, modelo DTAZ1, de acordo com as recomendações prescritas no manual de operações fornecido pelo fabricante. Os grãos que não tivessem sua casca removida na primeira passagem, denominados marinheiros, eram separados manualmente, pesados e descontados da amostra original.

b. Polimento

O polimento também foi realizado no engenho de provas marca Zaccaria modelo DTAZ1, onde as amostras permaneceram pelo tempo necessário para ser retirado cerca de 8% de farelo (propriedades de pasta e térmicas, extração do amido).

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.

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-a). Os testes foram executados em amostras de grãos polidos em que houve separação prévia daqueles que apresentaram defeitos metabólicos e/ou não metabólicos. Esses grãos sem defeitos foram utilizados para avaliações dos parâmetros de cocção e de textura.

### **3.2.2.5 Perfil colorimétrico**

O perfil de cor foi analisado através do perfil branquimétrico e do perfil colorimétrico.

O perfil branquimétrico foi determinado em Branquímetro Zaccaria MBZ-1, operado conforme recomendações da indústria fabricante, sendo avaliados os graus de brancura e transparência, utilizando a escala própria do aparelho.

O perfil colorimétrico foi avaliado em Colorímetro Minolta Chromameter (CR-300, Osaka, Japan). A brancura dos grãos de arroz foi também determinada utilizando Colorímetro Minolta modelo CR-300, usando sistema CIEL\*a\*b\*, onde os valores de luminosidade ( $L^*$ ) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , variam de:  $-a^*$  (verde) até  $+a^*$  (vermelho), e de:  $-b^*$  (azul) até  $+b^*$  (amarelo).

### **3.2.2.6 Parâmetros de cocção**

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

As amostras foram cozidas simultaneamente em chapa de ferro aquecida por energia elétrica, em panelas apropriadamente desenvolvidas para o Laboratório. No experimento eram colocados 30g de arroz, sendo adicionada água com temperatura a 95°C, medida com auxílio de proveta determinando-se as diferentes proporções de água conforme o processo de beneficiamento do arroz (convencional ou parboilizado).

Após a adição da água, as panelas eram tampadas, mantendo o controle da temperatura com termômetro. O tempo de cocção foi marcado por cronômetro digital quando a temperatura da água da panela atingisse 80°C, ficava cozinhando, sempre cuidando para que não ocorresse transbordamento.

Foram avaliadas as características de cocção das amostras de arroz pelos parâmetros de tempo de cocção, rendimento volumétrico e rendimento gravimétrico, em amostras de grãos inteiros sem defeitos, processados pelos sistemas convencional e parboilizado.

Para a avaliação do rendimento em volume e da absorção de água na cocção, que corresponde ao rendimento gravimétrico (em peso), foi utilizada a metodologia calibrada no Laboratório 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. Testes preliminares foram feitos para se determinar a proporção ideal para o produto em estudo, a qual foi determinada para o processo de industrialização convencional a proporção de 2:1, e de 2,6:1 para a processo de industrialização por parboilização.

O volume inicial do arroz cru e o volume final do arroz cozido foram determinados através de 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  $\pi$  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 1.

$$R_v = \left( \frac{V_f}{V_i} \right) . 100$$

em que:

$R_v$  = Rendimento volumétrico (%);

$V_f$  = Volume final - arroz cozido ( $\text{cm}^3$ );

$V_i$  = Volume inicial - arroz cru ( $\text{cm}^3$ ).

Equação 1 – Rendimento volumétrico

O rendimento gravimétrico ( $R_g$ ) foi determinado pelo quociente entre o peso final  $P_f$  (arroz cozido) e o inicial  $P_i$  (arroz cru), conforme Equação 2.

$$R_g = \left( \frac{P_f}{P_i} \right) . 100$$

em que:

$R_g$  = Rendimento gravimétrico (%);

$P_f$  = Peso final - arroz cozido (g);

$P_i$  = Peso inicial - arroz cru (g).

Equação 2 – Rendimento gravimétrico

### 3.2.2.7 Perfil texturométrico

Utilizando-se o equipamento texturômetro modelo Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems, foram obtidos os parâmetros de perfil texturométrico do arroz cozido. Por ensaios preliminares foram adaptadas as metodologias propostas por Champagne (1998) e Lyon (2000).

As amostras submetidas à determinação do perfil de texturométrico foram selecionadas pelo critério de melhor desempenho no rendimento volumétrico, no comportamento de cocção, independentemente da temperatura de cocção e da proporção de água a que foram submetidas.

Os procedimentos de avaliação dos parâmetros de cocção e perfil texturométrico ocorreram subsequentemente. Depois de finalizado o teste de cocção, foram selecionadas para a análise de textura as amostras que demonstraram melhor desempenho no rendimento volumétrico de cocção.

Permitindo operar com o texturômetro já programado e calibrado, em testes preliminares, foi aguardada a estabilização da temperatura das amostras, mantidas nos recipientes de cocção.

Utilizando Placa de Petri, de vidro, em formato cilíndrico, com 50 milímetros de diâmetro e 10 milímetros de altura, 10 gramas de amostras foram cuidadosamente acondicionadas na placa. Foi utilizada para a transferência das amostras, do recipiente de cocção para a placa, com instrumentação flexível e não contundente, no intuito de evitar deformações nos grãos.

Em movimentos leves e horizontais, na placa a amostra era nivelada permitindo que o probe, em formato cilíndrico, com 45 milímetros de diâmetro, utilizado na compressão das amostras, tivesse a maior área de contato possível com a amostra, minimizando diferenças de alturas no contato com os grãos, quando arranjados de forma aleatória.

O texturômetro foi configurado para comprimir a 60% do tamanho original da amostra de 10 gramas, com velocidade de teste de  $1\text{mm.s}^{-1}$  e tempo entre compressões de 3 segundos.

As propriedades avaliadas no perfil texturométrico, e suas unidades de medida, são definidas analogamente em relação a uma descrição sensorial como:

- Firmeza (N) – força máxima durante o primeiro ciclo de compressão (primeira mordida);
- Elasticidade (mm) – relacionada a altura que o alimento recupera durante o tempo que decorre entre o final da primeira mordida e o início da segunda;
- Mastigabilidade ( $\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) – energia requerida para mastigar um alimento sólido;
- Gomosidade (N) – energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido para um estado pronto de ser engolido, sem mastigar;
- Coesividade – taxa no qual o alimento desintegra sobre a ação mecânica;
- Adesividade ( $\text{N}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – força necessária para remover o alimento que adere na língua, dentes e mucosas.

### **3.2.2.8 Atributos sensoriais**

A proporção de água que apresentou os melhores resultados de rendimento gravimétrico e volumétrico foi usada nas amostras de 100g de grãos crus inteiros e sem defeitos (BRASIL, 2009-a), e o tempo de cocção determinado previamente. A água utilizada para a cocção foi previamente aquecida a 95°C. As amostras foram cozidas em chapa aquecida a 300°C, em panelas de alumínio e servidas aos julgadores com temperatura de 60°C. Na avaliação sensorial foi utilizado o método proposto por Gularte (2005), com adaptações, com uso de um teste contendo uma escala não estruturada de nove centímetros, com termos descritivos, caracterizando os atributos cor, brilho, odor, soltabilidade, firmeza e sabor. A avaliação foi realizada por uma equipe treinada de doze julgadores.

### **3.2.2.9 Propriedades viscoamilográficas**

As propriedades viscoamilográficas dos grãos foram avaliadas pelo RVA “Rapid Visco Analyser” (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália), através do perfil Standard Analysis 1, utilizando para grãos moídos e amido respectivamente 3,5 e 3,0g de amostra corrigida para 14% de umidade. Foram avaliados temperatura

de início de formação de pasta, viscosidade máxima, quebra da viscosidade, viscosidade final e capacidade de retrogradação (Figura 5).

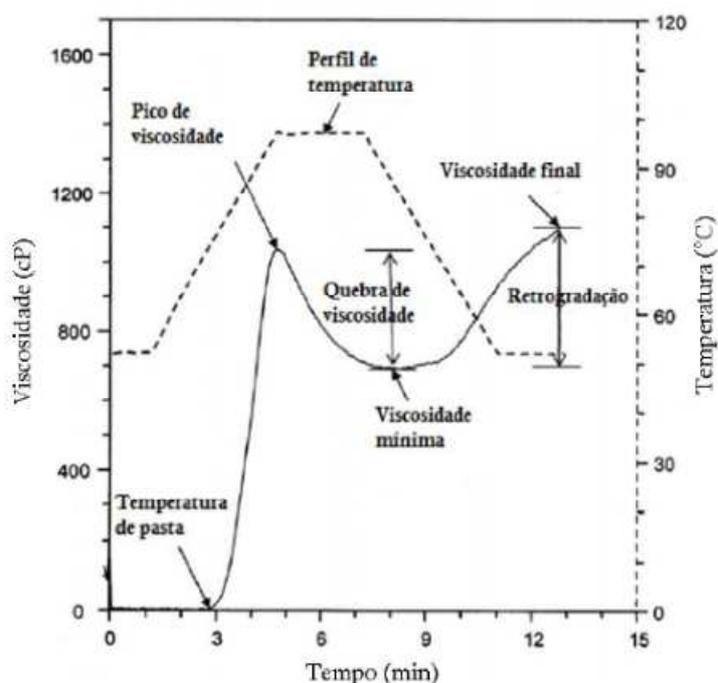


Figura 5 – Representação de uma curva típica obtida na análise das propriedades viscoamilográficas do amido em um Rapid Visco Analyzer (RVA).

Fonte: KAUR et al., 2009

### 3.2.2.10 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas dos grãos moídos foram analisadas por DSC (Differential Scanning Calorimeter) em equipamento modelo da Shimadzu (DSC 60/60A). Amostras de 10 mg, que foram tomadas a partir da farinha-água (1:3) de suspensões, foram selados hermeticamente em cadinho de alumínio (panelinha) e aquecidas de 30 a 120°C em uma taxa de aquecimento de 10°C.min<sup>-1</sup>, sendo utilizada uma panelinha vazia como referência. Todos os testes foram realizados sob atmosfera de N<sub>2</sub>. Os parâmetros avaliados no termograma DSC incluíram temperatura inicial (T<sub>0</sub>), temperatura final (T<sub>c</sub>), temperatura de pico (T<sub>p</sub>), e entalpia de transição de fase ( $\Delta H$ ).

### 3.2.2.11 Análise estatística

Foram realizadas a análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ambas a 5% de significância ( $p < 0.05$ )

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização da amostra os resultados mostraram os grãos apresentaram, em base seca, 11,92% de proteínas, 1,71% de cinzas, 3,71% de lipídeos, 82,66% de fibra alimentar total e carboidratos. Esses valores são semelhantes aos relatados por Denardin, Silva e Storck (2004). As dimensões foram x,x mm de comprimento, y,y de largura, z,z de espessura e a,a de relação entre comprimento e largura, o que permitiu classificar como da classe de grão longo-fino, de acordo com as norma braileiras (BRASIL, 2009-a).

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os valores de umidade dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12%, respectivamente, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 1. Umidade (%) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Umidade (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 14,89 b	A 15,84 a	A 15,66 a	A 15,34 ab
20	A 14,89 b	A 15,87 a	A 16,06 a	A 15,20 ab
16	A 14,89 b	A 15,75 a	A 15,96 a	A 15,07 ab
12	A 14,89 b	A 15,81 a	A 16,09 a	A 15,27 ab
8	A 14,89 b	A 16,01 a	A 16,08 a	A 15,07 ab

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 2. Umidade (%) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Umidade (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 12,66 a	A 11,35 b	A 12,36 a	A 11,27 b
20	A 12,66 a	A 11,44 b	A 12,39 a	A 12,22 a
16	A 12,66 a	A 11,69 ab	A 11,40 b	A 11,54 b
12	A 12,66 a	A 11,43 b	A 11,28 b	A 11,96 b
8	A 12,66 a	A 12,08 b	A 12,17 ab	A 12,36 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, não houve diferenças significativas entre as temperaturas em cada período de armazenamento do arroz em casca. Entretanto, podem ser verificadas diferenças significativas no decorrer do armazenamento.

Este comportamento em relação à umidade ocorreu porque ela tem caráter dinâmico de equilíbrio higroscópico, acompanhando as condições do ambiente de armazenamento, o que também é registrado na literatura (Meneghetti, 2008). As umidades, entretanto, permaneceram nas faixas pré-estabelecidas para o estudo.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentadas as massas específicas de grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 3. Massa específica de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Massa específica (kg.(m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 492,70 a	A 493,45 a	A 496,82 a	C 463,59 b
20	A 492,70 a	A 493,75 a	A 495,03 a	C 463,74 b
16	A 492,70 a	A 492,68 a	A 495,91 a	B 469,14 b
12	A 492,70 a	A 493,05 a	A 493,28 a	A 478,64 b
8	A 492,70 a	A 494,20 a	A 494,58 a	A 478,63 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 4. Massa específica de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiente (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Massa específica (kg.(m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 492,70 a	A 495,94 a	A 494,00 a	B 473,57 b
20	A 492,70 a	A 492,67 a	A 493,69 a	B 474,39 b
16	A 492,70 a	A 494,01 a	A 493,29 a	A 478,67 b
12	A 492,70 a	A 495,98 a	A 493,19 a	A 479,98 b
8	A 492,70 a	A 493,24 a	A 490,64 a	A 481,37 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nos dados apresentados nas Tabelas 4 e 5 para arroz em casca com 15 e 12% de umidade, respectivamente, não houve diferenças significativas na massa volumétrica até o oitavo mês de armazenamento entre nenhuma das temperaturas testadas. As diferenças aparecem a partir desse período de armazenamento.

Nos grãos armazenados com umidade inicial de 15% (Tabela 3), as diferenças são mais evidenciadas entre as temperaturas. Temperaturas inferiores a 12°C possibilitaram melhor manutenção da massa específica, enquanto nos grãos armazenado com umidade inicial de 12% (Tabela 4), nas temperaturas abaixo de 16°C ocorreram os melhores resultados de manutenção da massa específica dos grãos.

Observando-se os dados das Tabelas 3 e 4 é possível verificar que no décimo segundo mês de armazenamento os valores de massa específica em todas as temperaturas foram menores para umidades os grãos armazenados com umidade inicial de 15%.

Esses comportamentos (Tabelas 3 e 4) são decorrentes da umidade e da temperatura de armazenamento, que reduzem o metabolismo dos grãos e isso diminuindo as perdas de massa. Relato similar foi feito por Fagundes et. al. (2005)

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentadas as massas de mil grãos de arroz armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 5. Massa de mil grãos (g) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Massa de mil grãos (g)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 21,61 a	A 21,52 a	A 21,35 bc	B 21,12 c
20	A 21,61 a	A 21,33 a	A 21,47 ab	B 21,07 c
16	A 21,61 a	A 21,36 a	A 21,47 a	A 21,23 b
12	A 21,61 a	A 21,36 a	A 21,37 a	A 21,46 a
8	A 21,61 a	A 21,31 a	A 21,36 a	A 21,27 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 6. Massa de mil grãos (g) de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro de resfriamento

Temperaturas (°C)	Massa de mil grãos (g)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 21,61 a	A 21,41 a	A 21,26 b	B 21,22 b
20	A 21,61 a	A 21,45 a	A 21,45 a	B 21,28 a
16	A 21,61 a	A 21,31 a	A 21,44 a	A 21,51 a
12	A 21,61 a	A 21,40 a	A 21,36 a	A 21,56 a
8	A 21,61 a	A 21,49 a	A 21,41 a	A 21,51 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nas Tabelas 5 e 6, o comportamento da massa de mil grãos foi o mesmo observado na massa específica (Tabelas 3 e 4), sendo evidenciados efeitos significativos do resfriamento a partir do oitavo mês de armazenamento. Em grãos armazenados com umidade inicial de 15% (Tabela 5), a temperatura de resfriamento influencia na perda de massa dos grãos, um comportamento que não foi evidenciado nos grãos armazenados com 12% (Tabela 6) de umidade. Em temperatura superior a 16°C, os grãos tiveram perdas significativas de massa a partir do oitavo mês.

Ambos os parâmetros, massa de mil grãos e massa específica ou peso volumétrico, são influenciados pelo metabolismo e esse sofre ações da temperatura

e da umidade, o que explica os comportamentos exibidos nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentados os totais de grãos inteiros em arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 7. Percentagem de grãos inteiros arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Inteiros totais (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 59,68 ab	B 59,48 a	C 59,67 a	C 59,14 a
20	A 59,68 ab	AB 60,56 a	C 59,88 a	BC 59,75 a
16	A 59,68 a	AB 61,02 a	B 60,86 ab	B 60,50 b
12	A 59,68 b	AB 60,91 ab	AB 61,37 a	AB 60,66 ab
8	A 59,68 b	A 61,53 a	A 61,74 a	A 61,09 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 8. Percentagem de grãos inteiros de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Inteiros totais (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 59,68 ab	B 59,22 a	B 59,93 ab	B 58,85 b
20	A 59,68 ab	A 60,55 a	B 59,80 ab	B 59,36 b
16	A 59,68 b	A 61,12 a	A 61,26 a	AB 60,44 a
12	A 59,68 b	A 61,10 a	A 61,56 a	A 61,85 a
8	A 59,68 b	A 60,86 ab	A 61,51 a	A 61,36 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Na Tabela 7 pode ser observado que as temperaturas de armazenamento influenciaram significativamente na integridade física dos grãos, do quarto até o

décimo segundo mês, e que para manter a percentagem de grãos inteiros, nos grãos com umidade inicial de 15% são necessárias temperatura inferiores a 12°C.

Observando-se os dados da Tabela 8 é possível verificar que as temperaturas abaixo de 16°C foram as que mantiveram maiores percentagens de grãos inteiros em todos os períodos de armazenamento.

Na observação dos dados das Tabelas 7 e 8 é possível verificar a influência da umidade de armazenamento sobre a percentagem de grãos inteiros e evidenciar que umidade maior do que 12% no armazenamento provoca diminuição da percentagem de grãos inteiros.

O incremento de grãos inteiros no quarto mês de armazenamento, em comparação com o início, é devido ao rearranjo ou acomodação interna das moléculas dos grãos após o período de temperagem depois da secagem. Estes resultados estão de acordo com os relatados por German Elbert (2001)

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentadas as incidências de defeitos totais em grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 9. Percentagem de defeitos totais em grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Defeitos totais* (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 5,53 s	A 8,79 c	A 11,79 a	A 16,14 a
20	A 5,53 d	AB 8,13 c	A 11,54	B 14,20 a
16	A 5,53 d	BC 7,52 c	A 11,83 b	C 12,78 a
12	A 5,53 d	C 7,12 c	A 11,22 b	C 13,05 a
8	A 5,53 d	C 7,19 c	A 10,83 b	C 12,33 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Defeitos totais= Defeitos metabólicos + gessado + rajados

Tabela 10. Percentagem de defeitos totais em grãos de armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Defeitos totais* (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 5,53 d	A 6,65 c	A 9,77 b	A 13,02 a
20	A 5,53 d	A 6,66 c	AB 8,99 b	A 13,01 a
16	A 5,53 d	A 6,94 c	B 8,56 b	B 12,30 a
12	A 5,53 c	A 6,54 c	B 8,58 b	B 12,35 a
8	A 5,53 c	B 5,77 c	B 8,09 b	C 11,17 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;  
Defeitos totais= Defeitos metabólicos + gessado + rajados

Os comportamentos verificados nas Tabelas 9 e 10 são similares aos das Tabelas 13 e 14, e são devidos ao fato de que os defeitos totais resultam da soma dos metabólicos e dos não metabólicos. Estes últimos não sofreram alteração durante o armazenamento e não são também influenciados pela temperatura nele empregada, e são decorrentes de característica varietal, de clima e do manejo utilizado na lavoura, o que está de acordo com relatos da literatura (ELIAS, 2007).

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os percentuais de grãos com defeitos metabólicos em arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 11. Percentagem de grãos com defeitos metabólicos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Defeitos metabólicos*			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 4,35 d	A 8,59 c	A 11,68 b	A 15,98 a
20	A 4,35 d	AB 7,89 c	A 11,66 b	B 14,06 a
16	A 4,35 d	BC 7,27 c	A 11,38 b	C 12,63 a
12	A 4,35 d	C 6,87 c	A 11,03 b	C 12,99 a
8	A 4,35 d	C 6,86 c	A 10,63 b	C 12,25 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;  
Defeitos metabólicos= picados, manchados, ardidos e amarelos;

Tabela 12 Percentagem de grãos com defeitos metabólicos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Defeitos metabólicos* (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 4,35 d	A 6,54 c	A 9,57 b	A 12,94 a
20	A 4,35 d	A 6,45 c	AB 8,83 b	A 12,94 a
16	A 4,35 d	A 6,59 c	B 8,25 b	B 12,21 a
12	A 4,35 d	A 6,23 c	B 8,00 b	B 12,28 a
8	A 4,35 d	B 5,26 c	B 7,86 b	C 11,05 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância; Defeitos metabólicos= picados + manchados + ardidos + amarelos;

Observando-se os dados da Tabela 11, é possível verificar que no decorrer do armazenamento a incidência de defeitos metabólicos sofre incrementos em todas as temperaturas de armazenamento, mas quando armazenados em temperaturas mais baixas esta incidência tem um incremento menor de defeitos metabólicos.

Na Tabela 12 é possível verificar que mesmo o armazenamento sendo feito com umidade dos grãos mais baixa ocorre incremento na incidência de defeitos metabólico, porém temperaturas mais baixas de armazenamento proporcionam a menor incidência de defeitos metabólicos em todos os períodos de armazenamento.

Este comportamento pode ser explicado pelo menor metabolismo dos grãos e de todos os agentes envolvidos na incidência de defeitos, o que é observado quando armazenados os grãos sob refrigeração.

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os percentuais de grãos inteiros sem defeitos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 13. Percentagem de grãos inteiros sem defeitos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Inteiros sem defeito (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 56,62 a	C 53,82 b	B 52,71 c	C 49,13 d
20	A 56,62 a	BC 54,43 b	B 52,85 c	B 50,49 d
16	A 56,62 a	AB 55,12 b	B 52,78 c	B 50,40 d
12	A 56,62 a	A 55,43 b	B 52,85 c	AB 51,09 d
8	A 56,62 a	A 55,63 b	A 53,65 c	A 51,67 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 14. Percentagem de inteiros sem defeitos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Inteiros sem defeito (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 56,62 a	B 54,34 b	B 53,46 b	B 51,58 C
20	A 56,62 a	A 56,19 a	B 53,61 b	B 52,22 c
16	A 56,62a	A 56,27 a	A 55,97 b	A 54,28 B
12	A 56,62 a	A 56,67 a	A 55,35 ab	A 54,09 b
8	A 56,62 a	A 56,34 a	A 55,89 a	A 54,25 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados da Tabela 13 é possível verificar que os comportamentos dos grãos inteiros sem defeitos foram os mesmos dos de grãos inteiros (Tabela 7) sendo que as temperaturas mais baixas de armazenamento mantiveram maiores os percentuais de grãos inteiros sem defeito.

Na Tabela 14 é possível observar que as temperaturas de armazenamento de 16°C e menores possibilitaram que a percentagem de grãos inteiros sem defeitos mantivesse os melhores resultados até doze meses de armazenamento e que dentro de cada período de armazenamento a temperatura teve influência sobre os resultados.

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentadas as percentagens da acidez do óleo de arroz integral dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de

umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 15. Percentagem da acidez do óleo extraído de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Acidez (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,09 c	A 0,19 b	A 0,17 b	A 0,35 a
20	A 0,09 c	A 0,18 b	B 0,16 b	AB 0,33 a
16	A 0,09 c	B 0,14 b	C 0,12 bc	AB 0,34 a
12	A 0,09 c	C 0,12 b	D 0,10 c	AB 0,32 a
8	A 0,09 b	D 0,09 b	D 0,09 b	B 0,30 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 16. Percentagem da acidez do óleo extraído de grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Acidez (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,09 c	A 0,14 b	A 0,16 b	A 0,28 a
20	A 0,09 c	A 0,14 b	A 0,15 b	A 0,28 a
16	A 0,09 c	B 0,12 b	B 0,14 b	B 0,20 a
12	A 0,09 c	B 0,12 b	C 0,13 b	BC 0,18 a
8	A 0,09 b	C 0,09 b	C 0,09 b	C 0,15 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados da Tabela 15 e 16 é possível verificar que a temperatura e o tempo de armazenamento influenciam significativamente na acidez do óleo. Entretanto, o armazenamento com maior umidade possui grande influencia quando se comparam os resultados apresentados na Tabela 15 e 16. Isto ocorre porque a umidade, juntamente com a temperatura de armazenamento, influencia na atividade enzimática e assim causam incrementos na acidez do óleo através de sua degradação, já que esta é a parte mais reativa dos grãos. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Silva (2006) e Amarasinghe (2009) e Park (2012).

Nas Tabelas 17, 18, 19 e 20 são apresentados os parâmetros do perfil branquimétrico dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 17. Brancura dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Brancura			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 38,08 b	A 39,20 a	A 38,50 ab	B 37,12 c
20	A 38,08 b	A 39,35 a	A 38,75 ab	B 36,20 c
16	A 38,08 b	A 39,44 a	A 37,98 b	B 37,06 b
12	A 38,08 b	A 39,70 a	A 38,62 b	A 38,94 ab
8	A 38,08 c	A 40,17 a	A 40,06 b	A 38,89 bc

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 18. Brancura dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Brancura			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 38,08 b	A 39,25 a	AB 39,59 a	A 39,92 a
20	A 38,08 b	A 38,71 b	A 40,13 a	A 39,74 a
16	A 38,08 b	B 38,57 b	AB 39,57 a	A 39,48 a
12	A 38,08 b	BC 37,83 c	AB 39,24 a	A 39,56 a
8	A 38,08 bc	C 37,28 c	B 38,94 ab	A 40,06 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 19. Transparência dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Transparência			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 3,32 a	A 3,03 b	B 3,03 b	B 2,86 c
20	A 3,32 a	A 3,07 b	B 3,02 b	B 2,85 c
16	A 3,32 a	A 3,08 b	B 3,00 b	B 2,80 c
12	A 3,32 a	A 3,05 b	A 3,04 b	A 3,07 b
8	A 3,32 a	A 3,00 c	A 3,10 bc	A 3,11 bc

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 20. Transparência dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Transparência			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 3,32 a	A 3,16 b	A 3,25 ab	A 2,97 c
20	A 3,32 a	A 3,18 bc	A 3,23 ab	A 3,06 c
16	A 3,32 a	A 3,14 bc	A 3,19 b	A 3,05 c
12	A 3,32 a	A 3,11 b	A 3,13 b	A 2,96 c
8	A 3,32 a	A 3,15 b	A 3,03 c	A 3,01 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados da Tabela 17 é possível verificar que a brancura dos grãos sofre influência da temperatura somente após o oitavo mês de armazenamento, demonstrando que o tempo de armazenamento altera significativamente a brancura dos grãos. A observação da transparência dos mesmos grãos na Tabela 19 permite verificar o mesmo comportamento da brancura, pois ambas diminuem com conforme aumentam a temperatura e o tempo de armazenamento.

Na Tabela 18 é possível verificar que diferentemente dos resultados encontrados para os grãos armazenados com 15% de umidade no décimo segundo mês de armazenamento os grãos tenderam a uma estabilidade na brancura não havendo diferenças significativas ao final do armazenamento. Já na Tabela 20, onde são apresentados os resultados da transparência, é possível verificar que o tempo e

a temperatura de armazenamento não provocam alterações significativas na transparência dos grãos.

Nas Tabelas 21, 22, 23, 24, 25 e 26 são apresentados os parâmetros do perfil colorimétrico (L; a; b) dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 21. Coordenada L\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada L			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 75,79 a	A 72,40 b	A 71,79 b	A 68,20 c
20	A 75,79 a	A 72,26 b	A 71,02 b	A 68,48 c
16	A 75,79 a	A 71,82 b	A 71,01 bc	A 69,56 c
12	A 75,79 a	A 71,92 b	A 70,74 bc	A 69,20 c
8	A 75,79 a	A 71,70 b	A 70,94 b	A 70,12 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\* A coordenada L indica a luminosidade dos grãos;

Tabela 22. Coordenada L\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada L			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 75,79 a	A 71,70 b	A 71,38 b	A 70,36 b
20	A 75,79 a	A 71,60 b	A 70,61 b	A 69,65 c
16	A 75,79 a	A 71,62 b	A 70,71 b	A 69,78 b
12	A 75,79 a	A 71,26 b	A 70,20 bc	A 69,31 c
8	A 75,79 a	A 71,25 b	A 70,63 bc	A 69,22 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\* A coordenada L indica a luminosidade dos grãos;

Tabela 23. Coordenada a\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada a			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A -4,04 c	A -0,39 ab	A -0,44 b	A -0,34 a
20	A -4,04 b	A -0,32 a	A -0,43 a	A -0,26 a
16	A -4,04 b	A -0,33 a	A -0,42 a	A -0,33 a
12	A -4,04 b	A -0,35 a	A -0,42 a	A -0,34 a
8	A -4,04 b	A -0,39 a	A -0,37 a	A -0,38 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\* A coordenada a indica a variação do verde para o vermelho;

Tabela 24. Coordenada a\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada a			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A -4,04 c	A -0,23 a	C -0,56 b	C -0,49 b
20	A -4,04 c	A -0,27 a	BC -0,45 b	C -0,45 b
16	A -4,04 b	A -0,28 a	AB -0,36 a	BC -0,37 a
12	A -4,04 b	A -0,30 a	A -0,28 a	A -0,21 a
8	A -4,04 b	A -0,31 a	A -0,21 a	A -0,21 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\* A coordenada a indica a variação do verde para o vermelho.

Tabela 25. Coordenada b\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada b			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 13,21 a	A 10,21 c	A 10,16 c	A 11,10 b
20	A 13,21 a	B 9,91 c	A 10,04 c	AB 10,83 b
16	A 13,21 a	B 9,61 b	Ab 9,88 bc	B 10,48 b
12	A 13,21 a	B 9,55 b	AB 9,74 b	C 9,64 b
8	A 13,21 a	B 9,39 b	B 9,25 b	C 9,23 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\* A coordenada b indica a variação do azul para o amarelo;

Tabela 26. Coordenada b\* da avaliação colorimétrica dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coordenada b			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 13,21 a	A 9,77 b	A 9,04 c	A 9,84 b
20	A 13,21 a	A 9,73 b	A 8,93 c	AB 9,60 bc
16	A 13,21 a	A 9,66 b	A 8,91 c	AB 9,51 b
12	A 13,21 a	A 9,64 b	A 8,90 c	BC 9,25 bc
8	A 13,21 a	A 9,60 b	A 8,72 c	C 8,94 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

\*A coordenada b indica a variação do azul para o amarelo;

Conforme pode ser verificado nas Tabelas 21 e 22, a luminosidade não foi influenciada pela temperatura de armazenamento. Entretanto, o tempo de armazenamento influencia negativamente este parâmetro, tornando o grão mais escuro.

Pelos parâmetros apresentados nas Tabelas 23 e 24 é possível verificar diferença significativa do primeiro para o quarto mês de armazenamento. Entretanto, no arroz armazenado em umidade mais elevada (Tabela 25) no decorrer do armazenamento há tendência ao equilíbrio para este parâmetro. Já nos grãos armazenados com 12% de umidade (Tabela 26) a influência da temperatura sobre este parâmetro mostra resultados mais próximos do zero quando armazenados os grãos em temperaturas mais baixas.

Nas Tabelas 25 e 26 é possível verificar que o parâmetro cor sofre influência significativa tanto do período, quanto da temperatura de armazenamento. Em grãos armazenados com umidade inicial de 12% só se verificam diferenças entre as temperaturas após o oitavo mês de armazenamento. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Ondier, Siebenmorgen e Mauromoustakos (2010).

A análise conjunta dos comportamentos exibidos nas Tabelas 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26 permite verificar que a incidência de defeitos metabólicos, o aumento da acidez do óleo e a tendência ao escurecimento e à opacidade são influenciados pelos mesmos fatores que aceleram o metabolismo dos grãos (Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Nas Tabelas 27 e 28 são apresentados os tempos de cocção dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 27. Tempo de cocção dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Tempo de cocção (min.)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 13 c	B 15 b	B 18 a	B 18 a
20	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
16	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
12	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
8	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 28. Tempo de cocção dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Tempo de cocção (min.)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 13 c	B 15 b	B 18 a	B 18 a
20	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
16	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
12	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a
8	A 13 b	A 14 b	A 16 a	A 16 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nas Tabelas 27 e 28, para o tempo de cocção, o tempo de armazenamento teve maior influência sobre os grãos armazenados na temperatura de 24°C onde se podem verificar diferenças entre o primeiro, o quarto e o oitavo mês de armazenamento. Nas outras temperaturas só foi verificada diferença no oitavo mês de armazenamento, estabilizando o tempo de cocção para o décimo segundo mês.

A temperatura de armazenamento somente influenciou o tempo de cocção quando os grãos foram armazenados em ambiente sem resfriamento. Conforme pode ser observada a umidade de armazenamento dos grãos não influencia nos tempos de cocção.

Nas Tabelas 29, 30, 31 e 32 são apresentados os parâmetros de cocção (rendimentos gravimétrico e volumétrico) dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro temperaturas de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 29. Rendimento gravimétrico dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Rendimento gravimétrico (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 283,67 a	B 277,18 a	E 266,22 b	C 262,67 b
20	A 283,67 a	AB 288,13 a	D 268,07 b	BC 267,55 b
16	A 283,67 b	A 292,08 a	C 270,72 c	AB 270,86 c
12	A 283,67 b	A 295,51 a	B 274,53 c	A 273,41 c
8	A 283,66 b	A 296,03 a	A 276,14 c	A 273,88 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 30. Rendimento gravimétrico dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Rendimento gravimétrico (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 283,86 a	A280,54 a	D 263,85 b	D 263,09 b
20	A 283,66 ab	A 290,65 a	C 270,73 b	C 271,88 b
16	A 283,66 b	A 296,03 a	BC 274,32 b	C 272,66 c
12	A 283,66 ab	A 292,64 a	B 275,89 b	B 275,84 b
8	A 283,66 a	A 286,86 a	A 282,69 a	A 281,60 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 31. Rendimento volumétrico dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Rendimento volumétrico (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 289,86 a	A 291,48 a	D 277,94 b	B 256,80 c
20	A 289,86 a	A 292,12 a	C 280,37 b	B 256,80 c
16	A 289,86 a	A 292,36 a	BC 282,21 b	A 267,23 c
12	A 289,86 ab	A 292,52 a	B 284,16 b	A 270,19 c
8	A 289,86 a	A 292,61 a	A 290,18 a	A 270,96 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 32. Rendimento volumétrico dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Rendimento volumétrico (%)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 289,86 a	A 271,98 b	D 272,92 b	D 263,99 b
20	A 289,86 a	A 277,82 ab	C 276,11 ab	D 265,45 b
16	A 289,86 a	A 283,58 a	B 282,20 a	C 268,73 b
12	A 289,86 a	A 284,54 ab	A 289,20 a	B 272,68 b
8	A 289,86 a	A 289,71 a	A 290,85 a	A 276,94 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando os resultados apresentados nas Tabelas 29 e 30 é possível verificar que os rendimentos gravimétricos sofrem influência significativa tanto do tempo quanto das temperaturas de armazenamento, sendo que as temperaturas menores mantêm melhor os rendimentos. Na comparação entre as umidades de armazenamento é possível verificar que nas maiores este efeito é mais evidenciado.

Nas Tabelas 31 e 32, onde estão apresentados os resultados de rendimento volumétrico, é possível observar que este parâmetro é influenciado, tanto pelo tempo quanto pela temperatura de armazenamento, havendo diferenças significativas entre as temperaturas após oito meses de armazenamento, ou seja, umidade mais baixa e temperaturas menores mantêm melhor o parâmetro durante o armazenamento. Os

resultados, quanto ao tempo de armazenamento, são compatíveis aos encontrados por Gularte (2004) e Morás (2005).

A observação conjunta das Tabelas 27, 28, 29, 30, 31 e 32 permite verificar que o aumento do tempo de armazenamento tende a provocar aumentos nos tempos de cocção e diminuições dos rendimentos gravimétricos e volumétricos. O resfriamento dos grãos e a redução da umidade no armazenamento reduzem a amplitude dessas variações

Nas Tabelas 33, 34, 35, 36, 37 e 38 são apresentados os parâmetros de textura (firmeza, adesividade e coesividade) dos grãos de arroz cozidos, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 33. Firmeza dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Firmeza (N)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 16,89 b	A 15,08 b	A 16,11 b	A 28,41 a
20	A 16,89 b	A 14,99 b	A 15,65 b	AB 26,49 a
16	A 16,89 b	B 12,44 c	B 12,63 c	BC 22,16 a
12	A 16,89 b	C 10,30 c	C 11,06 c	BC 21,43 a
8	A 16,89 a	C 9,94 b	C 10,90 b	C 20,46 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 34. Firmeza dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Firmeza (N)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 16,89 b	A 12,32 b	A 15,71b	A 27,09 a
20	A 16,89 b	AB 11,18 b	B 13,05 b	AB 25,48 a
16	A 16,89 b	BC 10,56 d	B 12,70 c	BC 21,00 a
12	A 16,89 a	C 9,92 c	B 11,80 b	C 17,86 a
8	A 16,89 a	C 9,43 c	B 11,92 b	C 16,66 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 35. Adesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Adesividade (N.s <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 10,89 a	C 7,51 b	B 7,50 b	C 5,97 c
20	A 10,89 a	BC 8,00 b	B 8,00 b	BC 6,64 b
16	A 10,89 a	B 8,91 ab	B 8,23 bc	BC 7,06 c
12	A 10,89 a	A 10,98 a	AB 8,58 b	AB 8,08 b
8	A 10,89 ab	A 11,03 a	A 9,82 bc	A 9,06 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 36. Adesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Adesividade (N.s <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 10,89 a	B 10,35 a	B 9,74 b	C 9,03 a
20	A 10,89 a	AB 11,18 a	A 11,12 a	B 10,46 a
16	A 10,89 a	AB 11,87 a	A 11,28 a	AB 11,20 a
12	A 10,89 b	a 12,21 a	A 11,35 ab	AB 11,28 b
8	A 10,89 b	A 12,84 a	A 11,81 ab	A 11,77 ab

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 37. Coesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coesividade			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,46 b	A 0,43 b	A 0,44 b	A 0,52 a
20	A 0,46 b	A 0,42 b	A 0,43 b	A 0,52 a
16	A 0,46 b	A 0,41 c	A 0,41 c	A 0,51 a
12	A 0,46 b	A 0,41 c	A 0,41 c	A 0,51 a
8	A 0,46 b	A 0,40 C	A 0,41 c	A 0,50 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 38. Coesividade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Coesividade			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,46 b	A 0,40 c	A 0,44 b	A 0,52 a
20	A 0,46 b	A 0,40 c	A 0,43 c	A 0,52 a
16	A 0,46 b	A 0,40 c	A 0,43 c	A 0,51 a
12	A 0,46 b	A 0,41 c	A 0,42 c	A 0,51 a
8	A 0,46 b	0,41 c	A 0,42 c	A 0,50 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando os dados apresentados nas Tabelas 33 e 34, é possível verificar que a firmeza sofre influência significativa no decorrer do armazenamento e com a temperatura a qual os grãos foram armazenados ocorrendo um incremento conforme aumentam o tempo e a temperatura de armazenamento. Pode ser mais evidenciado na umidade de armazenamento de 15%.

Nas Tabelas 35 e 36 é possível observar que no decorrer do armazenamento, quanto mais alta é a temperatura de armazenamento menores são os valores encontrados para adesividade dos grãos, este fato ocorrendo para as duas umidades de armazenamento dos grãos. No entanto para os grãos armazenados com umidade de 15% este efeito é mais evidenciado.

Segundo Zhou et al. (2007), o incremento na firmeza e a redução da adesividade estão associadas com a redução da hidratação dos grânulos de amido no envelhecimento dos grãos de arroz, enquanto o aumento da coesividade está relacionado com o incremento na resistência hidrotérmica de ruptura dos grânulos de amido e o incremento de conteúdos de insolúveis.

A coesividade dos grãos cozido, apresentadas nas Tabelas 37 e 38, não sofre influência das temperaturas de armazenamento, mas há diferenças significativas no decorrer do armazenamento para as duas umidades. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Tananuwong e Malila (2011) e Yu et. al. (2010).

A análise conjunta da Tabelas 33 a 44 permitem verificar que o aumento do tempo de armazenamento tende a provocar aumentos na firmeza e na coesividade,

com reduções na adesividade. O resfriamento dos grãos e a redução da umidade no armazenamento reduzem a amplitude dessas variações.

Nas Tabelas 39, 40, 41, 42, 43 e 44 são apresentados os parâmetros de textura (elasticidade, gomosidade e mastigabilidade) dos grãos de arroz cozidos, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 39. Elasticidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Elasticidade (mm)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,40 b	A 0,43 b	A 0,45 ab	A 0,53 a
20	A 0,40 b	A 0,43 b	A 0,45 b	A 0,52 a
16	A 0,40 b	A 0,42 b	A 0,44 b	A 0,51 a
12	A 0,40 b	A 0,41 b	A 0,43 b	A 0,51 a
8	A 0,40 b	A 0,40 b	A 0,43 b	A 0,51 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 40. Elasticidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Elasticidade (mm)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 0,40 c	A 0,43 bc	A 0,47 ab	A 0,57 a
20	A 0,40 b	A 0,42 b	A 0,45 b	A 0,54 a
16	A 0,40 b	A 0,41 b	A 0,44 b	A 0,54 a
12	A 0,40 b	A 0,41 b	A 0,44 ab	A 0,53 a
8	A 0,40 b	A 0,40 b	A 0,43 ab	A 0,52 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 41. Gomosidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Gomosidade (N)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 8,79 b	A 5,80 bc	A 4,52 c	A 14,65 a
20	A 8,79 b	B 5,07 bc	AB 4,48 c	A 13,54 a
16	A 8,79 b	C 4,81 c	AB 4,47 c	B 11,96 a
12	A 8,79 b	D 4,11 c	AB 4,37 c	B 11,68 a
8	A 8,79 b	D 3,97 c	B 4,01 c	B 11,64 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 42. Gomosidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Gomosidade (N)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 8,79 b	A 5,03 c	A 5,03 c	A 14,49 a
20	A 8,79 b	B 4,18 c	A 4,94 c	A 13,98 a
16	A 8,79 b	B 3,88 c	A 4,72 c	A 13,65 a
12	A 8,79 b	B 3,84 c	A 4,72 c	A 13,21 a
8	A 8,79 b	B 3,74 c	A 4,47 c	A 11,93 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 43. Mastigabilidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Mastigabilidade (N.mm <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 2,79 b	A 2,73 b	A 2,38 a	A 7,75 a
20	A 2,79 b	A 2,47 b	A 2,37 b	A 7,41 a
16	A 2,79 b	B 1,87 b	A 2,32 b	A 7,17 a
12	A 2,79 b	BC 1,58 b	A 2,31 b	A 7,00 a
8	A 2,79 b	C 1,50 b	A 2,25 b	A 6,67 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 44. Mastigabilidade dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Mastigabilidade (N.mm <sup>-1</sup> )			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 2,79 b	A 1,80 b	A 2,39 b	A 8,14 a
20	A 2,79 b	A 1,87 b	A 2,37 b	A 7,42 a
16	A 2,79 b	A 2,05 b	A 2,15 b	A 7,28 a
12	A 2,79 b	A 2,07 b	A 2,13 b	A 6,68 a
8	A 2,79 b	A 2,09 b	A 2,12 b	A 5,74 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 39 e 40, é possível verificar que a elasticidade não diferencia significativamente entre as temperaturas estudadas no armazenamento. Entretanto, o tempo de armazenamento influencia significativamente nos resultados de elasticidade, promovendo incremento na elasticidade dos grãos.

Nas Tabelas 41 e 42 é possível observar que no decorrer do armazenamento ocorre incremento significativo na gomosidade, fato não observado quando comparadas as temperaturas de armazenamento.

A mastigabilidade dos grãos cozido, apresentadas nas Tabelas 43 e 44, não sofre influência significativa das temperaturas de armazenamento, porém ocorre incremento na força necessária para executar a mastigação do alimento a partir do oitavo mês de armazenamento.

Nas Tabelas 45, 46, 47 e 48 são apresentados atributos sensoriais dos grãos de arroz cozidos, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 45. Atributos sensoriais (cor, brilho e odor) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Atributos		
	Cor	Brilho	Odor
1º Mês			
Inicial	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
4º Mês			
24	Branca pouco intensa	Típico de branco	Típico de branco
20	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8º Mês			
24	Branca pouco intensa	Muito alterado	Alterado forte
20	Branca pouco intensa	Brilho alterado	Alterado pouco forte
16	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12º Mês			
24	Branca intensa	Muito alterado	Alterado forte
20	Branca intensa	Muito alterado	Alterado forte
16	Branca pouco intensa	Brilho alterado	Alterado pouco forte
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco

Tabela 46. Atributos sensoriais (cor, brilho e odor) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Atributos		
	Cor	Brilho	Odor
1º Mês			
Inicial	Típica de Branco	Típico de Branco	Típico de Branco
4º Mês			
24	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
20	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8º Mês			
24	Branca pouco intensa	Brilho alterado	Pouco alterado
20	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12º Mês			
24	Branca pouco intensa	Brilho alterado	Pouco alterado
20	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típico de branco

Observando-se os resultados expressos nas Tabelas 45 e 46, é possível verificar que os atributos sensoriais cor, brilho e odor são influenciados pelo tempo de armazenamento sendo mais evidenciadas nos grãos armazenados com umidade de 15% onde se podem verificar alterações a partir do oitavo mês de armazenamento em temperaturas acima de 16°C. Nesta umidade foram observadas também alterações sensoriais no oitavo mês de armazenamento, este fato não é evidenciado nos grãos armazenados com 12% de umidade.

A umidade e o tempo de armazenamento provocaram alterações sensoriais na cor, no brilho e odor dos grãos, provocando prejuízos sensoriais aos grãos, reduzindo sua aceitabilidade para o consumo quando armazenados com 15% de umidade por um período de tempo maior de quatro meses.

Tabela 47. Atributos sensoriais (soltabilidade, sabor e firmeza) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Atributos		
	Soltabilidade	Sabor	Firmeza
1º Mês			
Inicial	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
4º Mês			
24	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
20	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8º Mês			
24	Grãos aderidos	Alterado forte	Pouca firmeza
20	Pouco soltabilidade	Pouco alterado	Pouca firmeza
16	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12º Mês			
24	Grãos aderidos	Alterado forte	Pouca firmeza
20	Grãos aderidos	Alterado forte	Pouca firmeza
16	Pouco soltabilidade	Pouco alterado	Pouca firmeza
12	Típica de branco	Pouco alterado	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco

Tabela 48. Atributos sensoriais (soltabilidade, sabor e firmeza) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Atributos		
	Soltabilidade	Sabor	Firmeza
1º Mês			
Inicial	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
4º Mês			
24	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
20	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
16	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8º Mês			
24	Pouca soltabilidade	Pouco alterado	Pouca firmeza
20	Pouca soltabilidade	Típico de branco	Pouca firmeza
16	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12º Mês			
24	Pouca soltabilidade	Pouco alterado	Pouca firmeza
20	Pouca soltabilidade	Típico de branco	Pouca firmeza
16	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
12	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco
8	Típica de branco	Típico de branco	Típica de branco

Os atributos sensoriais de soltabilidade, sabor e firmeza (Tabelas 47 e 48) também foram alterados no decorrer do armazenamento com maiores evidências nos grãos armazenados com 15% de umidade, mostrando que para se armazenar os grãos por períodos de tempo maiores pode ser utilizado o controle de umidade de grãos juntamente com o controle da temperatura de armazenamento, podendo ter os grãos com atributos sensoriais semelhantes aos iniciais por um período de tempo maior. Os resultados dos atributos sensoriais estão de acordo com os encontrados por Park et al. (2012).

Nas Tabelas 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 e 58 são apresentadas as propriedades de pasta (RVA) dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e

12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 49. Pico de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Pico de Viscosidade (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 234,64 d	A 266,11 b	A 268,72 b	A 493,58 a
20	A 234,64 c	B 254,94 bc	A 260,11 b	AB 465,53 a
16	A 234,64 c	C 230,64 c	A 258,33 b	A 469,56 a
12	A 234,64 b	C 227,66 b	B 238,39 b	BC 432,05 a
8	A 234,64 b	C 225,91 b	B 227,50 b	C 429,08 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 50. Pico de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Pico de Viscosidade (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 234,64 d	A 260,75 c	A 278,58 b	A 462,28 a
20	A 234,64 c	B 246,72 bc	B 258,39 b	A 458,00 a
16	A 234,64 c	C 233,97 c	C 245,25 b	B 432,45 a
12	A 234,64 bc	C 227,44 c	D 238,86 b	C 408,11 a
8	A 234,64 b	C 229,61 b	E 218,14 c	C 403,97 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 49 e 50 é possível verificar que durante o armazenamento ocorre incremento significativo do pico de viscosidade. Nos grãos armazenados com umidade maior (Tabela 49), este incremento é mais evidente, sendo este parâmetro influenciado não somente pelo tempo mas também pela temperatura de armazenamentos dos mesmos não importando a umidade de armazenamento dos grãos (Tabelas 49 e 50), embora haja maior evidencia deste incremento nos grãos armazenados com umidade de 15%.

Segundo Dhaliwal et al. (1991), isto ocorre devido ao progressivo declínio da atividade da  $\alpha$ -amilase nos grãos de arroz. O aumento da viscosidade com o aumento da temperatura pode também ser atribuído à remoção de água a partir da amilose exsudada pelos grânulos quando incham (GHIASI et al., 1982).

Tabela 51. Quebra de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Quebra de viscosidade (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 22,03 b	B 25,13 b	B 21,44 b	A 95,58 a
20	A 22,03 b	B 25,58 b	B 22,56 b	A 110,08 a
16	A 22,03 b	AB 26,11 b	AB 23,97 b	A 97,30 a
12	A 22,03 b	AB 28,36 b	A 26,83 b	A 93,28 a
8	A 22,03 b	A 29,86 b	A 27,22 b	A 90,28 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 52. Quebra de viscosidade dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Quebra de viscosidade (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 22,03 b	C 21,47 b	D 16,86 b	A 115,58 a
20	A 22,03 b	B 25,50 b	C 26,14 b	AB 98,72 a
16	A 22,03 b	AB 28,97 b	B 28,72 b	A 116,69 a
12	A 22,03 b	A 31,03 b	A 34,56 b	AB 95,08 a
8	A 22,03 c	A 29,89 b	A 35,14 b	B 76,08 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Nas Tabelas 51 e 52 é possível verificar que o armazenamento até o oitavo meses não influencia na propriedade viscoamilográfica de quebra sendo mais perceptível a influência significativa da temperatura de armazenamento sobre esta propriedade a partir desse período esta diferença fica menos perceptível. Segundo Noomhorm et al. (1997) a redução da quebra (breakdown) indica que a capacidade de ruptura do grânulo do amido durante o cozimento é reduzida.

Tabela 53. Viscosidade final dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Viscosidade final (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 354,50 c	A 458,50 b	A 474,25 b	A 695,22 a
20	A 354,50 c	B 435,28 b	B 449,92 b	B 642,50 a
16	A 354,50 c	C 409,00 b	C 425,67 b	BC 625,00 a
12	A 354,50 c	C 400,14 b	A 394,25 b	C 591,19 a
8	A 354,50 b	C 396,16 b	D 387,75 b	C 588,99 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 54. Viscosidade final dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Viscosidade final (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 354,49 c	A 452,28 b	A 465,42 b	A 669,96 a
20	A 354,49 c	B 416,41 b	B 430,41 b	B 619,94 a
16	A 354,49 c	BC 408,89 b	B 424,44 b	B 619,44 a
12	A 354,49 c	C 393,53 b	C 387,42 bc	C 564,55 a
8	A 354,49 c	D 402,36 b	C 399,53 b	C 561,22 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os resultados apresentados nas Tabelas 53 e 54 é possível verificar que o aumento do tempo de armazenamento proporciona incremento na viscosidade final e que temperaturas mais baixas de armazenamento retardam este incremento na viscosidade final. Os resultados de viscosidade final são um bom indicador para valores de firmeza dos grãos após o cozimento e bom indicador da qualidade de cocção dos grãos, conforme relatam Borompichaichartkul et al. (2007).

Tabela 55. Retrogradação dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Retrogradação (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 148,56 c	A 224,61 b	A 230,67 b	A 297,22 a
20	A 148,56 c	AB 216,17 b	AB 218,86 b	A 287,06 a
16	A 148,56 c	B 198,61 b	BC 200,11 b	A 252,75 a
12	A 148,56 c	B 195,02 b	C 185,67 b	A 252,42 a
8	A 148,56 b	B 195,42 b	C 185,53 b	A 250,19 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 56. Retrogradação dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Retrogradação (RVU)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 148,55 c	A 217,16 b	A 215,55 b	AB 273,25 a
20	A 148,55 c	B 199,52 b	A 211,30 b	A 310,08 a
16	A 148,55 c	B 202,58 b	AB 200,61 b	A 303,69 a
12	A 148,55 c	B 203,97 b	B 184,14 b	BC 251,47 a
8	A 148,55 c	B 194,92 b	AB 192,47 b	C 233,33 a

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 55 e 56 é possível verificar incrementos significativos na retrogradação no decorrer do tempo e com o aumento da temperatura de armazenamento, sendo este incremento mais evidenciado nos grãos armazenados com 15% de umidade. Segundo Loh (1992) a retrogradação é devida à lixiviação das moléculas de amilose de grânulos de amido remanescente.

A avaliação conjunta dos comportamentos exibidos nas Tabelas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 e 56 permite verificar que as mesmas condições que provocam o aumento da viscosidade resultam em aumentos do tempo e reduções dos rendimentos na cocção, reduções na adesividade, aumentos na firmeza e na coesividade, com alterações marcantes nos atributos

sensoriais. O armazenamento de grãos semi-secos (15% de umidade inicial), mesmo com resfriamento, se equivale ao de grãos armazenados secos (12% de umidade inicial) até o quarto mês.

Para grãos armazenados secos (12% de umidade inicial) o resfriamento a temperaturas de 16°C ou menos preserva a consevabilidade, as propriedades tecnológicas, o desempenho industrial e os atributos sensoriais do arroz em pelo menos um ano de armazenamento.

Tabela 57. Temperatura de pasta dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Temperatura de pasta (°C)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 63,02 ab	A 63,50 ab	A 63,72 a	A 62,00 b
20	A 63,02 a	A 62,66 a	AB 62,58 a	AB 61,21 b
16	A 63,02 a	A 62,33 a	B 62,02 a	C 59,62 c
12	A 63,02 a	A 62,63 a	B 61,52 ab	BC 59,98 b
8	A 63,02 a	A 61,87 ab	B 61,43 b	C 59,45 c

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Tabela 58. Temperatura de pasta dos grãos de arroz armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas (°C)	Temperatura de pasta (°C)			
	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
24	A 63,02 a	A 62,55 a	A 62,65 a	B 59,63 b
20	A 63,02 a	A 62,64 a	A 62,03 a	A 61,50 a
16	A 63,02 a	A 62,35 ab	A 61,85 ab	AB 60,57 b
12	A 63,02 a	A 62,00 a	A 61,83 a	B 58,98 b
8	A 63,02 a	A 61,08 a	A 61,75 a	B 59,35 b

Médias aritméticas simples, de três repetições, seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, e letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância;

Conforme pode ser observado nas Tabelas 57 e 58, a temperatura de pasta não sofre influência da temperatura de armazenamento bem como não são

evidenciadas diferenças significativas até oito meses entre as temperaturas de armazenamento, só ocorrendo após esse período.

Nas Tabelas 59 e 60 são apresentadas as propriedades térmicas (DSC) dos grãos de arroz, armazenados em casca, com 15 e 12% de umidade, durante doze meses, em temperatura ambiente (24°C) e quatro de resfriamento (20, 16, 12 e 8°C).

Tabela 59. Propriedades térmicas (DSC) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 15%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas	Tp (°C)	To (°C)	Tc (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\Delta H$ (J.g <sup>-1</sup> )
1º Mês					
Inicial	63,57	57,58	67,96	10,38	3,5
4º Mês					
24	63,3	56,57	68,92	12,35	5,19
20	62,97	57,79	68,01	10,22	3,53
16	62,73	56,82	68,36	11,54	3,81
12	62,98	57,87	68,47	10,6	3,98
8	63,14	57,89	67,74	9,85	3,36
8º Mês					
24	63,45	56,21	69,55	13,34	6,18
20	63,44	55,72	68,77	13,05	5,75
16	63,37	56,4	69,44	13,04	5,99
12	63,05	54,88	68,09	13,21	4,15
8	62,61	56,48	68,55	12,07	4,12
12º Mês					
24	63,3	57,46	69,84	12,38	5,24
20	63,73	57,98	69,67	11,69	5,24
16	63,83	59,02	69,17	10,15	5,15
12	62,59	58,66	68,82	10,16	5,02
8	63,41	58,55	68,78	10,24	4,01

Tabela 60. Propriedades térmicas (DSC) dos grãos de arroz cozidos, armazenados com casca, durante doze meses, com umidade inicial de 12%, em temperatura ambiental (24°C) e em quatro temperaturas de resfriamento

Temperaturas	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔT (°C)	ΔH (J.g <sup>-1</sup> )
1º Mês					
Inicial	63,57	57,58	67,96	10,38	3,5
4º Mês					
24	62,67	59,41	70,44	11,03	5,30
20	63,55	57,36	69,18	11,82	4,76
16	63	57,04	68,08	11,04	4,07
12	62,86	57,09	68,06	10,97	3,24
8	63,02	57,89	67,63	9,74	3,92
8º Mês					
24	63,42	57,42	68,95	11,53	5,34
20	62,95	56,33	68,28	11,95	4,34
16	62,23	57,03	67,67	10,64	4,57
12	63,69	58,55	69,07	10,52	3,21
8	63,14	57,9	67,75	9,85	3,47
12º Mês					
24	63,42	57,9	70,21	12,31	4,66
20	63,37	58,36	68,45	10,09	4,32
16	63,16	57,57	68,35	10,78	4,15
12	63,4	57,58	68,51	10,93	3,99
8	63,31	58,86	69,26	10,4	3,77

Observando-se os resultados apresentados nas Tabelas 59 e 60 é possível verificar uma tendência no aumento da entalpia com o aumento da temperatura de armazenamento, não sendo este aumento constatado no decorrer do tempo. Estes resultados estão de acordo com os encontrados com por Yu et al. (2010) e Tananuwong e Malila (2011).

## 5. CONCLUSÕES

- ✓ 5.1 O resfriamento para temperaturas de 16°C ou menos de grãos secos (12% de umidade inicial) preserva a conservabilidade, as propriedades tecnológicas, o desempenho industrial, os parâmetros de cocção e os atributos sensoriais do arroz em pelo menos um ano de armazenamento;
  
- ✓ 5.2 O resfriamento para temperaturas de 16°C ou menos de grãos semi-secos (15% de umidade inicial) preserva a conservabilidade, as propriedades tecnológicas, o desempenho industrial, os parâmetros de cocção e os atributos sensoriais do arroz por até quatro meses de armazenamento;

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARASINGHE, B.M.W.P.K.; KUMARASIRI, M.P.M.; GANGODAVILAGE, N.C. Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. Food and Bioproducts Processing. V 87, p. 108–114, 2009

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 Editor, 2002, 240 p.

AOAC – OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 16<sup>th</sup> ed., Washington, DC, 1997.

AOCS – American Oil Chemists' Society. Official and tentative methods of the American Oils Chemists' Society, Champaign, Il., 1992.

AOSANI, E. Efeitos da temperatura do ar de secagem e das condições de armazenamento sobre a conservabilidade de grãos de soja. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas 2007. 84f.

ARAUJO, J.M.A. Química de alimentos: teoria e prática. 3. ed. Rev. - Viçosa: Editora UFV, 2006. 478p.

BAO, J.; KONG, X.; XIE, J., XU, L. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. Journal of Agriculture and Food Chemistry, v. 52, p. 6010-6016, 2004.

BIAGGIONI, M.A.M.; BARROS, R.E. Teor de acidez graxa como índice de qualidade em arroz. Cienc. Agrotec., Lavras, v. 30, n. 4, Lavras. 2006.

BOROMPICHAICHARTKUL, C.; WISSET, L.; TULAYATUN, V.; TUNTRATEAN, S.; THETSUPAMORN, T.; IMPAPRASERT, R.; WAEDALOR, I. Comparative study of effects of drying methods and storage conditions on aroma and quality attributes of Thai jasmine rice. *Drying Technology*. v.25 (7), 2007, p. 1185–1192.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma de classificação, embalagem e marcação do arroz. Instrução Normativa Nº 6, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 3. 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: DNDV/CLAV, 2009.

CHAMPAGNE, E.T., et al. "Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice." *Cereal Chemistry*. V. 75.n. 2: p. 181-86,1998.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento de safras. Disponível em [www.conab.org.br](http://www.conab.org.br). Acesso em outubro de 2012.

DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P.; STORCK, C.R.; NÖRNBERG, J.L. Mineral composition of brown, parboiling and white rice cultivars. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

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.

DHALIWAL, Y.S.; SEKHON, K.S.; NAGI, H.P.S. Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. *Cereal Chemistry*. V. 68, 1991, p. 18-21.

ELBERT, G.; TOLABA, M.; SUAREZ, C. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. *Journal of Food Engineering*, v. 47, p.37–41, 2001.

ELIAS, M.C. Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade. 1. ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPEL, 2007. v. 1. 424 p.

ELIAS, M.C. Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado. Pelotas, 1998. 164f. Tese

(Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ELIAS, M.C. Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 367p.

ELIAS, M.C.; [SCHIAVON, R.A.](#); [OLIVEIRA, M.](#); [RUTZ, D.](#); [VANIER, N.L.](#); [PARAGINSKI, R.T.](#) Tecnologias e Inovações nas Operações de Pré-armazenamento, Armazenamento e Conservação de Grãos. In: Moacir Cardoso Elias, Maurício de Oliveira; Rafael de Almeida Schiavon. (Org.). Sistema Qualidade de Arroz na Pós-Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas. 1ed. Pelotas: Santa Cruz, 2010, v. 1, p. 213-266.

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.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em Março de 2011.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, P. M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate Polymers, v.32, n. 3, p.177-191, 1997.

GALLANT, D.J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, P.M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate Polymers, v.32, n. 3, p.177-191, 1997.

GHIASI, K.; VARRIANO-MARSTON, K.; HOSENEY, R.C. Gelatinization of wheat starch. II. Starch-surfactant interaction. Cereal Chemistry v. 59 (2), 86-88, 1982.

GOLACHOWSKI, A. Properties of starch obtained from potato tubers influenced by various temperatures. Starch-Starke, 37(8), 263–266, 1985.

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.

GULARTE, M.A. Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), 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.

HARA, T. Sistema de aeração de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL.V. M. (Ed.) Armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. cap. 6.2, p. 361-377.

HEINRICH, B. Grain preservation by means of refrigeration in tropical countries. Sulzer Technical Review, Bonn, n.4, 1989.

HELBIG, E. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. 2007. 135f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia> Acesso em 08 agosto 2012.

IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. Disponível em: <http://irga.rs.gov.br>. Acesso em junho de 2012.

KAUR, S.; SINGH, N.; SODHI, N. S.; RANA, J. C. Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. *Food Chemistry*, v. 117, p. 282-289, 2009.

KAZAMI, D., TSUCHIYA, T., KOBAYASHI, Y., & OGURA, N. Effect of storage temperature on the quality of potato tubers. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 47(11), 851–856. 2000.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, v.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KITAHARA, K.; COPELAND, L. A simple method for fractionating debranched starch using a solid reversed-phase cartridge. *J. Cereal Science*, v.39, n. 1, p.91- 98, 2004.

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. Aeração de grãos. Viçosa: Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1981. 128 p.

LAZZARI, S.M.N.; KARKLE, A.F. e LAZZARI, F.A. Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico. *Rev. Bras. entomol.* 2006, vol.50, n.2, pp. 293-296.

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, v. 36, n. 6, p. 534-544, 1959.

LOH, J., The effect of shear rate and strain on the pasting behavior of foodstarches. *Journal of Food Engineering*. V. 16, p. 75-89, 1992.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; 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.

LYON, B.G.; CHAMPAGNE, E.T.; VINYARD, B.T.; WINDHAM, W.R. Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices. *Cereal Chemistry*. V. 77.n.1 p.64-69, 2000.

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

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

MENEGHETI, 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.

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), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NABESHIMA, H.A.; EL-DASH, A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. Boletim do CEPPA, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

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

NAVES, M.M.V. Características químicas e nutricionais do arroz. Boletim do CEPPA , v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

ONDIER, G.O.; SIEBENMORGEN, T.J.; MAUROMOUSTAKOS, A. Low temperature, low relative humidity drying of rough rice. Journal of Food Engineering. V. 100 p. 545–550, 2010.

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, 2012, p. 25-29

PEREIRA, J.A.; RANGEL, P.H.N. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado no Piauí. Ciência Agrotecnologia, v. 25, n. 3, p. 569-575, 2001.

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

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.

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

SHIH, F.F.; DAIGLE, K.W. Preparation and characterization of rice protein isolates. Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 77, n. 8, p. 885-889, 2000.

SILVA, M.A.; SANCHES, C.; AMANTE, E.R. "Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran." Journal of Food Engineering. V. 75.n. 4: p. 487-491, 2006.

SOARES. T. A.; BIAGGIONI. M. A.M.; FRANCA NETO. J.B. Analise de acidez graxa como índice de qualidade em grãos de soja. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 20, n. 1, 2005, p. 91-102.

SOWOKINOS, J.R.; ORR, P.H.; KNOPER, J.A.; VARNS, J.L. Influence of potato storage and handling stress on sugars, chip quality and integrity of the starch (amyloplast) membrane. American Potato Journal, 64, 213–226, 1987.

SRZERDNICKI, G.; SINGH, M.; DRISCOLL, R.H. Effects of chilled aeration on grain quality. In: 9<sup>th</sup> Internacional Working Conference on Stored Product Protection, 9., 2006, Campinas. Proceedings... Campinas: ABRAPÓS, 2006. p. 1359, ref. 985-993.

STORCK, C.R.; SILVA, L.P.; FAGUNDES, C.A.A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. Journal of Food Composition and Analysis, v.18, n. 4, p. 333-341, 2005.

TANANUWONG, K.; MALILA, Y.; Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. Food Chemistry. V. 125, p.179-185, 2011.

TECHAWIPHARAT, J.; SUPHANTHARIKA, M.; BEMILLER, J.N. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. Carbohydrate Polymers, v. 73, n. 3, p. 417-426, 2008.

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. *Carbohydrate Polymers*, v. 58, n. 3, p. 245-266, 2004.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.4,p.1184-1192, 2008.

WANG, L.; WANG, Y.J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. *Journal of Cereal Science*, v. 39, n. 2, p. 291-296, 2004

YU, S.; MA, Y.; LIU, T.; MENAGER, L.; SUN, D.W. Impacto of cooling rates on the staling behavior of cooked rice during storage. *Journal of Food Engineering*. V.96, 2010, p.416-420.

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

ZHANG, Y.; SIMSEK, S. Physicochemical changes of starch in refrigerated dough during storage. *Carbohydrate Polymers*, 78, 268-274, 2009.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, K.; BLANCHARD, C. Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *Journal of Cereal Science*, v.35, p.65-78, 2002.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. Effect of storage temperature on rice thermal properties. *Food Research International*, Barking, n. 3, v. 43, p. 709-715, 2010.