

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



DISSERTAÇÃO

**PARÂMETROS DE QUALIDADE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE
ARROZ E DE TRIGO SUBMETIDOS AO MÉTODO DE RESFRIAMENTO
DINÂMICO EM ESCALA INDUSTRIAL E ARMAZENADOS EM BAGS
– ESTUDO DE CASO -**

BRUNO BERNARDES LYRA

Pelotas, 2022

BRUNO BERNARDES LYRA

**PARÂMETROS DE QUALIDADE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE
ARROZ E DE TRIGO SUBMETIDOS AO MÉTODO DE RESFRIAMENTO
DINÂMICO EM ESCALA INDUSTRIAL E ARMAZENADOS EM BAGS
- ESTUDO DE CASO -**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, FAEM – UFPEL

Prof. Dr. Nathan Levien Vanier – FAEM - UFPEL

Prof. Dr. Volnei Luiz Meneghetti, IFFAR, Campus Panambi

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

L992p Lyra, Bruno Bernardes

Parâmetros de qualidade industrial e tecnológica de grãos de arroz e de trigo submetidos ao método de resfriamento dinâmico em escala industrial e armazenados em bags / Bruno Bernardes Lyra; Moacir Cardoso Elias, orientador; Nathan Levien Vanier, Volnei Luiz Meneghetti, coorientadores. — Pelotas, 2022.

42 f.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB:

10/901

BRUNO BERNARDES LYRA

**PARÂMETROS DE QUALIDADE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICA DE GRÃOS DE
ARROZ E DE TRIGO SUBMETIDOS AO MÉTODO DE RESFRIAMENTO
DINÂMICO EM ESCALA INDUSTRIAL E ARMAZENADOS EM BAGS
- ESTUDO DE CASO -**

Dissertação apresentada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias – CMPCTA – UFPel

Prof^a. Dr^a. Rosana Colussi – CMPCTA – UFPel

Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon – UEM

Dra. Angélica Demito

Dedico

A minha esposa, meus pais, colegas, professores,
amigos, ...

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar toda a força, saúde e ter permitido chegarmos até aqui.

A minha esposa Andressa Carneiro, aos meus pais Claudenir Lyra e Lúcia Lyra por todo o apoio, amor e compreensão pelas horas longe deles.

Ao professor Moacir Cardoso Elias, pela a orientação, apoio, compreensão e pela amizade paternal nesse período que estive dedicado a pós graduação.

Aos professores Nathan Levien Vanier e Volnei Luiz Meneghetti por todo o conhecimento compartilhado, amizade e parceria durante a pós graduação.

Aos colegas da Labgrãos Abner Tabordes Rutz, Guilherme Hemp Osterberg, Guilherme Tzerciak Vargas, Henrique de Matos Ferreira Cavalheiro, Marcos de Oliveira Monte, Matheus Nataniel Lemos Lima, Nelson Hilário Mubai e Patrick da Silva Silva por toda a ajuda no laboratório, pelo auxílio direto e/ou indireto nas atividades desta dissertação e principalmente pelo acolhimento recebido.

À empresa Imexsul Insumos Agrícolas Ltda pelas amostras fornecidas e por permitir a realização em suas instalações para a execução de parte desse estudo de caso.

A empresa Coolseed Indústria e Comercio de Equipamentos Agrícolas Ltda pelo o apoio inicial e disponibilidade para essa pós graduação ter sido executada.

RESUMO

LYRA, Bruno Bernardes. Parâmetros de qualidade industrial e tecnológica de grãos de arroz e de trigo submetidos ao método de resfriamento dinâmico em escala industrial e armazenados em bags – Estudo de Caso - 2022, XXf. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Grãos como arroz e trigo têm suas propriedades tecnológicas modificadas durante o armazenamento, porém essas alterações podem ser controladas com manejos adequados de umidade e temperatura dos grãos no ambiente em que são armazenados. Objetivou-se, com o trabalho, executado com Metodologia de Estudo de Caso, avaliar efeitos do resfriamento dinâmico e do frio no armazenamento sobre parâmetros de qualidade dos grãos de arroz cultivar IRGA-424 RI e dos grãos de trigo dos cultivares TBIO Aton e TBIO Toruk, armazenados em bags por 12 e oito meses, em armazém industrial com resfriamento artificial controlado em temperaturas de 15 a 17°C e umidade relativa de 65%. No arroz foram avaliados umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, amido e fibras, renda e rendimento industrial, peso de mil grãos e peso volumétrico nos grãos em casca, defeitos metabólicos e não metabólicos, tempo, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico na cocção, dureza, adesividade, aspecto, aroma e soltabilidade de arroz integral e polido. No trigo foram avaliados umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, amido e fibras, *perfil colorimétrico*, condutividade elétrica e *Falling Number*. Os resultados permitem concluir que o resfriamento dinâmico seguido do armazenamento em ambiente resfriado a 15-17°C mostraram ser tecnologias eficientes para preservar parâmetros de qualidade tecnológica, industrial e comercial de grãos de arroz e de trigo, em pelo menos doze e oito meses, respectivamente.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., *Oryza sativa* L, temperatura de conservação, performance de armazenagem.

ABSTRACT

LYRA, Bruno Bernardes. Industrial and technological quality parameters of rice and wheat grains submitted to the dynamic cooling method on an industrial scale and stored in bags – Case Study - 2022, XXf. Dissertation (Professional Master's in Food Science and Technology) – Professional Master's Course in Food Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022.

Grains such as rice and wheat have their technological properties modified during storage, but these changes can be controlled with proper management of grain humidity and temperature in the environment in which they are stored. The objective, with the work in Case Study Methodology, was to evaluate the effects of dynamic cooling and cold on quality parameters of rice grains of the cultivar IRGA-424 RI stored in wheat bags stored in bags for 12 months and in grains of wheat cultivars ATON and TORUK, stored for 8 months, also in bags, in an industrial warehouse with controlled artificial cooling at temperatures from 15 to 17°C and relative humidity of 65%. In rice, moisture, ash, lipids, proteins, starch and fibers, income and industrial yield, thousand-grain weight and volumetric weight in husk grains, metabolic and non-metabolic defects, time, gravimetric yield and volumetric yield in cooking, hardness were evaluated. , adhesiveness, appearance, aroma and looseness of brown and polished rice. In wheat, moisture, thousand-grain weight and volumetric weight, metabolic and non-metabolic defects, moisture, ash, lipids, proteins, starch and fibers, colorimetric profile, electrical conductivity and Falling Number were evaluated. The results allow us to conclude that dynamic cooling followed by storage in a cooled environment at 15-17°C proved to be efficient technologies to preserve parameters of technological, industrial and commercial quality of rice and wheat grains, in at least twelve and eight months, respectively.

Keywords: *Triticum aestivum* L., *Oryza sativa* L, storage temperature, storage performance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes do trigo do Grupo II (destinado à moagem e outras finalidades), conforme estabelecido no Anexo III da Instrução Normativa nº 38, de 31/11/2010, alterada pela IN nº 23 de 1º/07/2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento..	9
Tabela 2. Caracterização das amostras dos grãos de trigo do genótipo ATON, utilizadas no trabalho.....	26
Tabela 3. Caracterização das amostras dos grãos de trigo do genótipo TORUK, utilizadas no trabalho.....	26
Tabela 4. Parâmetros para determinação da classe do arroz das amostras utilizadas no estudo.	27
Tabela 5. Composição química básica de grãos de arroz em casca integral e polido, utilizados no estudo.....	28
Tabela 6. Composição química básica de grãos de trigo, genótipo ATON, avaliada ao início e após 8 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em 16+1°C em unidade armazenadora industrial.....	28
Tabela 7. Composição química básica de grãos de trigo, genótipo TORUK, avaliada ao início e após 8 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em 16+1°C em unidade armazenadora industrial.....	28
Tabela 8. Composição química básica de grãos de arroz, integral e polido, avaliada ao início e após 12 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em 16+1°C em unidade armazenadora industrial.....	29
Tabela 9. Percentagem de incidência de defeitos metabólicos e não metabólicos em grãos armazenados com resfriamento artificial entre 15° e 16°C durante doze meses.	30
Tabela 10. : Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de arroz integral ao longo de 12 meses de armazenamento refrigerado dos grãos em casca.....	31
Tabela 11. Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de arroz polido ao longo de 12 meses de armazenamento refrigerado dos grãos em casca.....	32
Tabela 12. Parâmetros tecnológicos e de avaliação do consumidor em arroz integral.	33
Tabela 13. Parâmetros tecnológicos e de avaliação do consumidor em arroz polido.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Importância das cadeias produtivas, características e propriedades tecnológicas e nutricionais do arroz e do trigo	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Material.....	23
3.2. Instalação do experimento e local de desenvolvimento.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Caracterização das amostras de trigo.....	25
4.2. Caracterização das amostras de arroz.....	27
4.3 Atributos de qualidade dos grãos de trigo	28
4.4 Atributos de qualidade dos grãos de arroz	29
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*, L.) e o trigo (*Triticum aestivum* L.) são duas das poáceas mais cultivadas no mundo e têm grande importância na alimentação humana, sendo fontes principalmente de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais. Ambas as espécies têm seus cultivos predominantes na região sul do Brasil. Enquanto o arroz constitui com o feijão o prato típico da cultura gastronômica nacional, o pão de trigo é o alimento consumido pelo maior número de brasileiros, sendo sua farinha matéria prima essencial na confeitaria e nas indústrias de panificação, de massas e biscoitos. O Brasil é autossuficiente na produção de arroz, exportando cerca de 10% do que produz, porém importa praticamente a metade do trigo que necessita para o consumo. A qualidade dos grãos, tanto de arroz como de trigo, é influenciada por fatores como genótipo, condições edafoclimáticas de cultivo, manejo agrônomo de produção (correção e preparo do solo, adubação, controle de plantas daninhas, de insetos e de microrganismos, suprimento hídrico especialmente no arroz), colheita e manejo pós-colheita (secagem, armazenamento e industrialização). Manejos inadequados destes fatores podem alterar as propriedades tecnológicas, nutricionais e sanitárias dos grãos, comprometendo a sua utilização. Tanto o arroz como o trigo necessitam ser industrializados para serem consumidos.

No Brasil, especialmente nas últimas décadas, há expressivos e inegáveis avanços no conhecimento da etapa de produção, porém há carência de informações científicas sobre tecnologias de armazenamento tanto do arroz como do trigo. Esses fatos fazem com que as indústrias busquem soluções para suas demandas, pois os grãos precisam ser armazenados de forma segura até a industrialização. A massa de grãos armazenada constitui um ecossistema que necessita ser muito bem manejada tecnologicamente porque é propícia para deteriorações resultantes de interações entre fatores físicos, químicos, bioquímicos e biológicos, ou seja, fatores abióticos e bióticos associados aos metabolismos dos próprios grãos e dos demais organismos. A utilização de tecnologias baseadas no controle da temperatura tem ganhado expressão nas últimas décadas, não apenas no armazenamento de sementes, setor em que se iniciou e mais recentemente tem se expandido para a armazenagem de grãos destinados à industrialização e ao consumo. Nas últimas décadas têm surgido

tecnologias como o resfriamento dinâmico e o armazenamento de sementes em bags, despertando o interesse também do setor de grãos, o que motivou a execução do presente trabalho de pesquisa, estruturado na metodologia de estudo de caso, objetivando buscar respostas quanto à adequabilidade do resfriamento dinâmico seguido do armazenamento em bags em unidades industriais na preservação de parâmetros de qualidade tecnológica de interesse comercial, de industrialização e de consumo de arroz e de trigo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância das cadeias produtivas, características e propriedades tecnológicas e nutricionais do arroz e do trigo

Dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura ou Food and Agriculture Organization (FAO/STAT, 2022) dão conta de que o trigo (*Triticum aestivum*, L.) e o arroz (*Oryza sativa* L.) são respectivamente o segundo e o terceiro cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sendo superados apenas pela milho. No Brasil, ambos apresentam grande importância econômica e tem um significado social muito grande, pois estão intimamente vinculados à cultura gastronômica nacional.

O arroz é o principal alimento para mais da metade da população mundial, representando importante fonte de calorias na alimentação humana, contribuindo significativamente no suprimento das necessidades de alguns minerais da dieta (VALTER et al., 2008). Dentre os grãos de grande consumo, é considerado o que tem as proteínas de melhor equilíbrio de aminoácidos importantes, formando com o feijão um excelente balanço nutricional (AMATO e ELIAS, 2005) e é a espécie de maior potencial de aumento na produção para combate a fome no mundo (GOMES e MAGALÃES JÚNIOR, 2004). A produção e consumo *per capita* de arroz no Brasil são os maiores do mundo fora do continente asiático (CONAB, 2022).

O trigo, um cereal de inverno, utilizado na alimentação em diversos continentes e matéria prima fundamental para a panificação, confeitarias e indústrias de massas, biscoitos e bolachas, é também excelente fonte de carboidratos, gorduras, minerais, vitaminas, compostos bioativos e de proteínas especiais que formam o glúten, fundamental na fabricação de pães, devido a suas propriedades reológicas (GUARIENTI, 1996; SCHEUER, 2009; UTHAYAKUMARAN; WRIGLEY, 2010; GUTKOSKI et al., 2011; KIBAR, 2015; GUARIENTI et al., 2018).

A produção brasileira de arroz ultrapassou doze milhões de toneladas anuais nas últimas safras por safra, o que coloca o país entre os dez maiores produtores mundiais e o maior da América do Sul, estando nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina mais de 80% da produção nacional (CONAB, 2022).

A cadeia do agronegócio do arroz no Rio Grande do Sul envolve anualmente a produção superior a 8 milhões, garantindo a estabilidade das safras anuais, com um pouco mais de 70% de todo o arroz produzido no Brasil e de quase toda a exportação nacional, representando cerca de três bilhões de reais ao ano no PIB (Produto Interno Bruto), gerando mais de duzentos e trinta mil empregos diretos e indiretos no Estado (IRGA, 2022).

A produção anual de trigo tem oscilado entre cinco e seis milhões de toneladas. Cerca de 90% da produção ocorre na região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, como alternativa de cultivo de inverno nos sistemas de sucessão na produção e em algumas microrregiões como componente do sistema de integração lavoura-pecuária. Tem havido tentativas, com bom êxito, de introdução do cereal, ainda que em menor escala, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e também no Distrito Federal. O consumo anual de trigo no país é próximo a 12 milhões de toneladas e a produção brasileira corresponde a pouco mais de 50% da demanda interna, sendo importada quase a metade do trigo consumido pelos brasileiros (CONAB, 2022).

No arroz, o endosperma, representando cerca de 90% da cariopse. É o principal componente do grão polido ou branco, sendo formado por grânulos de amido, proteínas e outros constituintes (HOSENEY, 1991; DELCOUR e HOSENEY, 2010).

O arroz tem fácil digestão e fornece cerca de 20% da energia e 15% da proteína necessárias ao consumo humano (GOMES et al., 2004). Pode ser utilizado para consumo humano sob diversas formas: arroz polido, parboilizado e integral; óleo e farinha de arroz, entre outros (ELIAS et al., 2012). 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; NABESHIMA e EL-DASH, 2004; NAVES, 2007).

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 estão concentrados nas camadas superficiais da cariopse e no germe (SELLAPAN, 2009). A remoção destes durante o processo de

beneficiamento causa uma grande redução do seu valor nutricional (HEINEMANN, 2005; MONCKS et al., 2013). 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 esbrançado 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).

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 (VALTER et al., 2008).

O trigo é a única matéria-prima do grupo alimentar brasileiro de grande consumo que o Brasil é dependente de importação. Há razões conhecidas para isso, mas chega a ser quase paradoxal, pois é exatamente no agronegócio que o país tem apresentado grande desempenho nas exportações e os produtos nacionais têm conquistado novos e maiores mercados em diferentes regiões do mundo (SCOLARI, 2006) especialmente nos últimos anos (CONAB, 2022).

O trigo é uma cariopse com semente única, com cerca de 8mm com 35mg de peso, podendo variar amplamente de acordo com a variedade e a posição do grão na espiga (HOSENEY, 1991; SCHEEREN *et al.*, 2011). O grão é formado por pericarpo, endosperma e gérmen (DELCOUR e HOSENEY, 2010). O pericarpo envolve a semente e é composto por várias camadas que ficam posicionadas em direção ao centro da semente: epiderme, hipoderme, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. O pericarpo age como capa protetora na cariopse. No sulco do grão

ele se une ao tegumento e juntos eles formam um revestimento em torno do gérmen e do endosperma (GWIRTZ *et al.*, 2006).

O endosperma representa 80 a 85% do grão e é composto essencialmente de grânulos de amido incorporados em uma matriz proteica. A glicose é o principal monossacarídeo do endosperma amiláceo, cerca de 96% (GOESAERT *et al.*, 2005; BARRON *et al.*, 2007). Comercialmente, o setor destina a maior parte da produção de trigo para o consumo humano, através da moagem e obtenção da farinha refinada, utilizada na elaboração de produtos de panificação.

O gérmen é constituído por duas partes principais: eixo embrionário (raiz e talo rudimentares) e escutelo, que tem papel de armazenamento. Representa 2 a 3% do peso total do grão. É a parte rica em lipídeos, proteínas, açúcares, minerais, vitaminas e esteróis, tendo sido usado como um ingrediente alimentar com alto valor nutricional, rico em substâncias bioativas (ATWELL, 2001; DELCOUR; HOSENEY, 2010).

Nas camadas externas está o farelo, que corresponde de 13 a 17% do grão e contém componentes de alto valor nutricional, como compostos fenólicos, amidos, fibras dietéticas solúveis e insolúveis em água e proteínas (LIU *et al.*, 2015).

2.2. Pós-colheita e qualidade dos grãos

Os grãos são colhidos em um curto espaço de tempo, durante a respectiva safra, para posteriormente serem industrializados antes de serem disponibilizados no comércio para serem consumidos ao longo do ano. Essa defasagem de tempo exige que sejam armazenados em condições adequadas para a preservação de suas propriedades tecnológicas, sanitárias e nutricionais. Assim como ocorre em outros países, no Brasil predomina o armazenamento tanto do arroz quanto do trigo em silos ou armazéns graneleiros, equipados com sistemas de medição de temperatura, aeração e/ou resfriamento, o que facilita a tomada de decisão durante o período de conservação dos grãos, entre a colheita e a industrialização (MUIR, 2000; SILVA *et al.*, 2005; ELIAS, M.C., 2009; JIAN, 2009; ELIAS *et al.*, 2010; MHIKO, 2012; MORALES-QUIROS, 2016; LUDWIG, 2017).

Apesar de apresentarem características botânicas, morfológicas e mecânicas de resistência próprias de cada espécie, os grãos estão sujeitos ao ataque de pássaros, roedores, insetos, ácaros, microrganismos e outros animais, aos danos mecânicos, às alterações bioquímicas e às químicas não enzimáticas durante o armazenamento.

Esse conjunto de fatores indesejáveis provoca perdas quantitativas e/ou qualitativas pelo consumo de reservas e por modificações na composição química dos grãos, redução do valor nutritivo, formação de substâncias tóxicas e diminuição do valor comercial. Por consequência, acaba comprometendo a utilização, caso não forem adotadas técnicas adequadas e métodos eficientes de conservação (ELIAS, 2009).

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

A qualidade dos grãos é significativamente influenciada por fatores ambientais, mas pelo fato de continuar com o metabolismo ativo, perde matéria seca e características funcionais e nutricionais são modificadas durante o armazenamento (JAYAS *et al.*, 2008). As principais condições de armazenamento que afetam a qualidade dos grãos de arroz e de trigo armazenados são umidade, temperatura e tempo de armazenamento, fatores que afetam também a qualidade de grãos de outras espécies no armazenamento (RIGUEIRA et al., 2009; RUPOLLO et al., 2011; PARAGINSKI et al., 2014, 2015, 2016; SCARIOT et al., 2018).

A interação dessas condições afeta a qualidade dos grãos. O trigo, por exemplo, geralmente está sujeito a critérios de classificação não necessariamente aplicados a outros grãos, como peso do hectolitro, número de queda e força de glútem (BRASIL, 2010, 2016; MHIKO, 2012). Já no caso do arroz, controlar a intensificação dos defeitos metabólicos é o grande desafio no armazenamento porque a tipificação e a precificação está baseada na incidência dos defeitos na capacidade dos grãos de quebrarem menos durante a industrialização (BRASIL, 2009; 2012)

A temperatura dos grãos armazenados é um bom índice do seu estado de conservação (PUZZI, 2000). A principal fonte de deterioração é o aquecimento espontâneo da massa de grãos (MAIER et al., 1997; NAVARRO e NOYES, 2002). Devido á estrutura interna do grão, sua superfície, suas propriedades físicas como a baixa condutividade térmica, os grãos oferecem as melhores condições para serem resfriados e assim permanecerem por longo período (ELIAS, 2008; KIBAR, 2015). O

resfriamento dos grãos reduz as perdas fisiológicas pela respiração intrínseca e mantém sua qualidade, oferecendo proteção contra desenvolvimento de insetos (SANTOS, 2002, LAZARI et. al.,2006; LORINI et al.,2018).

Umidade elevada provoca aumentos da intensidade da respiração, da atividade microbiana e, conseqüente, aumento da temperatura, conforme demonstram estudos como os realizados por Karaoglu *et al.* (2010) no armazenamento de trigo por nove meses com diferentes umidades (12, 14 e 16%) e diferentes temperaturas (10, 20 e 30°C). As condições mais adversas no armazenamento, como alta temperatura, alta umidade e maior tempo de armazenamento afetaram mais intensamente as características funcionais da farinha de trigo, enquanto até o sexto mês de armazenamento os melhores resultados de peso de hectolitro, porcentagem de glúten, número de queda, acidez lipídica e escurecimento da farinha ocorreram nas condições de até 14% de umidade em ambiente e temperatura não superior a 20°C.

O conhecimento do histórico de armazenamento de um grão pode ser um indicador valioso de possível perda de qualidade devido ao armazenamento inadequado. O conhecimento do comportamento do grão durante armazenamento, diretrizes seguras para armazenamento e procedimentos de controle de qualidade podem ser usados para minimizar a perda de qualidade dos grãos no armazenamento (KIBAR, 2015).

Gonzalez-Torralba *et al.* (2013) avaliaram o armazenamento de grãos de trigo durante 240 dias, em temperaturas de 15 e 30°C em umidades relativas de 55 e 75%, verificando que o peso do hectolitro diminuiu conforme aumentou a umidade dos grãos, enquanto o número de queda aumentou com o tempo de armazenamento, especialmente na temperatura de 30°C. Alta temperatura (30°C) e umidade relativa intergranular elevada (75%) constituem condições desfavoráveis para a conservação de grãos, pois causam aumento nas propriedades de força da massa que poderiam ser favoráveis para o processo de panificação. Nithya *et al.* (2011) armazenou trigo durante 12 meses com 15, 16, 17, 18, 19 e 20% de umidade (b.s.) em ambientes com 10, 20, 30 e 40°C, verificando que a germinabilidade diminuiu com o aumento da umidade, da temperatura e do tempo de armazenamento, com inviabilização do poder germinativo no armazenamento a 40°C. Os fungos se desenvolveram em todas as amostras de alta umidade (17, 18, 19 e 20%) em altas temperaturas (30°C).

Gutkoski *et al.* (2008) armazenaram trigo por 90 dias, com 13% de umidade, na temperatura de 22°C, com umidade relativa entre 65 e 75% e constataram que o tempo de armazenamento trouxe benefícios para a qualidade tecnológica do trigo, sendo os resultados de atividade enzimática, luminosidade, intensidade de amarelo e força geral do glúten se mostraram efetivos na avaliação de propriedades físicas e reológicas, enquanto as avaliações de amido danificado e estabilidade não foram indicadores adequados. Recomendam que o trigo não deva ser comercializado logo após a colheita, pois apresenta melhoria na classificação comercial, sendo indicado um período de maturação de 60 dias.

Zhang *et al.* (2016) armazenaram grãos, com 12% de umidade, em temperatura de 25°C e 60% de umidade relativa por um ano, comparando com armazenamento em 50°C e 40% de umidade relativa por oito semanas. Concluíram que as mudanças no trigo armazenado em condições ambientes foram lentas, porém, nas condições de armazenamento de temperatura mais alta acelerou o processo de envelhecimento. Trigos brandos têm maior tolerância ao armazenamento em relação aos trigos médio duro e duro, em função do menor metabolismo basal e da redução mais lenta das enzimas em trigo brando.

O processo de resfriamento da massa de grãos, durante o período de armazenagem, é uma técnica que tem se mostrado eficaz e econômica para a manutenção da qualidade do produto, pois diminui a atividade da água e reduz a taxa respiratória dos grãos, também retardando o desenvolvimento dos insetos-praga e da microflora presente, independentemente das condições climáticas da região (RIGUEIRA *et al.*, 2009). Pela Lei de Vant´Hoff, a cada 10°C de aumento de temperatura as reações sofrem acelerações de duas a três vezes, até os 40°C. Acima disso, a respiração pode cessar como resultado dos efeitos destruidores que o calor elevado tem sobre as enzimas (ELIAS *et al.*, 2018).

Volk (2005) armazenou trigo com umidade próxima de 10%, sob refrigeração, em escala industrial, em três silos de alvenaria no Oeste do Paraná. Os resultados mostram que os valores médios de temperatura da massa de grãos de trigo durante o resfriamento foi de 17,2°C, necessitando de 10 a 12 dias para resfriar toda a célula de armazenagem. Aos 160 dias, os grãos foram expedidos com temperatura média de 20,8°C. Apesar desse pequeno aumento de temperatura, os grãos permaneceram

abaixo da temperatura máxima ambiente que foi de 29°C. O consumo específico de energia, em média, foi de 5,0 kW.h por tonelada de trigo, enquanto o custo do resfriamento foi de aproximadamente R\$ 0,53 por tonelada de trigo.

Estudo realizado no Kansas/EUA por Morales-Quiros *et al.* (2016), em dois silos metálicos em escala industrial, um com uso do resfriamento artificial e outro com uso de ventilação natural, por um período de quatro meses para avaliar a eficácia do resfriamento na preservação da qualidade dos grãos e controlar insetos-pragas. Os resultados demonstram que o silo refrigerado precisou de de 135 horas de aeração a uma média de 17°C, com variação mínima ao longo dos quatro meses. Já a aeração ambiente no silo controle resfriou o grão a uma média de 22°C após 308 horas, com variação acima de 16°C durante os quatro meses. Temperaturas mais baixas diminuíram significativamente o desenvolvimento e a reprodução de insetos. A qualidade da farinha foi melhor preservada no silo refrigerado do que silo controle.

Em se tratando de sementes, elas precisam ser armazenadas desde sua colheita até a época de semeadura na temporada seguinte. Considerando que ao serem colhidas, as sementes são desligadas da planta mãe, que até esse momento era seu ambiente natural, passa a ser responsabilidade do homem a conservação nas melhores condições durante todo esse período (PESKE *et al.*, 2006). A temperatura é de grande importância, pois seu aumento acelera a maioria das reações bioquímicas. Baixa temperatura e baixo teor de água são favoráveis para a conservação viável da semente durante o armazenamento (BRAGANTINI, 2005).

No Brasil, a técnica de resfriamento vem sendo empregada de várias formas como o sistema que permite o resfriamento de sementes no momento do ensaque, após o beneficiamento ou em big-bags na recepção, ou seja, um armazenamento temporário (BARRETO e DEMITO, 2009). O sucesso desta técnica se fundamenta na possibilidade de manutenção da temperatura inicial das sementes ensacadas em níveis seguros. Com a técnica do resfriamento é possível armazenar com segurança e até com teores de água acima do indicado para o armazenamento convencional (MAIER, 1997; NAVARRO e NOYES, 2002).

O armazenamento de sementes em condições controladas de temperatura e/ou umidade relativa do ar, permite a conservação por longos períodos (PESKE *et al.*, 2006). O resfriamento artificial pode proporcionar condições adequadas para a

armazenagem de sementes, pois permite insuflar ar frio através da massa de sementes e manter a temperatura baixa de forma a dificultar a infestação e o desenvolvimento de fungos, independentemente da região geográfica.

O resfriamento artificial pode ocorrer por dois métodos, sendo um resfriamento artificial estático e outro o resfriamento artificial dinâmico (BARRETO e DEMITO, 2009). O resfriamento artificial estático consiste na insuflação de ar frio na massa de sementes ou grãos, conduzindo o ar em sistema de ventilação por meio da movimentação mecânica do ar proveniente do ventilador centrífugo do equipamento resfriador, até atingir a temperatura desejada no material no silo. No resfriamento artificial dinâmico, grãos ou sementes são resfriados no seu movimento descendente por ação da gravidade em silos projetados para esta finalidade. O ar frio é conduzido em sentido contracorrente com o fluxo do produto. Este processo não altera a umidade inicial do produto, não ocasiona choque térmico e não há condensação de vapor de água na superfície da semente, pois o ar insuflado é frio e seco (DEMITO e BARRETO, 2009).

O resfriamento artificial dinâmico é uma técnica amplamente utilizada, em países produtores da América do Sul, para a conservação de sementes. A utilização do resfriamento dinâmico tem sido mais amplamente utilizada com o auxílio de nova tecnologia de insufladores de ar, que vem sendo recentemente implantados. Em pesquisa realizada por Canton (2010), com a insuflação de ar frio, no momento do ensaque de sementes de soja até atingir 15°C, com o auxílio de um resfriador, foi observado que no tratamento sem o resfriamento antes do ensaque, a germinação caiu 28 pontos percentuais (pp), baixando de 88% para 60%, enquanto as sementes resfriadas no momento do ensaque tiveram o potencial de germinação reduzido em apenas 3 pp, passando de 88% para 85% de germinação.

Segundo Barreto e Demito (2009), o resfriamento artificial de sementes a granel surgiu no Brasil como resposta a uma demanda por soluções na armazenagem. Na década de 1980 até meados de 1990, surgiram vários esforços para o resfriamento artificial de sementes com equipamentos estáticos e móveis. No início do século XXI, surgiu uma nova proposta, buscando manter a germinação e o vigor das sementes durante a armazenagem, utilizando o resfriamento dinâmico.

O presente trabalho, estruturado na forma de Estudo de Caso, foi realizado para verificar a eficiência do método de resfriamento dinâmico, seguido do armazenamento em embalagens tipo bag na preservação de propriedades tecnológicas e de parâmetros de avaliação da qualidade nutricional de e de consumo de grãos de arroz armazenados em casca e de trigo no Rio Grande do Sul.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram utilizados grãos de arroz da cultivar IRGA 424 RI, da classe longo fino (agulhinha), e de trigo, das cultivares ATON e TORUK, produzidos pela empresa IMEXSUL, em Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul.

3.2. Instalação do experimento e local de desenvolvimento

O trabalho foi realizado em duas etapas e empregou a metodologia de estudo de caso. A primeira, numa indústria da Região Central do Rio Grande do Sul, consistiu em limpeza, secagem, condicionamento pelo método de resfriamento dinâmico dos grãos e armazenagem instalação com resfriamento artificial controlado entre 15 e 17°C. Os grãos de arroz foram armazenados por doze meses e os grãos de trigo por oito meses em um galpão convencional de concreto, possuído teto com exautores eólicos (marca Cycloar) e também climatização de ambiente do tipo CLM (marca Coolssed). A segunda etapa, de análises de qualidade dos grãos em ambas as espécies, e de beneficiamento industrial e qualidade de consumo do arroz foi realizada no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia da UFPEL.

3.3. Métodos

Os grãos foram recebidos e acondicionados no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, no campus universitário do município de Capão do Leão.

Os teores de impurezas e matérias estranhas foram analisados de acordo com a metodologia oficial do Ministério de Agricultura (BRASIL, 2009). A umidade dos grãos foi avaliada de acordo com a metodologia oficial da International Seed Testing Association (ISTA, 2008) e o peso do hectolitro foi determinado utilizando-se balança de peso hectolitro (modelo 40, Dalle Molle, Brasil) com capacidade para 1/4 de litro, sendo necessária uma balança eletrônica digital com precisão de 0,01g para pesagem

e posterior conversão de gramas por um quarto de litro para quilograma por hectolitro (BRASIL, 2009). A condutividade elétrica da solução contendo grãos de trigo foi realizada conforme Vieira *et al.* (2001).

Os teores de proteína, lipídeos, fibras, cinzas e amido foram determinados através de espectrometria de infravermelho próximo – NIRS. Os grãos foram analisados em espectrômetro (NIRS™ DS2500, FOSS, Dinamarca) que contém curva de calibração específica para arroz e para trigo em grãos.

O beneficiamento do arroz foi realizado em Engenho de Provas Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA), onde os grãos foram submetidos ao descascamento e ao polimento. A separação dos grãos inteiros e quebrados foi realizada no trieur (cilindro alveolado) do próprio equipamento, complementada manualmente.

O tempo de cocção foi avaliado de acordo com a metodologia proposta por Juliano e Bechtel (1985), sendo determinado em becker contendo 150 mL de água destilada aquecida a uma temperatura de 95°C, em chapa de ferro, com verificação, depois de 10 minutos de cocção, com dez grãos amassados em placas de vidro, a cada minuto. A amostra era considerada cozida quando 90% dos grãos deixavam de apresentar o hilo branco no centro. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram avaliados em mini-panelas, por método desenvolvido no LABGRÃOS, a partir de 30g de arroz cru, com cozimento em chapa aquecida a 95°C. Após repouso de 30 minutos em temperatura ambiente, as amostras eram pesadas. A avaliação de volume partia de altura medida com paquímetro em 5 pontos. A dureza do arroz cozido foi determinada através de um texturômetro (Stable Micro Systems Texture Analysers, modelo TA.XTplus), conforme descrito por Paiva *et al.* (2016). O sistema analisador foi equipado com uma célula de carga de 5 kg com compressão de dois ciclos para comprimir até 90% da espessura original dos grãos, usando probe cilíndrico de 4,5 cm de diâmetro, velocidade de teste de 1mm.s⁻¹ e tempo entre compressões de 3 segundos, em dez determinações por tratamento. Ao final de cada cocção também eram avaliadas características como aspecto, aroma e solubilidade dos grãos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização das amostras de trigo

A determinação da Classe de trigo do Grupo II (destinado à moagem e outras finalidades), dos genótipos ATON e TORUK, foi feita com base em informações disponibilizadas pelo detentor (BIOTRIGO), em que são enquadrados como trigo de grãos duros, classe pão, conforme parâmetros estabelecidos no Anexo III da Instrução Normativa nº 38, de 31 de novembro de 2010, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Mapa (BRASIL, 2010), alterada pela IN nº 23, de 1º de julho de 2016, do Mapa (BRASIL, 2016), cujos parâmetros são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes do trigo do Grupo II (destinado à moagem e outras finalidades), conforme estabelecido no Anexo III da Instrução Normativa nº 38, de 31/11/2010, alterada pela IN nº 23 de 1º/07/2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Classe	Força de glúten, "W" (valor mínimo, expresso em 10 ⁻⁴ J)	Estabilidade (tempo mínimo, expresso em minutos)	Número de Queda (valor mínimo, expresso em segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstico	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros Usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

Fonte: BRASIL (2016).

Os parâmetros são listados na tabela 1 para possibilitar efeitos comparativos com informações da literatura e são importantes para enquadramento comercial e valoração dos genótipos ATON e TORUK de trigo utilizados no estudo.

Nas tabelas 2 e 3, respectivamente, são apresentados dados da composição química e de parâmetros de avaliação de qualidade tecnológica e valor nutricional apurados nas respectivas análises no laboratório de grãos nas amostras de trigo dos genótipos ATON e TORUK, associados com informações compiladas da literatura, para possibilitar comparações e identificar as amostras utilizadas no estudo.

Tabela 2. Caracterização das amostras dos grãos de trigo do genótipo ATON, utilizadas no trabalho

Constituinte	Analisado ¹	Bibliografia ²	Dados do obtentor ³
Teor de água (% b.u.)	12,72 ± 0,2	11,0 a 13,5	-
Cinzas (% b.s.)	1,56 ± 0,1	1,0 a 3,0	-
Lipídeos (% b.s.)	1,35 ± 0,1	1,0 a 3,0	-
Proteína bruta (% b.s.)	12,94 ± 0,1	8,0 a 16,0	-
Fibras (% b.s.)	2,08 ± 0,1	3,5 a 5,0	-
Carboidratos (% b.s.)	69,35 ± 0,3	60,0 a 82,0	-
Classificação	-	-	Trigo Pão
Força de glúten (10 ⁻⁴ J)	-	-	352
Estabilidade (min)	-	-	15,8
Peso de mil grãos (g)	33 ± 0,2	-	34

¹ Médias aritméticas simples de três repetições, com desvio padrão; ² Faixa de teores encontrados na literatura: DELCOUR e HOSENEY (2010); GUTKOSKI *et al.* (2011); MENEGHETTI (2019); CASTRO *et al.* (2021); KRISTOSCHIK *et al.* (2021); LIMA (2022). ³ Dados fornecidos pelo obtentor da cultivar: BIOTRIGO, 2017.).

Tabela 3. Caracterização das amostras dos grãos de trigo do genótipo TORUK, utilizadas no trabalho

Constituinte	Analisado ¹	Bibliografia ²	Dados do obtentor ³
Teor de água (% b.u.)	12,00 ± 0,3	11,0 a 13,5	-
Cinzas (% b.s.)	1,62 ± 0,1	1,0 a 3,0	-
Extrato etéreo (% b.s.)	2,64 ± 0,1	1,0 a 3,0	-
Proteína bruta (% b.s.)	12,28 ± 0,1	8,0 a 16,0	-
Fibra bruta (% b.s.)	4,40 ± 0,1	3,5 a 5,0	-
Carboidratos (% b.s.)	79,06 ± 0,2	60,0 a 82,0	-
Classificação	-	-	Trigo Pão ¹
Força de glúten (10 ⁻⁴ J)	-	-	320
Estabilidade (min)	-	-	29
Peso de mil grãos (g)	33 ± 0,2	- ⁴	33

¹ Médias aritméticas simples de três repetições, com desvio padrão; ² Faixa de teores encontrados na literatura: DELCOUR e HOSENEY (2010); GUTKOSKI *et al.* (2011); MENEGHETTI (2019); CASTRO *et al.* (2021); KRISTOSCHIK *et al.* (2021); LIMA (2022). ³ Dados fornecidos pelo obtentor da cultivar: BIOTRIGO, 2017.).

A análise conjunta dos dados constantes das tabelas 1, 2 e 3 permite verificar que os grãos dos dois genótipos, ATON e TORUK, da detentora BIOTRIGO, utilizados no estudo, são enquadráveis na Classe de Trigo Pão e apresentam parâmetros de avaliação tecnológica, de industrialização e nutricional compatíveis com os encontrados na literatura, sendo adequados, portanto, para o estudo em tela.

4.2. Caracterização das amostras de arroz

O trabalho, com arroz da cultivar IRGA 424 RI, da classe longo fino (agulhinha), foi realizado em duas etapas e empregou a metodologia de estudo de caso. A primeira, numa indústria da Região Central do Rio Grande do Sul, consistiu em limpeza, secagem, condicionamento pelo método de resfriamento dinâmico dos grãos e armazenagem por um ano em instalação com resfriamento entre 15 e 17°C. A segunda etapa, de beneficiamento industrial e análises, foi realizada no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia da UFPEL.

O beneficiamento do arroz foi realizado em Engenho de Provas Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA), onde os grãos foram submetidos ao descascamento e ao polimento. A separação dos grãos inteiros e quebrados foi realizada no trieur (cilindro alveolado) do próprio equipamento, complementada manualmente.

Na tabela 4 são apresentados – Parâmetros para determinação da classe do arroz das amostras utilizadas no estudo, seguindo os conceitos e procedimentos previstos na Instrução Normativa nº 2 de 2012 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA).

Tabela 4 – Parâmetros para determinação da classe do arroz das amostras utilizadas no estudo.

Subgrupo	Dimensões (mm)*		
	Comprimento (C)	Largura (L)	Espessura (E)
Arroz integral	6,83±0,18	2,11±0,06	1,81±0,04
Arroz polido	6,76±0,17	2,08±0,04	1,73±0,03

*Médias de três repetições das dimensões, em cada grupo (integral e polido)

Os dados constantes da Tabela 4 permitem enquadrar o arroz na classe de grãos longos finos.

Na tabela 5 são apresentados os teores de proteína, lipídeos, fibras, cinzas e amido, respectivamente para arroz em casca integral e polido, beneficiados industrialmente, determinados através do aparelho NIRS™ DS2500, FOSS, importado da Dinamarca, o qual contém curvas de calibração específicas para arroz em grãos beneficiados.

Tabela 5: Composição química básica de grãos de arroz em casca integral e polido, utilizados no estudo

Subgrupo	Composição química (%)*					
	Umidade	Proteínas	Lípídeos	Fibras	Cinzas	Amido
Arroz integral	12,77±0,76	9,24±0,68	1,25±0,07	2,18±0,11	1,33±0,04	70,07±1,09
Arroz polido	11,45±0,39	8,27±0,53	2,00±0,09	2,17±0,11	1,09±0,03	72,30±1,28

*Médias, de três repetições, dos constituintes, em cada grupo (integral e polido) em porcentagem (%)

A observação dos dados constantes da tabela 5 permite verificar que são compatíveis com os disponíveis na literature, seguindo as diretrizes contidas na IN MAPA 02/2012.

4.3 Atributos de qualidade dos grãos de trigo

Nas tabelas 6 e 7 são apresentados os valores de composição química, propriedades e parâmetros de avaliação industrial e nutricional dos grãos de trigo dos genótipos ATON e TORUCK, ao início e após serem submetidos aos processos de resfriamento dinâmicos, embalagem em bolsas tipo bags e mantidos durante oito meses em armazém convencional de escala industrial, com controle de resfriamento a $16 \pm 1^\circ\text{C}$ e de umidade do ar.

Tabela 6 Composição química básica de grãos de trigo, **genótipo** ATON, avaliada ao início e após 8 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em $16 \pm 1^\circ\text{C}$ em unidade armazenadora industrial.

Período	Umidade	Proteínas	Lipídios	Fibras	Cinzas	Amido
Início (%)	12,72	12,94	1,35	2,08	1,56	57,18
Oito meses (%)	12,80	13,31	1,48	2,11	1,61	56,84

Médias, de três repetições, dos constituintes, comparados pelo Teste t, foram determinados através de espectrometria de infravermelho próximo – NIRS. Os grãos foram analisados em espectrômetro (NIRS™ DS2500, FOSS, Dinamarca) que contém curva de calibração específica para arroz e para trigo em grãos. em porcentagem (%)

Tabela 7 Composição química básica de grãos de trigo, **genótipo** TORUK, avaliada ao início e após 8 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em $16 \pm 1^\circ\text{C}$ em unidade armazenadora industrial.

Período	Umidade	Proteínas	Lipídios	Fibras	Cinzas	Amido
Início (%)	13,07	11,40	1,48	2,70	1,56	60,50
Oito meses (%)	13,60	11,40	1,37	2,71	1,58	59,38

Médias, de três repetições, dos constituintes, comparados pelo Teste t, foram determinados através de espectrometria de infravermelho próximo – NIRS. Os grãos foram analisados em espectrômetro (NIRS™ DS2500, FOSS, Dinamarca) que contém curva de calibração específica para arroz e para trigo em grãos. em porcentagem (%)

A observação dos valores constantes das tabelas 6 e 7 permitem verificar que a aplicação do resfriamento dinâmico, seguido do acondicionamento em embalagem tipo bags e manutenção dos grãos num armazém convencional de escala industrial se constituiu num sistema eficiente de preservação de parâmetros importantes de avaliação de propriedades tecnológicas, industriais e de atributos nutricionais dos grãos.

4.4 Atributos de qualidade dos grãos de arroz

No início do estudo, antes do resfriamento dinâmico e aos **12** meses de armazenamento em escala industrial, com controle operacional de temperatura e umidade ecalibradas, foram determinados os teores de proteína, lipídeos, fibras, cinzas e amido através utilizando o equipamento NIRS™ DS2500, FOSS, importado da Dinamarca, o qual contém curva de calibração específica para arroz em grãos. Os resultados estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Composição química básica de grãos de arroz, integral e polido, avaliada ao início e após 12 meses armazenados em sistema convencional com umidade e refrigeração artificial controladas em 16+1°C em unidade armazenadora industrial.

Subgrupo	Período	Composição química (%)*					
		Umidade	Proteínas	Lipídeos	Fibras	Cinzas	Amido
Arroz Integral	Inicial	12,77 ^{ns}	9,24 ^{ns}	1,25 ^{ns}	2,18 ^{ns}	1,33 ^{ns}	70,07 ^{ns}
	Aos 12 meses	13,27 ^{ns}	9,43 ^{ns}	1,28 ^{ns}	2,24 ^{ns}	1,29 ^{ns}	68,25 ^{ns}
Arroz Polido	Inicial	11,45 ^{ns}	8,27 ^{ns}	2,00 ^{ns}	2,17 ^{ns}	1,09 ^{ns}	72,30 ^{ns}
	Aos 12 meses	11,87 ^{ns}	8,04 ^{ns}	2,07 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,07 ^{ns}	73,23 ^{ns}

*Médias, de três repetições, dos constituintes, comparados pelo Teste t, em cada grupo (integral e polido) em percentagem (%)

A observação dos valores constantes da tabela 8 permitem verificar que a aplicação do resfriamento dinâmico, seguido do acondicionamento em embalagem tipo bags e manutenção dos grãos num armazém convencional de escala industrial se constituiu num sistema eficiente de preservação de parâmetros importantes de avaliação de propriedades tecnológicas, industriais e de atributos nutricionais dos grãos, seja na industrialização pelo processo convencional de beneficiamento de arroz integral, seja no processo convencional de beneficiamento de arroz polido, comercialmente conhecido no mercado como arroz branco agulhinha.

Os parâmetros analisados neste estudo são indicadores importantes do desempenho industrial e de qualidade comercial dos grãos de arroz, incluindo a tipificação e a precificação dos produtos.

Na tabela 9 são apresentadas as incidências de manchados/picados, amarelo, gessado e barriga branca.

Tabela 9 – Percentagem de incidência de defeitos metabólicos e não metabólicos em grãos armazenados com resfriamento artificial entre 15° e 16°C durante doze meses.

Subgrupo	Período	Defeitos metabólicos e não metabólico (%)			
		Manchado/Picado	Amarelo	Gessado	Centro branco
Arroz Beneficiado Polido	inicial	0,38 ns	0,26 ns	0,34 ns	5,84 ns
	Doze meses	0,42 ns	0,22 ns	0,33 ns	5,62 ns

Médias aritméticas simples, de três repetições. Letras ns não diferem pelo teste de Teste t-Student a 5%.

Defeitos são parâmetros muito importantes para o indicativo da qualidade de grãos armazenados, pois refletem o metabolismo do ecossistema (ELIAS, 2007). Analisando os dados da tabela 9, é possível verificar que não houve diferenças significativas durante o período de 12 meses de armazenamento. A análise conjunta dos comportamentos observados nas Tabela 8 e 9 permite verificar a eficiência do resfriamento na preservação dos parâmetros de desempenho e industrial e a qualidade comercial dos grãos de arroz por pelo menos um ano.

O tempo de cocção foi avaliado de acordo com a metodologia proposta por Juliano e Bechtel (1985), sendo determinado em becker contendo 150 mL de água destilada aquecida a uma temperatura de 95°C, em chapa de ferro, com verificação, depois de 10 minutos de cocção, com dez grãos amassados em placas de vidro, a cada minuto. A amostra era considerada cozida quando 90% dos grãos deixavam de apresentar o hilo branco no centro. Os rendimentos gravimétrico e volumétrico foram avaliados em mini-panels, por método desenvolvido no LABGRÃOS, a partir de 30g de arroz cru, com cozimento em chapa aquecida a 95°C. Após repouso de 30 minutos em temperatura ambiente, as amostras eram pesadas. A avaliação de volume partia de altura medida com paquímetro em 5 pontos. A dureza do arroz cozido foi determinada através de um texturômetro (Stable Micro Systems Texture Analysers, modelo TA.XTplus), conforme descrito por Paiva et al. (2016). O sistema analisador foi equipado com uma célula de carga de 5 kg com compressão de dois ciclos para comprimir até 90% da espessura original dos grãos, usando probe cilíndrico de 4,5 cm

de diâmetro, velocidade de teste de 1mm.s⁻¹ e tempo entre compressões de 3 segundos, em dez determinações por tratamento. Ao final de cada cocção também eram avaliadas características como aspecto, aroma e soltabilidade dos grãos.

Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de arroz integral e polido estão apresentados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10: Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de arroz integral ao longo de 12 meses de armazenamento refrigerado dos grãos em casca.

Período	Tempo de cocção (minutos)	Rendimento Gravimétrico (%)	Rendimento Volumétrico (%)
Início da armazenagem	23,39 ± 0,09 NS	300,63 ± 0,28 *	321,53 ± 0,57 NS
Após 12 meses	23,24 ± 0,07 NS	239,47 ± 2,96 *	289,05 ± 9,72 NS

Médias seguidas de * na mesma coluna diferem entre si quando submetidas ao Test-T.

Tabela 11: Tempo de cocção, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico de arroz polido ao longo de 12 meses de armazenamento refrigerado dos grãos em casca.

Período	Tempo de cocção (minutos)	Rendimento Gravimétrico (%)	Rendimento Volumétrico (%)
Início da armazenagem	14,22 ± 0,18 NS	228,26 ± 0,73 NS	248,33 ± 1,88 *
Após 12 meses	14,15 ± 0,20 NS	241,22 ± 2,42 NS	260,58 ± 1,65 *

Médias seguidas de * na mesma coluna diferem entre si quando submetidas ao Test-T.

O tempo de cocção para as amostras de grãos polidos foi em média de 14 minutos e de 23 minutos para as amostras de arroz integral, não havendo diferenças significativas após um ano de armazenamento. Nascimento et. al (2019), que avaliaram a influência do armazenamento a frio durante um ano nas características tecnológicas de arroz, encontraram tempos de cocção que corroboram com os encontrados no presente estudo, de 24 minutos para arroz integral e de 14 minutos para grãos polidos. Segundo Schiavon (2012) que avaliou diferentes temperaturas de armazenamento no período de um ano, o tempo de cocção só foi influenciado no tratamento em temperatura ambiente (24°C) aumentando 5 minutos, enquanto que nas temperaturas estudadas de resfriamento (8, 12, e 16°C) o aumento foi de 3 minutos, demonstrando a importância da utilização do frio para evitar elevados tempos de cocção.

No rendimento gravimétrico, houve diferença apenas nas amostras de arroz integral (Tabela 10), com rendimento passando de 300 % no início para 239% ao final de um ano. Nas amostras de arroz polido não ocorreram diferenças significativas. Para o rendimento volumétrico, não houve diferença significativa nas amostras de arroz

integral. No arroz polido houve aumento significativo de rendimento volumétrico, passando de 248% para 260% após um ano de armazenamento refrigerado. Os resultados são compatíveis com relatos da literatura (PARK et al., 2012, SCHIAVON, 2012, ZIEGLER et al., 2016; BERTINETTI, 2017).

Os resultados obtidos para os parâmetros tecnológicos e de avaliação do consumidor estão apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12: Parâmetros tecnológicos e de avaliação do consumidor em arroz integral.

Período	Dureza (N)	Adesividade	Aspecto	Aroma	Soltabilidade
Início	5723,28*	-8,6860*	Pouca deformação	Típico	Soltos
Doze meses	8564,86*	-43,2963*	Pouca deformação	Típico	Soltos

Médias seguidas de * na mesma coluna diferem entre si quando submetidos ao Test-T.

Tabela 13: Parâmetros tecnológicos e de avaliação do consumidor em arroz polido.

Período	Dureza (N)	Adesividade	Aspecto	Aroma	Soltabilidade
Início	6000,75*	-136,04*	Normal	Típico	Soltos
Doze meses	6952,21*	-76,27*	Normal	Típico	Soltos

Médias seguidas de * na mesma coluna diferem entre si quando submetidos ao Test-T.

Doze meses de armazenamento refrigerado provocaram aumentos na dureza dos grãos de arroz integral (Tabela 12) e nos grãos polidos (Tabela 13). A adesividade no arroz integral aumentou (Tabela 12) e diminuiu no arroz polido (Tabela 13) em um ano de armazenamento refrigerado. Segundo Zhou et al. (2010) o incremento na dureza e a redução na adesividade estão associados com o envelhecimento do arroz, devido a redução da hidratação dos grânulos de amido. Variações em parâmetros textuométricos são registradas na literatura especializada. A redução na adesividade foi relatada por Schiavon (2012) em um ano de armazenamento em temperaturas baixas. Park et al. (2012) também reporta redução da adesividade em armazenamento de grãos com temperaturas baixas, porém seus estudos mostraram simultaneamente redução da dureza.

Os parâmetros de aspecto, aroma e soltabilidade não sofreram efeitos do resfriamento, mantendo suas características idênticas à da amostra inicial, tanto no integral como no polido.

5. CONCLUSÕES

O resfriamento no armazenamento permitiu manutenção de atributos de avaliação de qualidade culinária como aspecto, aroma e soltabilidade. Os tempos de cocção tanto nas amostras de arroz integral como polido não foram alterados em um ano de armazenamento. O rendimento gravimétrico aumentou no arroz polido e não se alterou nos grãos de arroz integral. Nos parâmetros de textura, a dureza aumentou e adesividade diminuiu na amostra de arroz integral 12 meses e no polido tanto a dureza como adesividade aumentaram em relação ao início. O resfriamento dos grãos em casca no armazenamento, pelo menos entre 15 e 17C, se mostrou eficaz para preservação dos principais atributos de qualidade de consumo do arroz.

O resfriamento dinâmico e o uso de armazenamento em bags de grãos de trigo dos genótipos ATON e TORUK, por o período de oito meses mostrou ser um sistema eficiente de preservação de parâmetros importantes de avaliação de propriedades tecnológicas, industriais e de atributos nutricionais dos grãos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of Analysis**. 11.ed. St. Paul: AACC, 2010.

AMATO, G.W.; ELIAS, M.C. A Parboilização do Arroz. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor, 2005. v. 1. 160p

AOAC. Association of Official Analytical Chemists International. **Official methods of analysis of International Chemistry Society**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1995.

ATWELL, W. A. **Wheat Flour**. Eagen Press Handbook Series. St. Paul: AACC, 2001. 134 p.

BARANZELLI, J. **Germinação pré-colheita e induzida de trigo: atividade enzimática, propriedades físico-químicas, reológicas, de panificação e teor de ácido γ -aminobutírico**. 2017. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

BARRETO, F.A.; DEMITO A. **Processo de resfriamento de sementes**. Seed News, Pelotas, n.3, 2009.

BARRON, C.; SURGET, A.; ROUAU, X. Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum*) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. **Journal of Cereal Science**, v. 45, n. 1, p. 88-96, 2007.

BIOTRIGO. **Biotrigo Genética, Portfólio**. Disponível em: <http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_iguacu/15> Acesso em: junho de 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa MAPA N° 6, de fevereiro de 2009**.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa MAPA N° 2, 06 de fevereiro de 2012**.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 23, de 1º de julho de 2016. **Alterações do regulamento técnico do trigo**. Brasília: MAPA, 2016. 1 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA Instrução Normativa nº. 38, de 30 de novembro de 2010. **Regulamento técnico do trigo**. Brasília, 2010.11 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Brasília: MAPA, 2009. 395 p.

CANTON, A.R. **Resfriamento dinâmico e qualidade de sementes de soja**. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010

CARNEIRO, L.M.T.A.; BIAGI, J.D.; FREITAS, J.G.; CARNEIRO, M.C.; FELÍCIO, J.C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 127-137, 2005.

CASTRO, R.L.; CAIERÃO, E.; PIRES, J.L.F.; TOIGO, M.C.; AIRES, R.F.; ROSA, A.C.; DELLA VECCHIA, A.L. SANTOS, F.M.; CORASSA, G.M.; SEIDEL, G.; FACCO, G.; VALÉRIO, I.P.; ALMEIDA, J.L.; PACHECO, M.T.; CARAFFA, M.; GABE, N.L.; SCHEEREN, P.L.; NORBERG, R.; CARBONERA, R.; KAVALCO, S.A.F.; TONON, V.D. Ensaio Estadual de Cultivares de Trigo - Safras 2019 e 2020. Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Passo Fundo, 2021.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos- V. 6 - SAFRA 2021/22 - maio de 2022**.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3.ed. Saint Paul: AACC, 2010. 270 p.

ELIAS, M.C. **Manejo tecnológico na secagem e no armazenamento de grãos**. Pelotas: Editora Santa Cruz, 2009. 378 p.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L. **Aeração de grãos**. In: LORINI, I.; MIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M.; FARONI, L.R.A.; Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2018. 1031 p.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L.; PARAGINSKI, R.T.; CASARIL, J. **Manejo tecnológico na pós-colheita e inovações na conservação de grãos de arroz**. In: ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. (Ed.). Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo. Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 2012. v. 1, p. 21-42.

ELIAS, M.C.; SCHIAVON, R.A.; OLIVEIRA, M.; RUTZ, D.; VANIER, N.L.; PARAGINSKI, R.T. **Tecnologia e inovações nas operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Qualidade de Arroz na Pós-Colheita: Ciência, Tecnologia e Normas. 1ed. Pelotas: Santa Cruz, 2010, v. 1, p. 213-266.

ELIAS, M.C.; VANIER, N.L.; OLIVEIRA, M.; POHNDORF, R.S.; AVILA, B.P. **Armazenamento de arroz no Brasil - Avaliação, manejo operacional e tecnológico para redução de perdas**. In: Paulo Cláudio Machado Júnior; Stelito Assis dos Reis Neto (Org.). Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. 1ed. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2021, v. 1, p. 127-141.

FAOSTAT. **Statistics Division**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/statistics/en/>. Acesso em junho de 2022

FERREIRA, C.D.; ZIEGLER, V.; PARAGINSKI, R.T.; VANIER, N.L.; ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M. **Physicochemical, antioxidant and cooking quality properties of long-term stored black beans: effects of moisture content and storage temperature**. International Food Research Journal, v. 24, p. 2490-2499, 2017.

FIERENS, E.; LAURANNE, H.; IRIS, J. J.; CHRISTOPHE, M. C.; JAN, A. D. **Changes in wheat (*Triticum aestivum*) flour pasting characteristics as a result of storage and their underlying mechanisms**. Journal of Cereal Science, v. 65, p. 81-87, 2015.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 12-30, 2005.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v. 1. 899p

GONZÁLEZ-TORRALBA, J.; ARAZURI, S.; JARÉN, C.; ARREGUI, L. M. **Influence of temperature and r.h. during storage on wheat bread making quality**. Journal of Stored Products Research, v. 55, p. 134-144, 2013.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36 p.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M.Z.; CUNHA, G.R.; NICOLAU, M.; TIBOLA, C.S.; FORCELLINI, S.; VIEIRA, D.C.C; LIMA, M.V. **Qualidade tecnológica de trigo colhido e armazenado no Brasil, safras 2015/2016 e 2016/2017**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2018. 93 p.

GUTKOSKI, L. C.; FREO, J. D.; MORAES, L. B. D. Segregação de trigo e tipificação de farinha. In: GUTKOSKI, L. C. (Org.). **Trigo – segregação, tipificação e controle de qualidade**. Passo Fundo: Passografic, 2011. p. 15-78.

GWIRTZ, J. A.; WILLYARD, M. R.; McFALL, K.L. Wheat: More Than Just a Plant. In: POPPER, L.; SCHÄFER, W.; FREUND, W. **Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U.M. **Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil**. Journal of Food Composition and Analysis, 2005. v. 18, p. 287-296.

IRGA. INSTITUTO RIO GRANDENSE DE ARROZ. <https://irga.rs.gov.br/boletim-de-resultados>. 2022

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.; Determination of other seeds by number. In: **International rules for seed testing**. ed. 2008. Bassersdorf, c.4, p.4.1-4.3, 2008.

JIAN, F.; JAYAS, D.S.; WHITE, N.D.G. **Temperature fluctuations and moisture migration in wheat stored for 15 months in a metal silo in Canada**. Journal of Stored Products Research, v. 45, p. 82-90, 2009.

KARAOGLU. M. M.; MELEK, A.; KOTANCILAR, H. G.; GERÇELASLAN, K. E. **A comparison of the functional characteristics of wheat stored as grain with wheat stored in spike form**. International Journal of Food Science and Technology, v. 45, p. 38–47, 2010.

KIBAR, H. **Influence of storage conditions on the quality properties of wheat varieties**. Journal of Stored Products Research, v. 62, p. 8-15, 2015.

KRISTOSCHIK, J.; VIEIRA, C.S.; KOSLOSKI, F.A.; CARBONERA, R. **Scientific and technological development in seed production and technology aiming the sustainability of productive systems: state test on wheat cultivars**. XXIX Seminário de Iniciação Científica – Salão do Conhecimento. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2021

LAZZARI, F.A.; LAZZARI, S.M.N.; LAZZARI, F.N. **Environmentally friendly technologies to maintain stored paddy rice quality**. Julius-Kühn-Archiv , v. 425, p. 710-715, 2010.

LIMA, G.W. **Potencial genético de genitores e populações segregantes de trigo tropical**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, Viçosa, 40p., 2022.

LIU, C.; LIU, L.; LI, L.; HAO, C.; ZHENG, X.; BIAN, K.; Zhang, J.; Wang, X. Effects of different milling processes on whole wheat flour quality and performance in steamed bread making. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 310-318, 2015.

LUDWIG, M. P. **Princípios da pós-colheita de grãos e sementes**. 1. ed. Ibirubá: IFRS Ibirubá, 2017. 191 p.

MAIER, D. E.; RULON, R. A.; MASON, L. J. **Chilled Versus Ambient Aeration and Fumigation of Stored Popcorn Part 1: Temperature Management**. *Journal of Stored Products Research*, v. 33, p. 39-49, 1997.

MAIER, D.E.; NAVARRO, S. **Chilling of grain by refrigerated air**. In: S. NAVARRO; R. ROYES (eds.) *The mechanics and physics of modern grain aeration management*. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 489-560.

LIMA, G.W. **Potencial genético de genitores e populações segregantes de trigo tropical**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, Viçosa, 40p., 2022.

MENEGHETTI, V.L.; BIDUSKI, B.; TIBOLA, C.S.; JUNIOR, A.L.M.; MIRANDA, M.Z.; LIMA, M.I.P.M.; GUARIENTI, E.M.; GUTKOSKI, L.C. Evaluation of losses and quality maintenance of wheat during storage in a commercial unit in Brazil. *JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE*, v. 2021, p. 11493-7, 2021.

MENEGHETTI, V.L. **Efeitos do Resfriamento e da Umidade dos Grãos Sobre Parâmetros de Qualidade do Trigo Durante o Armazenamento**, Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

MENEGHETTI, V.L.; POHNDORF, R.S.; BIDUSKI, B.; ZAVAREZE, E.R.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. **Wheat grain storage at moisture milling: Control of protein quality and bakery performance**. *Journal of Food Processing and Preservation*, p. 13974, 2019.

MHIKO, T. A. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticum aestivum*) in Zimbabwe. **Nat. Prod. Bioprospect.**, v. 2, p. 21-28, 2012.

MIRANDA, M. Z.; GUARIENTI, E. M.; TONON, V. D. **Qualidade tecnológica de trigo**. In: PASINATO, A.; BONATO, A.L.V.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.L. (Eds.). *Trigo no Brasil: bases para a produção competitiva e sustentável*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2011. p. 371-389.

MÓDENES, A. P.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 508–512, 2009.

MONKS, J.L.F.; VANIER, N.L.; CASARIL, J.; BERTO, R.M.; OLIVEIRA, M.; GOMES, C.B.; CARVALHO, M.P.; DIAS, A.R.G.; ELIAS, M.C.. **Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice**. Journal of Food Composition and Analysis, v. 30, p. 73-79, 2013

MORALES-QUIROS, A.; CAMPABADAL, C.A.; MAIER, D.E.; LAZZARI, S.; LAZZARI, F.; COOK, S.; PHILLIPS, T.W. Chilling Aeration to Control Pests and Maintain Grain Quality during In-Bin Storage of Wheat in Kansas. **ASABE**, v. 162448464, p. 1-17, 2016.

MUIR, W. E. Stored grain losses. In: MUIR, W. E. (Ed.). **Grain preservation biosystems**. Winnipeg: University of Manitoba. 2000. p.12-16.

NABESHIMA, E.H.; EL-DASH, A.A. **Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz**. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, 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.

OZKAYA, H.; OZKAYA, B. **Analyses Method of Grain and Grain Products**. Ankara: Food Technology Publication, 2005. 157p.

PARAGINSKI, R.T.; ROCKENBACH, B.A.; SANTOS, R.F.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. **Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 19, p. 358-363, 2015

PARAGINSKI, R.T.; VANIER, N.L.; BERRIOS, J.J.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. **Physicochemical and pasting properties of maize as affected by storage temperature**. Journal of Stored Products Research, v. 59, p. 209-214, 2014.

PARAGINSKI, R.T.; ZIEGLER, V.; PETER, M.; ROCKENBACH, B.A.; ELIAS, M.C. **Physicochemical and sensory properties of popcorn grain stored at different temperatures**. Current Agricultural Science and Technology, v. 22, p. 13-22, 2016

PARK, C.; KIM, Y.; PARK, K.; KIM, B. **Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures**. Journal of Stored Products Research, v. 48, n. 1, p. 25-29, 2012.

POLAT, H. E. **Integration the effects of different storage types on nutritional quality characteristics of some feedstuffs.** Journal of Food, Agriculture & Environment, v. 11, n. 6, p. 897-903, 2013.

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

RASPER, V. F.; WALKER, C. E. **Quality evaluation of cereals and cereal products.** In: KULP, K.; PONTE, J. G. (Ed.). Handbook of cereal science and technology. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 505-537.

RIGUEIRA, R. J. H.; LACERDA FILHO, A. F. de; VOLK, M. B. S. **Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado.** Alimentos e Nutrição. v. 20, p. 649-655, 2009.

RUPOLLO, G.; VANIER, N.L.; ZAVAREZE, E.R.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J.M. ; PARAGINSKI, R.T.; DIAS, Á.R.G.; ELIAS, M.C. **Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions.** Carbohydrate Polymers, v. 86, p. 1403-1409, 2011.

SCARIOT, M. A.; RADÜNZ, L.L.; DIONELLO, R.G.; TONI, J.R.; MOSSI, A.J., REICHERT JÚNIOR, F.W. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system. **Journal of Stored Products Research**, v. 29, p. 599-608, 2018.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; BONOW, S. Melhoria de trigo no Brasil. In: PASINATO, A.; BONATO, A.L.V.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.L. (Org.). **Trigo no Brasil: bases para a produção competitiva e sustentável.** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2011. p. 427-452.

SCHEUER, P. M. **Caracterização de cultivares brasileiras de trigo com indicação de aplicabilidade tecnológica.** 2009. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHIAVON, R.A.S. **Efeitos do resfriamento artificial no armazenamento sobre parâmetros de avaliação de qualidade industrial de grãos de arroz.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas. 82 p., 2012.

SELLAPAN, K.; DATTA, K.; PARKHI, S.K.; DATTA, S.K. **Rice caryopsis structure in relation to distribution of micronutrients (iron, zinc, β -carotene) of rice cultivars including transgenic indica rice.** Plant Science, v. 177, p. 557-562. 2009.

SILVA, J.S.; LACERDA FILHO, A.F.; RUFATTO, S.; BERBET, P.A. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. In: Juarez de Souza e Silva (Org.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, v. 1, p. 417-499.

SOUZA, C.; B.R.L.; HACKBART, S.L. Efeito da temperatura de armazenamento no desempenho industrial do arroz. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 3 mar. 2020.

UTHAYAKUMARAN, S.; WRIGLEY, C.W. Wheat: characteristics and quality requirements. In: Wrigley, C.W., Batey, I.L. (Org.). **Cereal Grains-assessing and Managing**. Cambridge: Woodhead, 2010.

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

VANIER, N. L.; LINDEMANN, I.S.; POHNDORF, R.S.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. **Classificação oficial, pós-colheita e industrialização de arroz**. 1. ed. Pelotas: Ed. Santa Cruz. v. 1. 420p, 2017

VOLK, M.B.S. **Viabilidade técnica e econômica da utilização do equipamento de ar refrigerado na conservação de trigo armazenado**. 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2005.

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.

ZIEGLER, V.; DEMITO, A.; **Benefícios do resfriamento artificial aplicado em grãos e sementes durante o armazenamento**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2019. 200 p.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C.D.; GOEBEL, J.T.S.; BATISTA, A.; KRONING, D.; ELIAS, M.C. **Effects of storage temperature on the technological and sensory properties of integral rice with pericarp brown, black and red**. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 7, p. 173-189, 2016.

ZIEGLER, V.; PARAGINSKI, R.T.; FERREIRA, C.D. **Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review**. *Journal of Stored Products Research*, v. 91, p. 101770, 2021

ZIEGLER, V.; VANIER, N.L.; FERREIRA, C.D.; PARAGINSKI, R.T.; MONKS, J.L.F.; ELIAS, M.C. **Changes in the Bioactive Compounds Content of Soybean as a Function of Grain Moisture Content and Temperature during Long-Term Storage.** Journal of Food Science, v. 81, p. H762-H768, 2016.

ZUCHI, J.; FRANÇA NETO, J.B.; SEDIYAMA, C.S.; LACERDA F^o, A.F.; REIS, M.S. **Physiological quality of dynamically cooled and stored soybean seeds.** Journal of Seed Science. Journal of Seed Science, v.35, p.353-360, 2013.