

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia dos Alimentos



DISSERTAÇÃO

POTENCIAL GASTRONÔMICO DE COPRODUTOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Marília Ribeiro Azambuja

Pelotas, 2023

Marília Ribeiro Azambuja

POTENCIAL GASTRONÔMICO DE COPRODUTOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

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

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Helayne Aparecida Maieves

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Nora

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A991p Azambuja, Marília Ribeiro

Potencial gastronômico de coprodutos de arroz (*Oryza sativa* L.) / Marília Ribeiro Azambuja ; Helayne Aparecida Maieves, orientadora ; Leonardo Nora, coorientador. — Pelotas, 2023.

59 f.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Oryza sativa* L.. 2. Farelo de arroz. 3. Arroz quebrado. 4. Produtos gastronômicos. 5. Atividade antioxidante. I. Maieves, Helayne Aparecida, orient. II. Nora, Leonardo, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

POTENCIAL GASTRONÔMICO DE COPRODUTOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Data da defesa: 27 de janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Helayne Aparecida Maieves (Orientadora)
Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Leonardo Nora (Coorientador)
Doutor em Plant Molecular Biology and Biochemistry pela University of East Anglia,
JIC - UEA, Inglaterra

Prof.^a Dr.^a Giniani Carla Dors
Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Federal do Rio
Grande

Prof. Dr. Gerson Lopes Teixeira
Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Prof.^a Dr.^a Letícia Mascarenhas Pereira Barbosa
Doutora em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de
Pelotas

Agradecimento

Agradeço aos meus pais que não pouparam esforços para meu crescimento através da educação e continuam sendo grandes incentivadores, com apoio e amor incondicionais. Junto deles meus irmãos amados que estão sempre ao meu lado.

Ao meu companheiro toda a gratidão pelo companheirismo, carinho e encorajamento no período de dupla e tripla jornada dos últimos anos. Teu suporte foi fundamental para a conclusão de mais essa etapa.

Obrigada a todos os amigos e familiares que estiveram comigo nessa fase importante e desafiadora, foram companhias essenciais tanto nos momentos de escuta quanto de lazer.

Agradeço especialmente a minha orientadora, professora Helayne, pela disponibilidade de sempre e por lapidar minhas expectativas e ideias, bem como por nortear os estudos e análises realizados junto à Universidad Complutense de Madrid, e ao coorientador, professor Leonardo, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos por implementar as condições e mecanismos de adaptação necessários à manutenção das atividades no decorrer da pandemia Covid-19 mesmo com todas as dificuldades do período.

Um agradecimento às empresas que confiaram no meu trabalho, Cerealle Indústria e Inovação em Alimentos Ltda. responsável pelo fornecimento das amostras analisadas e Polisul Indústria e Comércio de Alimentos Ltda. por compartilhar relevante conteúdo acerca do mercado arrozeiro da região de Pelotas.

Resumo

Azambuja, Marília Ribeiro. **Potencial gastronômico de coprodutos de arroz (*Oryza sativa* L.)** / Marília Ribeiro Azambuja; Helayne Aparecida Maieves, orientadora; Leonardo Nora, coorientador. – Pelotas, 2023. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

O arroz é um dos cereais mais consumidos no mundo. Notadamente para o Brasil, o arroz apresenta grande importância na alimentação da população das mais diversas classes sociais, além da relevância do produto para a economia, já que o país é um dos maiores produtores de arroz beneficiado, estando atrás apenas da Ásia. O beneficiamento dos grãos para obtenção do arroz branco polido é um processo complexo que dá origem a coprodutos como o arroz quebrado, quirera e o farelo de arroz, os quais sofrem desvalorização econômica no mercado, em que pese o potencial gastronômico quando utilizados como matéria prima de produtos alimentícios. O estudo contempla a execução de preparos gastronômicos utilizando amostras dos coprodutos farelo de arroz e arroz quebrado, trazendo alternativas para o consumo humano. Através de análises via QUENCHER, foi possível determinar a presença de compostos fenólicos e atividade antioxidante nos coprodutos farelo de arroz e arroz quebrado, o que indica características funcionais nos coprodutos. Desse modo, a utilização dos coprodutos de arroz como matéria prima para a fabricação de produtos gastronômicos é capaz de beneficiar desde o público consumidor até a cadeia produtiva deste cereal.

Palavras-chave: Oryza. Farelo de Arroz. Arroz Quebrado. Produtos Gastronômicos. Atividade Antioxidante.

Abstract

Azambuja, Marília Ribeiro. **Potencial gastronômico de coprodutos de arroz (*Oryza sativa L.*)** / Marília Ribeiro Azambuja; Helayne Aparecida Maieves, advisor; Leonardo Nora, co-advisor. – Pelotas, 2023. 59 f. Dissertation (Master's in Food Science and Technology) – Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

Rice is one of the most consumed cereals in the world. Notably for Brazil, rice is of great importance in feeding the population of the most diverse social classes, in addition to the relevance of the product for the economy, since the country is one of the largest producers of processed rice, second only to Asia. The processing of grains to obtain polished white rice is a complex process that gives rise to co-products such as broken rice, small broken rice and rice bran, which suffer economic devaluation in the market, despite the gastronomic potential when used as raw material of food products. The study includes the execution of gastronomic preparations using samples of rice bran and broken rice co-products, bringing alternatives to human consumption. Through analyzes via QUENCHER, it was possible to determine the presence of phenolic compounds and antioxidant activity in the co-products rice bran and broken rice, which indicates functional characteristics in the co-products. In this way, the use of rice co-products as raw material for the manufacture of gastronomic products is capable of benefiting from the consuming public to the productive chain of this cereal.

Keywords: Oryza. Rice bran. Broken Rice. Gastronomic Products. Antioxidant Activity.

Lista de abreviaturas e siglas

- ABTS – 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- AR – amido resistente
- art. – artigo
- CDO - Taxa de Cooperação e Defesa da Orizicultura
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
- CTP – Conteúdo Total de Polifenóis
- DPPH – 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
- DOU – Diário Oficial da União
- FNB - *Food and Nutrition Board*
- FRAP – *Ferric Reducing Ability Power*
- GAE - *Gallic Acid Equivalents*
- IG – Índice Glicêmico
- IN – Instrução Normativa
- IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- min - minutos
- Na₂CO₃ – Carbonato de Sódio
- QUENCHER – *QUICK, Easy, New, CHEap, and Reproducible*
- RDA - *Recommended Dietary Allowances*
- RDC - Resolução da Diretoria Colegiada
- TE – *Trolox Equivalents*
- Trolox – 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametacromano-Ácido 2- carboxílico

Sumário

1 Introdução	10
2 Revisão Bibliográfica	12
2.1 <i>Oriza sativa</i> L.	12
2.1.1 Origem e história	12
2.1.2 Mercado e consumo	13
2.1.3 Aspectos morfológicos	15
2.1.4 Beneficiamento do arroz	17
2.2 Coprodutos oriundos do processo de beneficiamento do arroz	21
2.2.1 Casca	21
2.2.2 Farelo de arroz	22
2.2.3 Arroz quebrado	23
2.2.4 Quirera	25
2.3 Propriedades nutricionais	26
2.4 Normas pertinentes ao tema	29
2.5 Método QUENCHER	34
3. Materiais e métodos	36
3.1 Caracterização das amostras	36
3.2 Capacidade antioxidante geral — Metodologia: QUENCHER	37
3.2.1 Ensaio Folin–Ciocalteu pelo método QUENCHER	38
3.2.2 Ensaio de 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) pelo método QUENCHER	38
3.2.3 Ensaio de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (FRAP) pelo método QUENCHER	39
3.3 Polifenóis Totais: Ensaio Fast Blue (CTP) pelo Método QUENCHER	39
3.4 Potencial gastronômico de coprodutos de arroz	40
3.4.1 Biscoito salgado sem glúten com farelo de arroz	40
3.4.2 Arroz doce com arroz quebrado – mistura semipronta	41
3.5 Comparação para RDA - (<i>Recommended dietary allowance</i>)	42
3.6 Análise estatística	42
4 Resultados e Discussão	44
4.1 Metodologia de QUENCHER	44

4.2 Potencial gastronômico de coprodutos de arroz	46
4.2.1 Biscoito salgado sem glúten com farelo de arroz	46
4.2.2 Arroz doce com arroz quebrado – mistura semipronta	48
4.2.3 Comparação para RDA - (<i>Recommended dietary allowance</i>)	50
5 Considerações finais	52
Referências	54

1 Introdução

O arroz é um alimento muito antigo. Tem-se notícia de seu cultivo no mínimo desde o ano 2.800 a.C., de acordo com Flandrin e Montanari (1998 *apud* CONAB, 2015). Um dos cereais mais consumidos no mundo apresenta importância alimentar devido ao aporte calórico e presença de nutrientes indispensáveis ao ser humano. Analisando os hábitos alimentares dos brasileiros se verifica que o arroz está presente na mesa de todas as classes sociais, sendo um dos alimentos preconizados pelo Guia Alimentar para a População Brasileira (BRASIL, 2014).

Segundo dados da USDA (2022), após a safra 2021/22 o Brasil é considerado o 10º país produtor de arroz beneficiado do mundo. Os três estados da região sul estão entre os maiores produtores desse cereal (*Oryza sativa* L.), sendo este um mercado economicamente importante, em especial no Rio Grande do Sul que concentra mais de 70% da produção do Brasil (CONAB, 2023).

Para obter um produto final de qualidade o processo começa antes mesmo do plantio do arroz, na seleção de espécies conforme as peculiaridades da produção. O cultivo dependerá de diversos fatores, tais como o solo, a radiação solar, o volume de precipitação pluvial no período, temperatura do ar, as condições da colheita, entre outros. Tais referências são analisadas para aferição da produtividade a cada safra, como descreve o relatório acerca das condições meteorológicas (IRGA, 2020) trazendo as variações climáticas do período/safra 2019-2020.

Uma vez colhido, o arroz chega à indústria para iniciar o complexo processo de beneficiamento que origina coprodutos como o arroz quebrado, a quirera e o farelo de arroz. Atualmente, a maior parte dos coprodutos advindos do beneficiamento do arroz é destinada à indústria de alimentação animal, o que acarreta na subvalorização de matérias primas com potencial para preparações gastronômicas nobres agregando características nutricionais benéficas à saúde.

À medida que um povo prioriza o consumo de alimentos produzidos em regiões próximas de si, há o benefício de toda uma cadeia interdependente. Assim, o desenvolvimento do presente estudo tem importante função social no sentido de contribuir para o desenvolvimento local a partir da valorização dos coprodutos de arroz para benefício do produtor e colaboradores do setor, bem como para o público consumidor.

Atualmente, produtos à base de arroz apresentam crescente importância no mercado consumidor, por ser um cereal isento de glúten. Os coprodutos de arroz também podem ser adaptados em dietas para pacientes diabéticos por ter um índice glicêmico médio a baixo no caso do farelo de arroz, além da presença de amido resistente (AR) nos grãos de arroz, o que auxilia no controle de outras doenças crônicas não transmissíveis. Nesse sentido, se verifica a relevância do estudo a partir da apresentação de novas preparações utilizando os coprodutos do beneficiamento do arroz, oferecendo novos produtos ao mercado consumidor e favorecendo a cadeia produtiva do cereal, setor economicamente relevante para a região de Pelotas, cidade localizada no sul do estado do Rio Grande do Sul e importante na produção orizícola.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade antioxidante dos coprodutos via QUENCHER, a fim de apurar a contribuição de substâncias de baixo peso molecular como os fenólicos solúveis ou ligados, bem como sua atividade antioxidante. Num segundo momento, as amostras foram submetidas a testes de preparações gastronômicas a partir dos coprodutos: farelo de arroz e arroz quebrado, para viabilizar a produção industrial como novos produtos, visando a valorização dos coprodutos.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 *Oryza sativa* L.

2.1.1 Origem e história

A agricultura surgiu com as primeiras civilizações no período neolítico, há cerca de dez mil anos. Até esse momento os povos eram nômades e a alimentação humana se baseava na ingestão de vegetais coletados e alguma quantidade de proteína obtida na caça. Conforme os recursos de determinada região escasseavam, as comunidades buscavam um novo local para se instalar e explorar, sucessivamente. O cultivo de alimentos iniciou pelo plantio de tubérculos e cereais, prática atrelada ao novo modo de vida sedentário que possibilitava aos seres humanos a fixação em um território em que proveriam pela alimentação do grupo sem a necessidade de deslocamentos constantes em busca de melhores condições de sobrevivência (MAZOYER; ROUDART, 2009).

Nesse contexto, o arroz foi um cereal de grande importância desde os primórdios da agricultura, e as técnicas de cultivo e preparo evoluíram ao longo dos anos. Chegou a ser considerado como planta sagrada pelo imperador da China em meados de 2.800 a.C, segundo Flandrin e Montanari (1998 *apud* CONAB, 2015).

De acordo com Cascudo (2011) há registros de que o cereal foi trazido para o Brasil pelos portugueses na época dos descobrimentos, em meados do século XVI, assim como a cana-de-açúcar, coqueiro, bananeira. Importante ressaltar a existência de estudos que remontam a existência de cultivo de arroz pelos indígenas em terras brasileiras anteriormente à chegada dos portugueses e que os colonizadores teriam retornado à Portugal após o descobrimento com exemplares dessa espécie encontrada no Brasil (ROHDE, 1995). Tratavam-se de espécies

de gramínea chamada pelos povos originários de *abtiapé*, comumente encontrada às margens de lagos e rios do Amazonas (CASCUDO, 2011).

Nos primórdios da produção orizícola no país, a prioridade para produção de arroz era das regiões litorâneas, notadamente na região nordeste. Foi nos anos de 1900 que o município de Pelotas, no Rio Grande do Sul, passou a ter a primeira lavoura empresarial irrigada segundo Pereira (2002).

2.1.2 Mercado e consumo

Em termos de mercado, o arroz é uma das *commodities* mais importantes do mundo, e no Brasil, de acordo com levantamento do IBGE (2022) é um dos três principais cereais cultivados, junto com milho e soja. A importância brasileira no cenário rizicultor é indiscutível, o primeiro país fora do eixo asiático com expressão produtiva. Consoante dados referentes à produção mundial de arroz após a safra 2021/22 o Brasil é o 10º maior produtor de arroz beneficiado do mundo (USDA, 2022), ficando atrás somente de países asiáticos, conforme se observa na Figura 01:

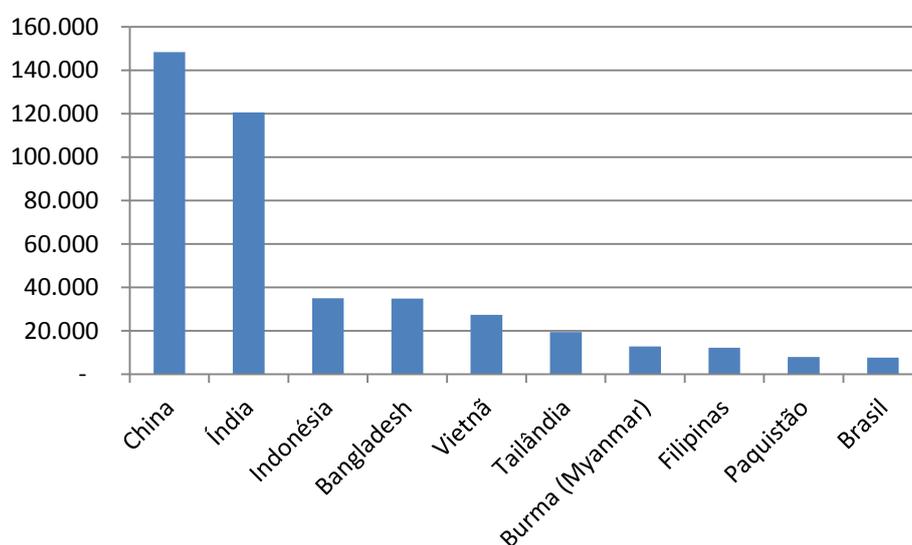


Figura 01 – Gráfico da produção anual média (milhões de tonelada) das safras de 2017/18 a 2021/22 dos 10 principais países produtores do mundo.
Fonte: Adaptado de USDA, 2022.

O sucesso no cultivo de arroz depende de diversos fatores, tais como o solo, a radiação solar, o volume de precipitação pluvial no período, temperatura do ar, as condições da colheita, entre outros. Uma das vantagens da produção do arroz em

relação a outros cereais é a possibilidade de ser cultivado sob diferentes condições e variados sistemas de cultivo, dos quais se destacam o arroz irrigado e o de sequeiro – ou terras altas (CONAB, 2015).

Os números da produção no Brasil, nos últimos anos, tem se mantido em patamares acima de 10 milhões de toneladas, e nem mesmo a pandemia de Covid-19 foi capaz de afetar significativamente tais números, nos termos dos boletins de acompanhamento da safra brasileira de grãos (CONAB, 2022). Após a safra de 2021/22 o arroz produzido no país é majoritariamente irrigado, correspondendo a aproximadamente 80%, sendo que a maior parte dessa produção está concentrada na região sul do país, responsável por quase 70% da produção de acordo com dados da CONAB (2023).

O mercado de arroz apresenta variação de preços conforme as especificidades de cada safra e o nível de escoamento da produção, com alteração dos preços com a aplicação da lógica capitalista da lei da oferta e da demanda. De acordo com dados da Bolsa de Cereais de São Paulo, em 30 de janeiro de 2023, o arroz irrigado com casca do Rio Grande do Sul tinha preço entre R\$ 67,00 e R\$ 76,00 a saca de 50 kg, enquanto o arroz beneficiado Tipo 1, originário do mesmo Estado, tinha preços entre R\$ 142,00 e R\$ 175,00 por 60 kg (BCSP, 2023), caso em que o valor da tonelada do arroz beneficiado pode ultrapassar R\$ 2.900,00.

Culturalmente, o arroz é um alimento presente na mesa dos brasileiros das mais diversas camadas sociais. O consumo médio mundial é de 54 kg/pessoa/ano, e no Brasil o consumo *per capita* anual segundo dados do ano de 2013 correspondia a 61,2 kg do produto com casca e 44 kg/habitante/ano de arroz beneficiado polido (EMBRAPA, 2013).

Analisando os hábitos alimentares dos brasileiros se verifica que o arroz é um dos alimentos preconizados pelo Guia Alimentar para a População Brasileira (BRASIL, 2014), que incentiva seu consumo. Os dados da Figura 02 mostram que é o maior país consumidor fora da Ásia, com números das safras de 2017/18 até 2020/21 (USDA *apud* COELHO, 2021).

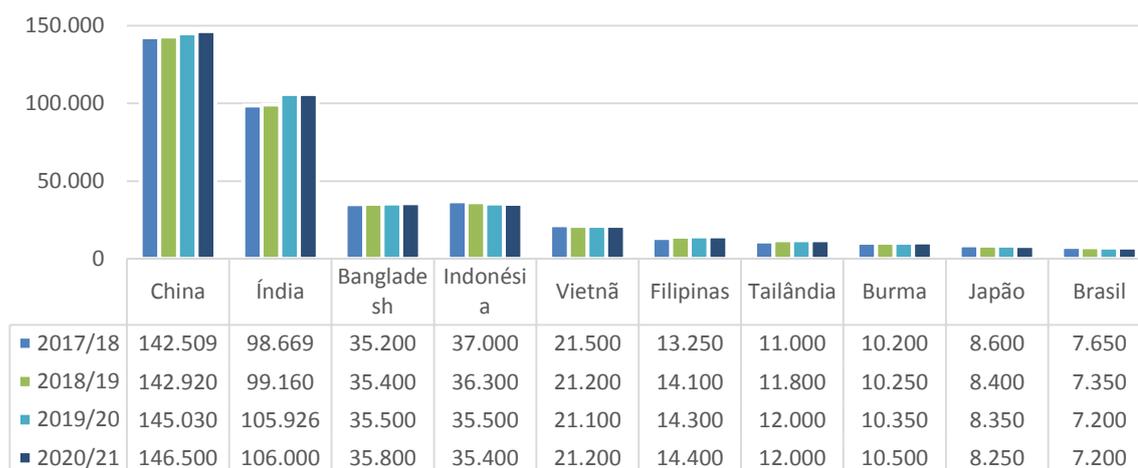


Figura 02 – Gráfico do consumo mundial de arroz dos 10 principais países consumidores do mundo. Fonte: Adaptado de USDA *apud* COELHO, 2021.

De acordo com dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018, que analisou o consumo alimentar pessoal no Brasil, o cereal aparece como o segundo produto consumido com maior frequência por 76,1% dos entrevistados, ficando atrás somente do café que apareceu em 78,1% (IBGE, 2020).

O ato de comer não está atrelado apenas à nutrição do corpo humano, perpassa diversos temas e matérias por seu caráter político, econômico e social. A própria história da agricultura é também um estudo pertinente para entender o uso alimentício das plantas (CARNEIRO, 2003).

2.1.3 Aspectos morfológicos

Por suas características, o grão de arroz não é um alimento que pode ser consumido *in natura* e, por isso, é necessário submetê-lo ao processamento a fim de que esteja apto ao consumo, com no mínimo a retirada da casca. O grão é formado por três estruturas básicas: a casca, o farelo e o endosperma (OLIVEIRA, 2021) conforme Figura 03.

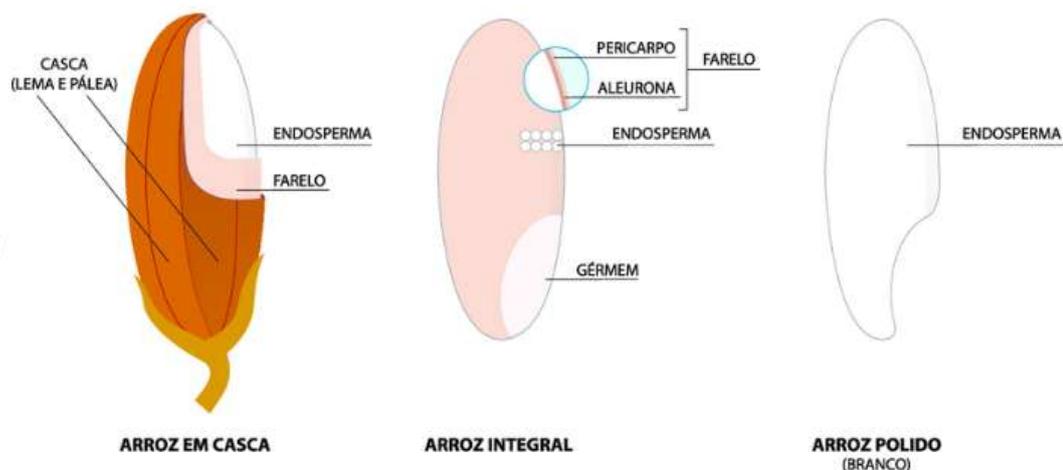


Figura 03 – Morfologia de um grão de arroz e suas estruturas em três estágios: arroz em casca, arroz integral e arroz branco polido.

Fonte: OLIVEIRA (2021).

Conforme Oliveira (2021) a casca, camada mais externa, representa cerca de 20% do total do grão *in natura*. É uma estrutura formada por espécie de duas folhas modificadas que envolvem o grão no sentido longitudinal, chamadas de pálea e lema. Não diferente de outros vegetais, a casca tem a função de conferir proteção contra a ação de insetos, umidade, microrganismos e outros fatores capazes de trazer prejuízos à planta. É uma estrutura dura e fibrosa quebrada com o atrito ou torção, sendo a primeira parte do grão a ser retirada no processo de beneficiamento com o descascamento.

Do descascamento resta exposta a cariopse, que constitui o grão sem casca, formada por quatro partes que nomeadas pericarpo, aleurona, gérmen e endosperma, (OLIVEIRA, 2021). O produto do qual foi retirada somente a casca é denominado arroz integral, de acordo com a Instrução Normativa Nº 06/2009 e nessas condições poderá ser selecionado e classificado conforme suas características de cor, tamanho, entre outros, e estará apto ao consumo sem a necessidade de ser submetido aos demais processos de beneficiamento (BRASIL, 2009).

O pericarpo é a parte mais externa do grão sem casca que contém uma proteção extra à planta, contendo diferentes compostos bioativos que se vinculam pelas especificidades relacionadas às diferentes colorações dessa camada que pode variar dos tons amarelado, vermelho, violeta e preto (OLIVEIRA, 2021), definidos pela legislação vigente como variedades especiais de arroz (BRASIL, 2009).

O pericarpo junto da aleurona forma o farelo de arroz, camada que corresponde a até 11% do grão, contendo alto valor nutricional e presença de ácidos graxos. A existência de farelo no grão influi de maneira importante no manejo culinário do arroz, pois a presença de gordura e fibras no grão modifica o tempo de cocção e o resultado sensorial na apresentação final, sendo que quanto mais polido o grão, mais rápida será a cocção. O gérmen, também chamado de embrião, constitui a parte a partir da qual o grão é capaz de desenvolver uma nova planta. Esta estrutura também contém propriedades de alto valor nutricional (OLIVEIRA, 2021).

2.1.4 Beneficiamento do arroz

Para a colheita a umidade ideal será entre 18 e 23%, quando o grão deverá ter atingido a maturidade e o fim de sua formação, porém para o armazenamento é necessário que esse percentual seja reduzido. Após a colheita dos grãos no momento de recebimento é feita a pré-limpeza, com a retirada prévia de impurezas. (EIFERT, 2009)

Em seguida, procede-se a secagem que deve ocorrer o mais rápido possível após a colheita, pois quanto menor o tempo transcorrido entre a colheita e a secagem menores serão os prejuízos à qualidade do produto, já que o tempo de espera pode afetar a germinação, o vigor e a qualidade dos grãos (FRANCO; PETRINI, 2006).

Para a armazenagem é necessário diminuir a umidade relativa para atingir a umidade do grão a aproximadamente 13%, sendo recomendável a remoção de no máximo 2% de umidade por hora de secagem (EIFERT, 2009). Nesse processo deve haver a observância de parâmetros rígidos de controle de temperatura do ar para que não haja choque térmico capaz de danificar os grãos com trincamento, alteração de coloração, desestruturação do grão, entre outras consequências. Esta etapa pode seguir diferentes métodos (estacionária, intermitente, contínua, seca-aeração, natural ao sol), sendo o secador intermitente o mais recomendável por proporcionar a secagem gradativa dos grãos sem a remoção brusca de água. Os grãos quebrados no processo de beneficiamento podem ser resultado de fissuras causadas pelas variações na umidade, antes mesmo da colheita (EIFERT, 2009). É de extrema relevância para indústria o reflexo econômico gerado pela quebra de

grãos no decorrer do beneficiamento, notadamente pela diferente valoração no mercado entre grãos inteiros e quebrados (VIEIRA, 2004).

O armazenamento dos grãos é feito, em geral, em silos com adequação de temperatura para a melhor manutenção da massa de grãos até o início do processamento industrial, a fim de evitar o aquecimento do arroz ensilado. Quando o armazenamento nessa etapa ocorre em sacaria, a secagem deve observar parâmetros de porcentagem de umidade diferentes, com maior retirada de umidade, tendo em vista que aumenta a sensibilidade de absorção de umidade pela maneira como os grãos estarão acondicionados. Ainda com casca o arroz vai passar por uma limpeza para a retirada de resíduos que podem ainda estar presentes junto aos grãos, como palha do arroz, torrões de terra, pedras, entre outros. (EIFERT, 2009).

O processo de beneficiamento, propriamente dito, do arroz polido inicia pelo descascamento, que consiste na separação da casca do restante do grão (CASTRO *et al.*, 1999), quando o arroz com casca passa por um pequeno espaço no interior do equipamento, cujo princípio de funcionamento consiste em dois rolos que giram em direções opostas e em velocidades diferentes, que proporcionam um movimento de torção cujo resultado é a separação da casca e do grão (EIFERT, 2009). O arroz descascado pode ser chamado de arroz integral ou arroz esbramado (BRASIL, 2009).

A umidade adequada do grão nesse momento do processo de beneficiamento é fundamental, pois é fator que exerce influência direta na quebra de grãos durante o processo de descascamento, e conseqüentemente reflete no rendimento final de grãos inteiros do produto beneficiado (EIFERT, 2009), sendo considerado grão inteiro pela IN 06/2009

o grão descascado e polido que apresentar comprimento igual ou superior às $\frac{3}{4}$ (três quartas) partes do comprimento mínimo da classe que predomina; no caso específico do arroz da classe curto, a determinação dos grãos quebrados será efetuada em função do seu comprimento máximo, ou seja, 4,99 mm (quatro vírgula noventa e nove milímetros), sendo, portanto, considerado inteiro o grão que apresentar comprimento igual ou superior a 3,74 mm (três vírgula setenta e quatro milímetros) (BRASIL, 2009, art. 2º, XXIV).

Após o descascamento ocorre a separação do arroz inteiro, da palha, e do arroz marinheiro – o arroz que conserva a casca após o beneficiamento (EIFERT, 2009). Nesse momento se obtém o maior volume de resíduo do grão, sendo a casca

o coproduto em maior abundância correspondendo a cerca de 20% do peso inicial, de acordo com Oliveira (2021).

A fase seguinte é da brunição, também chamada de branqueamento (CASTRO *et al.*, 1999) quando o arroz sem casca (integral) passa pelos brunidores que promovem um processo de abrasão por pedras que retiram a camada mais externa do grão que constitui o farelo de arroz (EIFERT, 2009). O farelo de arroz obtido nessa fase do processo de beneficiamento do grão é um dos principais coprodutos de arroz, correspondendo a 4 a 11% do peso do grão sem casca (OLIVEIRA, 2021).

Logo em seguida o arroz é polido no processo que consiste na retirada da camada periférica dos grãos o que resulta na redução da concentração de vitaminas, minerais e fibras, reduzindo o valor nutricional do grão (OLIVEIRA; AMATO, 2021) quando comparado ao grão integral.

Após esse processo, os grãos polidos passam pelas peneiras que separam de acordo com o tamanho em grãos inteiros, grãos quebrados e quirera (BRASIL, 2009).

Na Figura 04 é possível observar o organograma do processo de beneficiamento desde o recebimento do arroz após a colheita até a seleção final dos grãos. Posteriormente ocorrerá o empacotamento do produto para transporte e comercialização.

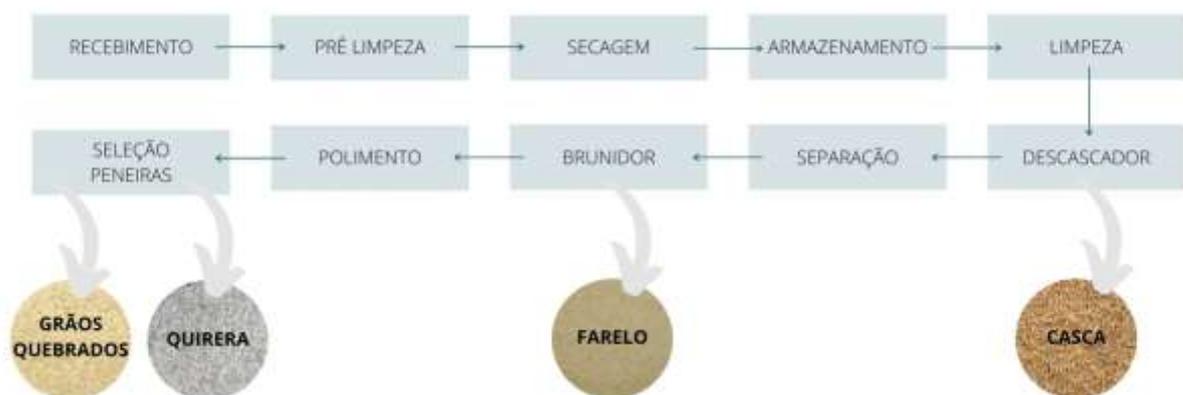


Figura 04 – Organograma do processo de beneficiamento do arroz, desde o recebimento pós-colheita até a seleção final das peneiras.
Fonte: Autora, 2021.

Na Figura 05 se verifica a evolução do grão no decorrer do processo de beneficiamento do grão, descrito anteriormente, em quatro estágios obtidos durante a industrialização do arroz branco polido. Da esquerda para a direita, o primeiro

estágio (A) é o arroz descascado, em tonalidade mais escura, ainda presentes alguns marinheiros e grãos verdes, além de outros defeitos. Logo em seguida estão os grãos de arroz após a brunição (B), já retirados o gérmen e a camada mais externa (que geraram como coproduto o farelo de arroz). No terceiro estágio o arroz já está mais claro após passar pelo polimento (C), mas ainda com visível quantidade de grãos fora de padrão, como quebrados e gessados, por exemplo. A última parte da amostra é o produto final (D), o arroz branco polido que será comercializado no mercado, que apresenta homogeneidade nos grãos, com uniformidade de tamanho bem como de coloração em tom branco levemente perolado.



Figura 05 – Evolução do beneficiamento em quatro etapas: (A) arroz descascado (integral) de tonalidade escura; (B) após a brunição em coloração mais clara, sem o gérmen e farelo; (C) após polimento ainda com presença de defeitos visíveis; (D) arroz branco polido com coloração perolada homogênea.

Fonte: Autora, 2021.

Ao fim do processo de beneficiamento na indústria, o arroz é empacotado em embalagens com rotulagem contendo a denominação de ‘arroz’ (ou ‘fragmento de arroz’, se for o caso), a marca comercial do produto, classificação do produto como subgrupo, classe, tipo, identificação do lote, nome e dados da empresa embaladora ou responsável pelo produto, de acordo com as regras constantes do artigo 44 da IN 06/2009 e demais dispositivos legais vigentes sobre o tema, geralmente em sacos com pesos de 1, 2 ou 5 kg. Esses sacos são acondicionados em fardos de 30 kg que podem ficar armazenados nos engenhos ou serem desde logo transportados por caminhões ao mercado para chegar ao consumidor final. O arroz pode também

sair da indústria para ser vendido a granel, quando deverá seguir regramento específico presente na mesma legislação (BRASIL, 2009).

O arroz branco polido Tipo 1 é o mais valorizado no mercado, notadamente pelo consumidor brasileiro que procura uniformidade tanto quanto a coloração quanto ao tamanho, dando prioridade aos grãos inteiros. Diante disso, no Brasil o rendimento de grãos inteiros é um importante referencial para a valorização comercial (OLIVEIRA, 2021).

2.2 Coprodutos oriundos do processo de beneficiamento do arroz

O mercado de arrozeiro movimenta valores importantes para a economia (COÊLHO, 2021). Não somente o produto final principal, o arroz beneficiado de todas as variedades, classes e tipos, mas também os coprodutos gerados durante o processo de industrialização serão levados ao mercado.

Exceto pela casca, os demais coprodutos são aptos ao consumo com finalidade alimentar de seres humanos. Ocorre que parcela considerável dessas matérias primas ainda é comercializada para a produção de ração animal (OLIVEIRA, 2021), resultando em depreciação de mercado inadequada frente à qualidade nutricional dos produtos. Importante, portanto, realizar a análise do potencial gastronômico capaz de elevar o valor de mercado no comércio de alimentos.

2.2.1 Casca

O primeiro coproduto do processo de beneficiamento é a casca, parte não comestível do grão retirada no início da industrialização. Dos coprodutos gerados é o que mais preocupa em termos ambientais pela grande quantidade gerada já que, segundo Oliveira e Amato (2021) a casca corresponde a 20-25% do peso bruto do arroz *in natura*. O fato de não poder ser destinado à alimentação torna esse coproduto um resíduo e o descarte se transforma em um potencial problema ambiental.

A casca do arroz tem sua principal destinação para a utilização como combustível para fornos e caldeiras, inclusive dentro da própria indústria arroseira, com boa aceitação pelo poder de produzir calor. Embora tal coproduto também seja

utilizado em outros ramos industriais como construção civil, indústria química, cerâmica, eletrônica, entre outros (MAYER; HOFFMANN; RUPPENTHAL, 2006) ainda nos dias atuais se apresenta como um desafio encontrar usos para a casca de arroz, e pesquisas vem sendo realizadas visando o manejo sustentável desse resíduo da indústria.

2.2.2 Farelo de arroz

O farelo de arroz corresponde ao pericarpo e aleurona, respectivamente as camadas mais externas do grão localizadas logo abaixo da casca (OLIVEIRA, 2021). O farelo é obtido durante o polimento e será o equivalente a aproximadamente 9% do peso bruto total do arroz com casca, sendo que quando em percentual superior o arroz estará excessivamente polido, e em caso de obter percentual menor o arroz será considerado mal polido, o que acarreta baixa aceitação comercial (CASTRO *et al.*, 1999).

A comercialização do farelo de arroz ocorre, em geral, entre indústrias, sendo pouco comercializado como produto final diretamente ao consumidor pessoa física. Os engenhos ou arroteiras responsáveis pelo processamento e beneficiamento dos grãos vendem o farelo a outras empresas, que darão variadas destinações e usos como matéria prima, sendo o valor médio de mercado cerca de R\$ 1.300,00/tonelada. Ainda hoje o farelo de arroz é amplamente utilizado para fins de alimentação animal, e por muito tempo essa foi a principal finalidade desse produto (informação verbal)¹.

Conforme Oliveira (2021) a presença de compostos bioativos nessa camada mais externa do grão está diretamente relacionada às eventuais pigmentações que os grãos poderão apresentar, desde a tonalidade amarelada até a cor preta, passando pelos tons de vermelho e violeta. Atualmente vem crescendo a demanda desse produto também para a alimentação humana, especialmente como matéria prima para a produção do óleo de arroz. A presença de gordura no farelo de arroz possibilita a extração do óleo, com propriedades nutricionais benéficas à saúde, pela presença de antioxidantes e em razão do perfil de ácidos graxos majoritariamente insaturados que auxiliam na redução do colesterol. Ademais, as propriedades

¹ Entrevista concedida à autora por José Augusto Vaniel a respeito do mercado do arroz na região Sul, na cidade de Pelotas/RS, em 13 de outubro de 2022.

sensoriais são favoráveis ao uso do óleo de arroz por apresentar sabor neutro e conseqüentemente não exercer grande influência ou alteração nos preparos em que é utilizado.

O óleo do farelo de arroz também vem sendo testado em pesquisas na produção de biodiesel que consideram uma alternativa viável e com enorme potencial como matéria prima para a obtenção de biocombustível (PEREIRA, 2013).

Para o emprego do farelo de arroz na alimentação humana o corproduto deve passar pelo processo de extração do óleo, que gera o farelo desengordurado, e posteriormente pela estabilização para obter o farelo de arroz desengordurado estabilizado. Esse processo será importante para evitar a rancificação e permitir o armazenamento por períodos mais longos (PESTANA, MENDONÇA, ZAMBIAZI, 2008) sem a ocorrência de odores e sabores indesejados que o tornam inapto ao consumo.

Estudos como de Chen e Bergmann (2005) mostram a inclusão do farelo de arroz desengordurado de maneira desejável na alimentação humana, pelas propriedades funcionais em virtude da presença de fitoquímicos como tocoferóis, tocotrienóis e gamma-orizanol capazes de influenciar positivamente na redução do colesterol.

Com a adequação do farelo de arroz para o consumo humano através do processamento para obtenção do farelo desengordurado estabilizado, surge uma matéria prima viável às preparações gastronômicas, agregando características nutricionais desejadas, especialmente em produtos de panificação para o público celíaco ou com sensibilidade ao glúten, como aplicado por Soares (2017).

2.2.3 Arroz quebrado

Nos termos do artigo 2º, inciso XXX, da IN 06/2009, o grão quebrado compreende

o pedaço de grão de arroz descascado e polido que apresentar comprimento inferior às $\frac{3}{4}$ (três quartas) partes do comprimento mínimo da classe que predomina e que ficar retido na peneira de furos circulares de 1,60 mm (um vírgula sessenta milímetros) de diâmetro (BRASIL, 2009, art. 2º, XXX).

Esse pode ser empacotado e rotulado como um produto em si, apto à comercialização para o consumidor final, sendo permitida sua venda como

“fragmento de arroz”, descrito na IN 06/2009 como “o produto constituído de, no mínimo, 90% (noventa por cento) de grãos quebrados e quirera” (BRASIL, 2009).

Desse modo, a mercadoria não se trata de resíduo ou de produto com qualidade nutricional inferior a do grão inteiro sendo, em verdade, um item menos valorizado no mercado, em relação ao arroz classificado de Tipo 1 a 5. Isso ocorre principalmente pela ausência de padronização e conseqüentemente o resultado diferente no preparo em panela, já que, conforme destaca Oliveira (2021), quanto mais quebrado for o grão, mais provável será um resultado grudento em forma de papa ao final do preparo.

Na região de Pelotas/RS não é comum comercialização de fragmentos de arroz ao consumidor final. Esse coproduto em geral é comercializado entre indústrias para usos variados (alimentação animal, produção de bebidas, tipagem de arroz, produção de farinha de arroz, entre outros), sendo o valor médio de mercado R\$ 1.500,00/tonelada (informação verbal)².

Os grãos quebrados tem potencial gastronômico e sensorial para preparos em que se deseja encontrar cremosidade no preparo advinda da presença de amido, mas ainda assim ter o grão como protagonista, comparando, para fins gastronômicos, ao arroz curto que se presta a preparações cujo resultado esperado seja mais pegajoso após cozido (OLIVEIRA, 2021). Diante disso, pode ser viável a utilização do coproduto arroz quebrado como substituto de arroz *arbório* ou *carnarolli*, duas variedades de arroz com grãos curtos, aptas ao preparo de pratos como o arroz doce e o risoto, receitas em que se deseja obter cremosidade ao final do preparo (Chef Profissional, 2017).

O arroz quebrado, além de ser vendido como “fragmento de arroz” para alimentação humana, é também utilizado pela indústria para a mistura com os grãos inteiros a fim de determinar e regular a tipagem de arroz. Quanto maior a quantidade de quebrados na amostra menos nobre será o Tipo (BRASIL, 2009), como se observa na Figura 06.

² Entrevista concedida à autora por José Augusto Vaniel a respeito do mercado do arroz na região Sul, na cidade de Pelotas/RS, em 13 de outubro de 2022.

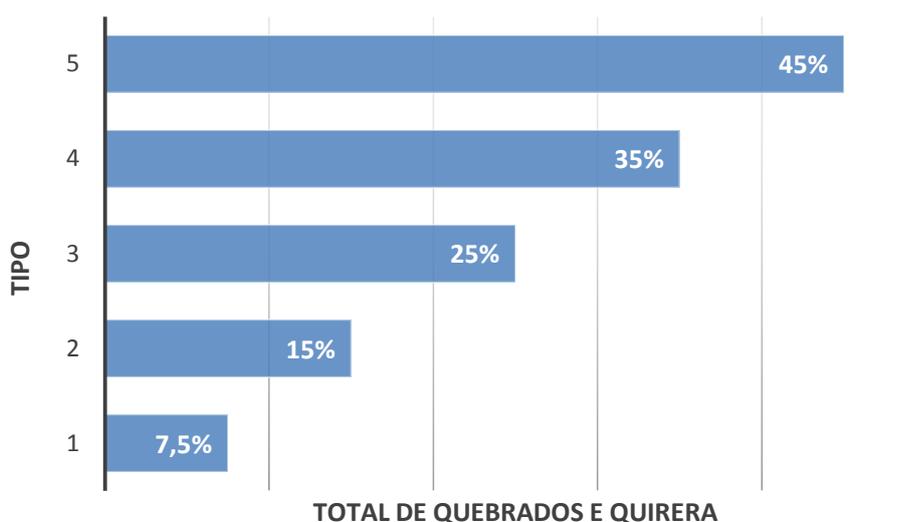


Figura 06 – Classificação dos tipos de arroz beneficiado polido em Tipos 1, 2, 3, 4 e 5 em relação à quantidade de grãos quebrados e quirera presentes (expresso em percentual).

Fonte: elaborada pela autora com base na Instrução Normativa nº 6/2009 (BRASIL, 2009).

Importante destacar que não é somente o percentual de grãos quebrados o parâmetro para a determinação da tipagem do arroz, mas a presença e quantidade também de outros possíveis defeitos considerados para a classificação dos tipos de arroz, conforme veremos a seguir.

Outra destinação importante dos grãos quebrados tem sido para produção de farinha de arroz (OLIVEIRA *et al.* 2014), produção de cerveja (EIFERT, 2009) além de ser destinada à produção de ração animal, porém há ampla gama de estudos acerca de novos usos para arroz quebrado.

2.2.4 Quirera

A quirera se caracteriza como “o fragmento de arroz que vazar na peneira de furos circulares de 1,60 mm (um vírgula sessenta milímetros) de diâmetro”, que corresponde a uma fração inferior a $\frac{1}{4}$ do grão inteiro. Nos termos do artigo 5º da IN 06/2009 se trata de uma categoria de arroz quebrado (BRASIL, 2009). Atualmente a principal destinação da quirera é para nutrição animal e da indústria cervejeira (EIFERT, 2009).

O cozimento da quirera proporciona um resultado pegajoso e empapado, muito diferente do esperado de um arroz branco polido Tipo 1. Isso faz com que não seja um produto aceito pelo consumidor brasileiro que, de acordo com Vanier

(2017), dá preferência ao arroz longo fino que proporciona grãos soltos e macios após a cocção.

Porém, se não houver o comparativo e expectativa de encontrar um prato com as características tradicionais desse arroz mais nobre, é possível incluir a quirera em alguns preparos com a finalidade de, por exemplo, enriquecer sobremesas em forma de cremes ou mingau. Ainda, o preparo de massas a partir da quirera cozida como uma pasta base é viável, porém requer estudos específicos para estabelecer as formulações ideais.

2.3 Propriedades nutricionais

O arroz pertence ao grupo dos cereais, que se caracteriza como alimento vegetal constituído por grãos, cujo nome tem origem de Ceres, deusa grega da agricultura e da colheita (PHILIPPI, 2006). Os cereais são importantes fontes de carboidrato, gordura e proteína, além das vitaminas e minerais, podendo conter também uma porção considerável de fibras, especialmente nos integrais. A composição nutricional média do arroz branco polido cru foi adaptada por Oliveira (2021 de Storck, 2004), atribuindo 87,58% de carboidrato, 8,94% de proteínas, 0,36% de lipídeos, 0,30% de minerais, 2,87% de fibras totais – sendo 1,05% de fibra insolúvel e 1,82% de fibra solúvel.

Os carboidratos são macronutrientes essenciais e constituem importante fonte de energia para o funcionamento do organismo humano. Os cereais são compostos majoritariamente de amido, que são cadeias longas de glicose ligadas entre si, constituindo um carboidrato complexo chamado de polissacarídeo. A digestão dos carboidratos complexos inicia durante a mastigação, quando as enzimas presentes na saliva, notadamente a amilase, e iniciam a quebra das cadeias longas para promover a hidrólise do amido em polissacarídeos mais curtos. Tem sequência a digestão com a chegada do bolo alimentar no estômago, estágio em que a quebra do amido é menor, e a presença de fibras nos cereais irá retardar o processo de digestão para a passagem ao intestino delgado, quando todos os polissacarídeos dos cereais serão quebrados em pequenas moléculas de glicose e absorvidas pelo sangue, restando somente as fibras no trato gastrointestinal. As fibras presentes nos cereais estão presentes em maior quantidade nos cereais integrais, porém vale destacar que alguns amidos podem ser classificados como fibras, chamados de

amido resistente (AR) que estão presentes no arroz branco e atuam como auxiliar no processo digestivo (WHITNEY; ROLFES, 2008).

Quando tratamos da digestão e absorção de carboidratos, vale abordar acerca da resposta glicêmica, que, em termos gerais, diz respeito à velocidade de digestão e absorção da glicose quando da ingestão de determinado alimento pela maneira como ele exerce influência no aumento dos níveis de glicose no sangue (popularmente chamado de açúcar no sangue) e posterior retorno da taxa à normalidade. A rápida absorção promove rápido aumento nessa taxa e abrupta redução abaixo dos níveis esperados em jejum, o que pode causar efeitos indesejados como uma crise de hipoglicemia (raro em pacientes saudáveis), sendo esses alimentos considerados de alto índice glicêmico. O que se espera é que ao ingerir uma refeição a pessoa tenha uma gradual e modesta elevação dos níveis de glicose com a posterior queda também suave na linha que representa esses marcadores, de acordo com Whitney e Rolfes (2008). Embora os cereais integrais sejam considerados de mais baixo índice glicêmico pela maior presença de fibras na composição dos grãos, o arroz polido também tem bom desempenho nesse sentido, apontando o índice glicêmico do arroz integral de 79 enquanto do arroz branco é 81, números satisfatórios considerados IG médio, números que se destacam ainda mais quando comparados a outros cereais, por exemplo, ao trigo cozido com IG 105 conforme análise da TBCA USP 5.0 (2008 apud OLIVEIRA, 2021). O farelo de cereais está classificado de médio a baixo índice glicêmico segundo Foster-Powell, Holt e Brand-Miller (2002, *apud* WHITNEY; ROLFES, 2008).

O AR se caracteriza por, de certa forma, resistir à absorção no intestino delgado auxiliando na digestão para retardar a absorção desses alimentos e assim reduzir seu índice glicêmico. Por essa razão, tais fibras auxiliam no controle da glicemia e dos níveis de colesterol no sangue, beneficiando a saúde da população em geral na melhora de doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas não transmissíveis como diabetes. Pesquisas relacionam o resfriamento ou congelamento de alimentos ricos em amido para consumo posterior com descongelamento ao aumento no teor de AR em relação à refeição consumida logo após o preparo, na proporção de de 4,36% na refeição recém-feita para 7,25% na refeição congelada (BASSO *et al.*, 2011). Também foi relatado o aumento do AR quando da submissão dos grãos de arroz ao processo de parboilização, com algum

sucesso para fins de melhora nos níveis de colesterol em testes com roedores (HELBIG, 2007).

No estudo de Dal Moro, Rosa e Hoelzel (2004) foram apurados valores médios percentuais de 43,25% de carboidrato, 13% de fibra bruta, 12,25% de proteína, 11,6% de lipídeo, 10,2% de cinza – que corresponde aos minerais – e 9,7% de umidade para o farelo de arroz, bem como a presença significativa de vitaminas do complexo B nesse coproduto é relatada por Oliveira (2021).

Como se observa, os estudos de composição apontam que, mesmo em proporção menor quando comparado aos carboidratos, há presença de proteína no arroz branco polido, outro macronutriente essencial para o funcionamento celular formado por uma série de aminoácidos unidos entre si através de ligações peptídicas. Quando falamos de proteínas relacionamos geralmente a alimentos de origem animal como carne, leite e ovos, porém o consumo de leguminosas, cereais e outros produtos de origem vegetal deve ser considerado para suprimento desse nutriente pela população em geral, principalmente nas dietas vegetarianas ou veganas.

Outra característica relevante do arroz e seus coprodutos é que todos são isentos de glúten (OLIVEIRA, 2021), que se trata de uma proteína presente em alguns cereais como trigo, cevada, centeio e, em alguns casos, aveia, responsável pela liga de massas assim como pela retenção de gás carbônico que auxilia na qualidade de massas e pães pela expansão que lhes proporciona (PHILIPPI, 2006).

A doença celíaca é uma doença autoimune caracterizada pela intolerância às proteínas do glúten, e seu consumo desencadeia processos inflamatórios nas mucosas do intestino delgado que leva a sintomas gastrointestinais, cutâneos, ósseos, bem como no sistema nervoso, endócrino, reprodutivo, entre outros. Na última década vem crescendo o número de diagnósticos de doença celíaca e de algumas intolerâncias como sensibilidade não celíaca ao glúten, tendo em vista os novos exames que investigam os marcadores potenciais da doença de que tratam Silva e Furlanetto (2010). Segundo dados do Hospital Israelita Albert Einstein – reportados pela plataforma *Google* – a estimativa é de que mais de 150 mil brasileiros por ano sejam diagnosticados com tal condição. Um dos tratamentos para os pacientes com essa suscetibilidade envolve a remoção total de alimentos que contém glúten da dieta, e conforme Lakatos, Kiss e Miheller (2011, apud COMINETTI; COZZOLINO, 2020) a exclusão do glúten da alimentação do paciente

pelo período de aproximadamente um ano é capaz de reverter o quadro imunoinflamatório, com a melhora dos sintomas, bem como os marcadores imunológicos.

Ainda, nos dias atuais, o mercado é carente de produtos livres de glúten, que substituam os convencionais, cujas características de sabor, textura e custo acessível estejam concomitantemente presentes. Deste modo, havendo crescente população diagnosticada com doenças relacionadas ao consumo de glúten (SILVA; FURLANETTO, 2010), cada vez mais a indústria tem buscado alternativas para produtos que sejam capazes de contemplar os portadores de doença celíaca ou outras relacionadas ao consumo de glúten, ao que o arroz e seus coprodutos mostram-se viáveis.

2.4 Normas pertinentes ao tema

As definições acerca do padrão oficial de classificação do arroz no Brasil, com especificações técnicas correspondentes, estão descritas na Instrução Normativa nº 06 de 16 de fevereiro de 2009, expedida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) – modificada pela IN 2/2012. Esse instrumento aprova o Regulamento Técnico do Arroz, e na forma dos anexos define o padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação, bem como a marcação ou rotulagem.

Importante destacar que a legislação traz conceitos que norteiam os parâmetros de classificação, notadamente no artigo 2º do dispositivo legal. Segundo a IN 6/09, arroz são “os grãos provenientes da espécie *Oryza sativa L.*” e arroz beneficiado se trata do “produto maduro que foi submetido a algum processo de beneficiamento e se encontra desprovido, no mínimo, da sua casca” (BRASIL, 2009).

A legislação do MAPA estabelece como será a classificado o arroz, em Grupos, Subgrupos, Classes e Tipos, de acordo com requisitos de identidade – pela própria espécie do produto e sua forma de apresentação – e qualidade – em função do processo de beneficiamento o que se observa no organograma da Figura 07, bem como pelas dimensões do grão e pelos limites máximos de tolerância em relação aos parâmetros dos anexos II a VII da legislação em análise, quanto à ocorrência de defeitos nos grãos, como demonstrado na Figura 08.

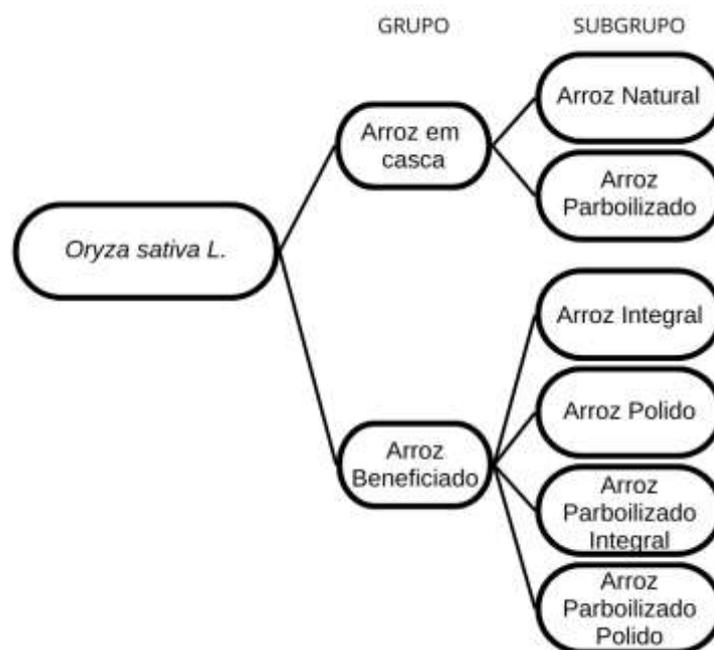
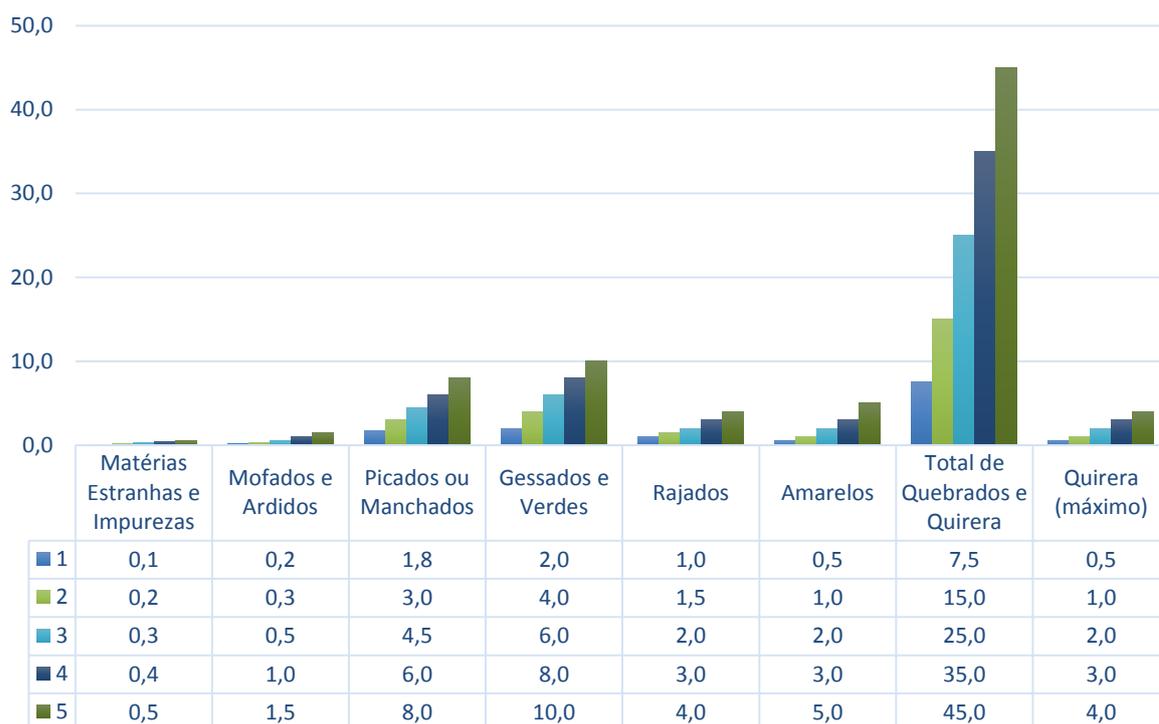


Figura 07 – Organograma da classificação de arroz em grupos e subgrupos de acordo com a legislação vigente.

Fonte: adaptado da Instrução Normativa nº 6/2009 (BRASIL, 2009).

Os tipos são determinados de acordo com o processo de beneficiamento, dimensões do grão e a ocorrência percentual de defeitos como matérias estranhas, impurezas, grãos mofados, ardidos, enegrecidos, rajados, picados, manchados, gessados, verdes, vermelhos, pretos, amarelos, quebrados e quirera. A classificação em tipos é expressa em números arábicos, sendo o Tipo 1 o com menos defeitos percentualmente, e o Tipo 5 com maior percentual de defeitos, podendo também ser considerado Fora de Tipo o arroz cujas amostras excedam os limites máximos de tolerâncias estabelecidas, ou Desclassificado quando serão considerados impróprios para o consumo humano nos casos do rol taxativo descrito nos incisos do artigo 10 da IN nº 06/2009 (BRASIL, 2009).

Nos termos do Anexo VII da legislação do MAPA os limites de tolerância em percentual do peso para o arroz beneficiado polido segue os parâmetros apresentados na Figura 08:



Obs.: Valores expressos em %. ¹ Tipo 1; ² Tipo 2; ³ Tipo 3; ⁴ Tipo 4; ⁵ Tipo 5.

Figura 08 – Classificação dos tipos de arroz beneficiado polido de acordo com o Anexo VII da Instrução Normativa 06/2009, com valores expressos em percentual.
Fonte: adaptado da Instrução Normativa nº 06/2009 (BRASIL, 2009).

O artigo 5º da IN 06/2009 classifica também os fragmentos de arroz beneficiado, matéria de relevância para o presente estudo. Nos termos do dispositivo serão classificados em quatro subgrupos, quais sejam integral, polido, parboilizado integral e parboilizado polido, e em duas categorias denominadas quebrado e quirera. O enquadramento em uma ou outra categoria será determinado pela maioria apresentada na amostra, e a classificação do fragmento de arroz quebrado ou quirera será em tipo único, conforme a tolerância de matérias estranhas e impurezas além do somatório de defeitos específica para os fragmentos (BRASIL, 2009).

Todas essas classificações são determinantes para o mercado, e o potencial gastronômico de cada classe ou tipo de arroz será diferente pelas propriedades que se deseja ressaltar em um preparo culinário.

Note-se a importância da Instrução Normativa para garantir a qualidade e padronização dos produtos comercializados, visto que além da classificação feita pela indústria com os mecanismos adequados para tanto, há legitimidade para que os órgãos de controle efetuem novas análises a fim de aferir a regularidade dos

produtos podendo, inclusive, promover a desclassificação quando constatadas irregularidades, com o propósito de garantir a qualidade desses produtos ao consumo humano.

Cada estado poderá ter normatizações complementares acerca do mercado e comércio de arroz, bem como a taxação de serviços relacionados. No Rio Grande do Sul, por exemplo, existe a Lei nº 533 de 31 de dezembro de 1948 que consiste no Estatuto do Instituto Rio Grandense do Arroz. Nesse diploma existe Taxa de Cooperação e Defesa da Orizicultura (CDO), criada pela Lei nº 5.645/68 que alterou o artigo 25 do Estatuto. Essa taxa cujo fato gerador é *“a utilização efetiva ou potencial dos serviços específicos e divisíveis que a Autarquia presta ou põe à disposição dos produtores de arroz do Estado”*, será paga pelo produtor de arroz o valor correspondente medido por saco de 50 quilos de arroz em casca, e a arrecadação é aplicada no custeio da execução de medidas de defesa e estímulo da produção pelo órgão estadual nos termos da legislação (RIO GRANDE DO SUL, 1948).

O ordenamento brasileiro possui a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 711, de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, órgão vinculado ao Ministério da Saúde, que *“dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães”* (BRASIL, 2022). Tal norma caracteriza alguns produtos produzidos a partir de cereais e traz definições importantes para nortear a indústria e basear legislações posteriores acerca do tema, sendo pertinente destacar o que diz respeito ao farelo.

Nesse contexto, o conceito de farelo segundo art. 2º, inciso V da norma é o *“produto resultante do processamento de grãos de cereais ou leguminosas, constituídos principalmente de casca e gérmen, podendo conter partes do endosperma”*, e no art. 4º, inc. I define que o farelo deve cumprir o limite máximo de 15% de umidade (BRASIL, 2022).

Em relação à rotulagem para a venda de farelo, a embalagem deve conter a palavra farelo seguida do nome comum da espécie vegetal utilizada, podendo ser, no caso, “farelo de arroz”, ou na hipótese de mistura de farelos a denominação deverá ser “mistura de farelos” seguida do nome comum das espécies vegetais utilizadas no produto, por exemplo “mistura de farelos de arroz e milho”. Quando ocorrer a mistura de farelo com outros ingredientes a denominação de venda deverá

ser “Mistura à base de farelos”, segundo o inciso IV e §§ 2º e 3º do artigo 5º da RDC (BRASIL, 2022).

Importante destacar que o art. 6º da Resolução determina que a rotulagem de mistura à base de farelos deve trazer uma advertência em destaque e negrito contendo o seguinte texto: “O Ministério da Saúde adverte: não existem evidências científicas de que este produto previna, trate ou cure doenças” (BRASIL, 2022), para que não haja abusos da indústria em induzir ao erro o consumidor com a venda de produtos com interações indeterminadas, sem testes que corroborem a efetiva ação benéfica à saúde.

Outra classificação relevante é denominada NOVA, pelo Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da Universidade de São Paulo – Nupens/USP (2014) surgiu a partir da necessidade de adaptar as categorias dos alimentos de acordo com o processamento industrial ao qual os produtos alimentícios são submetidos, e posteriormente os parâmetros dessa classificação foram aplicados ao novo Guia Alimentar para a População Brasileira. Anteriormente a isso, de maneira simplista alimentos como grãos de cereais, massas, farinhas, biscoitos, pães, “barras de cereal” eram classificados como fonte de carboidratos. Ocorre que existem inúmeras diferenças entre os produtos citados, e àquela época, diante de uma epidemia de doenças crônicas não transmissíveis como obesidade, diabetes, etc, os pesquisadores perceberam que as mudanças no estilo de vida estavam afetando a saúde da população com a inclusão massiva de alimentos industrializados na dieta (NUPENS/USP, 2014).

Assim, a classificação NOVA surge para mapear os alimentos em quatro grupos: *in natura* ou minimamente processados; ingredientes culinários processados; alimentos processados; alimentos e bebidas ultraprocessados. Esse método de classificação mudou completamente a divisão que se fazia anteriormente à sua criação. O arroz pertence ao primeiro grupo, que inclui os alimentos *in natura* ou minimamente processados, sendo *in natura* os alimentos que podem ser consumidos da maneira como são encontrados na natureza, como as partes comestíveis de plantas ou de animais. Já minimamente processados são os alimentos *in natura* que necessitam passar por algum tipo de processamento antes que possam ser consumidos ou ainda para que sua durabilidade seja prolongada sem que isso altere substancialmente sua composição e principais propriedades. São descritos no Guia Alimentar para a População Brasileira como alimentos

que foram submetidos a processos de limpeza, remoção de partes não comestíveis ou indesejáveis, fracionamento, moagem, secagem, fermentação, pasteurização, refrigeração, congelamento e processos similares que não envolvam agregação de sal, açúcar, óleos, gorduras ou outras substâncias ao alimento original (BRASIL, 2014).

No caso do arroz, é um alimento minimamente processado, já que precisa passar ao menos pela retirada da casca para que possa ser consumido. De outro lado, as “barras de cereal” que anteriormente pertenciam ao mesmo grupo do arroz como fonte de carboidrato, atualmente estão, em geral, no grupo dos alimentos ultraprocessados, já que são alimentos com adição de açúcar, adoçantes, aromatizantes, emulsificantes sendo apenas uma parte de seus componentes os cereais em si (BRASIL, 2014).

Vejamos que a relevância de critérios norteadores de classificação dos produtos alimentícios, em diferentes esferas, é essencial para a padronização do produto, organização do mercado e informação do consumidor.

2.5 Método QUENCHER

A medição da capacidade antioxidante em materiais vegetais é principalmente restrita a procedimentos baseados em extração que apresentam uma série de limitações. Dependendo da polaridade de cada composto independente, eles podem ser solúveis ou insolúveis em um determinado solvente. Além disso, antioxidantes em alimentos podem ser geralmente encontrados como formas livres e ligadas (incluindo quimicamente ligadas a macromoléculas de alto peso molecular, como fibra dietética, ionicamente ligadas à matriz alimentar, fisicamente aprisionadas na matriz alimentar ou fisicamente aprisionadas em várias estruturas celulares) (CÖMERT; GÖKMEN, 2011).

Com todas essas possibilidades, é difícil obter uma alta eficiência de extração utilizando apenas um solvente ou uma mistura de solventes, pois o material vegetal apresenta moléculas lipofílicas ou hidrofílicas, que podem estar ligadas aos componentes antioxidantes. Assim, a capacidade antioxidante é frequentemente subestimada (SHAHBAZ *et al.*, 2016).

É o caso, por exemplo, da chamada fibra antioxidante; esse conceito está relacionado à consideração de fibra alimentar e antioxidantes juntos em termos de

estudos de saúde. Conforme Saura-Calixto (2011), cerca de 50% do total de antioxidantes dietéticos, principalmente fenólicos, atravessam o intestino delgado ligados à fibra alimentar. O mesmo autor relata proantocianidinas, fenóis hidrolisáveis, ácido ferúlico e ácido o-hidroxibenzóico como alguns dos principais fenólicos associados à fibra em frutas. O procedimento QUENCHER (QUICK, Easy, New, CHEAP e Reproducible), relatado pela primeira vez por Serpen *et al.* (2008) e otimizado por Del Pino *et al.* (2015) foi proposto para avaliar a capacidade antioxidante sem qualquer extração. Usando esta abordagem, foi demonstrado que como o alimento sólido (reduzido a um tamanho de partícula muito pequeno) está em contato direto com a solução reagente radical, as moléculas solúveis exercem sua capacidade antioxidante extinguindo os radicais presentes no solvente de acordo com o líquido usual (reação líquida), ao mesmo tempo, a parte insolúvel exerce sua capacidade antioxidante por meio da reação de superfície que ocorre na interface sólido-líquido.

Dessa forma, a capacidade da metodologia QUENCHER em aferir a capacidade antioxidante de compostos quando ainda estão ligados a matrizes insolúveis, como polímeros, já foi relatada anteriormente, avaliando sua adequação para avaliar globalmente a capacidade antioxidante correspondente a substâncias extraíveis e não antioxidantes extraíveis, tudo isso com redução de complexidade em virtude da economia de tempo e recursos (GÖKMEN; SERPEN; FOGLIANO, 2009).

A capacidade antioxidante do arroz tem sido relatada em estudos, como é o caso de Henrion *et al.* (2018), cujo objetivo é demonstrar a aplicação do método QUENCHER na indústria alimentícia, especialmente pela rapidez e facilidade na preparação das amostras. Além disso, o caráter da sustentabilidade deve ser observado, haja vista que o método não utiliza solventes na execução dos testes, e por isso se apresenta como opção mais eficiente não somente em relação ao tempo e custos, mas também pela observância ao meio ambiente. Embora não seja atualmente uma análise de rotina, pode vir a ser aplicada como um adicional para a indústria como modo de valorizar o produto sem a necessidade de grande investimento de recursos e com a emissão de um laudo rápido para a venda.

3 Materiais e métodos

3.1 Caracterização das amostras

O material utilizado para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em três amostras diferentes – na quantidade de 1 kg cada – fornecidas pela empresa Cerealle Indústria e Inovação em Alimentos, com sede na cidade de Pelotas/RS em junho de 2020, sendo informado que correspondiam aos coprodutos de arroz branco polido: farelo de arroz, arroz quebrado e quirera.

Ocorre que ao longo do desenvolvimento do presente estudo e mediante a análise visual das amostras foi verificado que as mesmas correspondem respectivamente a farelo de arroz, fragmentos de arroz desclassificados, e arroz quebrado, como é possível verificar na Figura 09.



Figura 09 - Imagem das amostras: Farelo de arroz (R1), fragmentos de arroz desclassificados (R2) e arroz quebrado (R3).

A amostra R1 trata-se de farelo de arroz proveniente do processo de beneficiamento do arroz, coproduto resultante da fase de brunição.

Foi verificado que a amostra R2 é constituída de fragmentos de arroz Desclassificados, nos termos do art. 10, inciso III da IN 06/2009, segundo o qual será desclassificado e considerado impróprio para o consumo humano o arroz que apresentar

percentual de matérias estranhas e impurezas, de acordo com o subgrupo de ocorrência, igual ou superior a 3% (três por cento), exceto para a categoria Quirera dos Fragmentos do Arroz que será de 7% (sete por cento), quando o produto for destinado diretamente à alimentação humana (BRASIL, 2009).

portanto a amostra é imprópria para consumo humano. A partir da análise visual verifica-se a presença abundante de matérias estranhas e impurezas, principalmente sementes atribuídas à corriola (*Ipomoea grandifolia*), planta daninha invasora incidente nas lavouras orizícolas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOSBAI, 2012), não descartada a incidência de outras impurezas pertencentes a outros inços. Vale destacar que o controle de plantas invasoras, assim como de pragas e doenças na lavoura, passa pela rotação de sistemas de cultivo ou de culturas, bem como pela opção por cultivares com resistência genética que melhoram o manejo das lavouras, além do controle químico com uso de agrotóxicos específicos, tudo visando um melhor rendimento (CONAB, 2015). Porém, em que pese a identificação da presença de sementes de corriola na amostra, no presente caso não foi objetivo do trabalho realizar o mapeamento de ervas daninhas ou pragas das lavouras de arroz ou o controle das mesmas, sendo possível desenvolver futuros trabalhos acerca do tema.

A amostra R3 contém arroz quebrado, coproduto obtido na fase final do beneficiamento, correspondendo para fins de classificação comercial a fragmentos de arroz, dentro dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2009).

3.2 Capacidade antioxidante geral — Metodologia: QUENCHER

As análises foram realizadas utilizando o método de QUENCHER (QUICK, Easy, New, CHEAP, and Reproducible, em tradução livre significa rápido, fácil, novo, barato e reprodutível), aplicado à metodologia Folin–Ciocalteu, DPPH e FRAP, além do ensaio Fast Blue, evitando a extração por solvente ou etapa de hidrólise, uma vez que os reagentes atuam diretamente sobre a amostra. Desse modo, parte das

amostras foram trituradas, somente os fragmentos de arroz desclassificados (R2) e arroz quebrado (R3), para obtenção de sólidos finos moído, sendo homogeneizadas com o uso de peneira granulométrica (45 MESH) com abertura de 0,355 mm, para então serem utilizadas nos diferentes ensaios.

3.2.1 Ensaio Folin–Ciocalteu pelo método QUENCHER

A metodologia descrita por Slinkard e Singleton (1997) foi adaptada, pesando 1 mg de amostra seca por triplicata. Os tubos foram cobertos com papel alumínio e adicionados 0,8 mL de água destilada e 0,2 mL de reagente fenol Folin-Ciocalteu e agitados em vórtice. Após 5 min de reação, foram adicionados 4 mL de Na_2CO_3 0,7 M e 5 mL de água destilada. Após agitação em vórtice e 45 min de agitação orbital, a absorbância foi medida a 750 nm contra um branco, em leitor de microplacas (ISynergy HTX). A concentração da curva de calibração foi de 50–400 $\mu\text{g/mL}$. Todas as medições foram realizadas em triplicata; os resultados foram expressos em mg de GAE/g amostra.

3.2.2 Ensaio de 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH) pelo método QUENCHER

A capacidade antioxidante pelo método Q-DPPH foi determinada seguindo a metodologia proposta por Del Pino-Garcia *et al.* (2015). O mecanismo de reação é baseado em uma reação de transferência de elétrons e neste método, o radical cromógeno roxo 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) é reduzido por compostos antioxidantes/redutores à hidrazina amarelo-pálido correspondente.

A uma solução de DPPH 0,1 mM, etanol/água (50:50, v/v) foi adicionado para uma absorbância a 517 nm. Em seguida, usando uma balança de precisão (BOECO Germany), cada amostra foi pesada ($2 \pm 0,1$ mg) por triplicata em tubos Falcon. Eles foram cobertos com papel alumínio e foram adicionados 10 mL da diluição de DPPH. Em seguida, foram agitados em vórtice (Velp Scientifica, Usmate, Itália) e mantidos sob agitação circular por 1 h. Após ser centrifugado por 5 min a 7000 rpm e filtrado por gravidade, foram sugados com o uso de micropipetas e colocados em uma microplaca de 96 poços. A absorbância a 517 nm foi lida em leitor de microplacas multimodo Synergy HTX. Trolox foi usado como padrão para realizar uma curva de

calibração (12,5–200 µg/mL), e os resultados foram expressos como mg de equivalentes de Trolox (TE/g).

3.2.3 Ensaio de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (FRAP) pelo método QUENCHER

A metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) foi utilizada para a determinação da capacidade de redução do Fe (III) pela análise Q-FRAP, com modificações de Del Pino-Garcia *et al.* (2015), em 595 nm. Cada amostra foi pesada (2 mg). Em seguida, 40 mL de reagente FRAP foram adicionados e incubados a 37°C por 30 min com agitação contínua. A absorbância foi medida em leitor de microplacas (Synergy HTX), após centrifugação por 5 min a 7000 rpm e filtrada por gravidade. Trolox foi usado como padrão para construir uma curva de calibração (concentração: 2,125–250 µg/mL), e os resultados foram expressos em miligramas de TE por grama de produto (mg TE/g).

3.3 Polifenóis Totais: Ensaio Fast Blue (CTP) pelo Método QUENCHER

Este método baseia-se na interação direta entre os fenólicos e o sal de diazônio, presente no reagente Fast Blue BB, mas o ácido ascórbico e outros compostos redutores não reagem com o sal de diazônio, sendo este método a melhor escolha para medição de CTP em alimentos contendo substâncias redutoras.

Um total de 2 mg de amostra foi pesado. Os tubos foram cobertos com papel alumínio e foram adicionados 0,4 mL de Fast Blue BB 0,1%, 0,4 mL de NaOH 5% e 4 mL de água destilada, depois agitados em vórtice após todas as adições e deixados em agitação orbital por 45 min. A absorbância foi medida a 420 nm em leitor de microplaca multimodo Synergy HTX após ser centrifugada por 10 min a 6500 rpm e filtrada por gravidade. Os resultados foram comparados com uma curva de calibração de ácido gálico (concentração 5–200 µg/mL) e foram expressos como uma quantidade equivalente deste composto (GAE).

3.4 Potencial gastronômico de coprodutos de arroz

3.4.1 Biscoito salgado sem glúten com farelo de arroz

A escolha do biscoito salgado como produto a ser testado levou em consideração a viabilidade de fabricação em larga escala, notadamente pela facilidade dos processos de produção, o baixo custo e a disponibilidade dos insumos utilizados.

Para a produção de biscoito salgado sem glúten com adição de farelo de arroz foram utilizados também os seguintes ingredientes: polvilhos doce e azedo, água, ovo, azeite de oliva extra virgem, fermento químico, semente de chia e sal, além de gergelim preto para finalização. Após a escolha dos insumos foram realizados testes para ajustar a proporção de cada ingrediente, notadamente a quantidade de polvilho doce e polvilho azedo em relação ao farelo de arroz, já que a manutenção da característica de expansão do polvilho pode ser prejudicada quando da utilização de grande proporção de farelo de arroz, ao que obteve-se a formulação apontada na Figura 10.

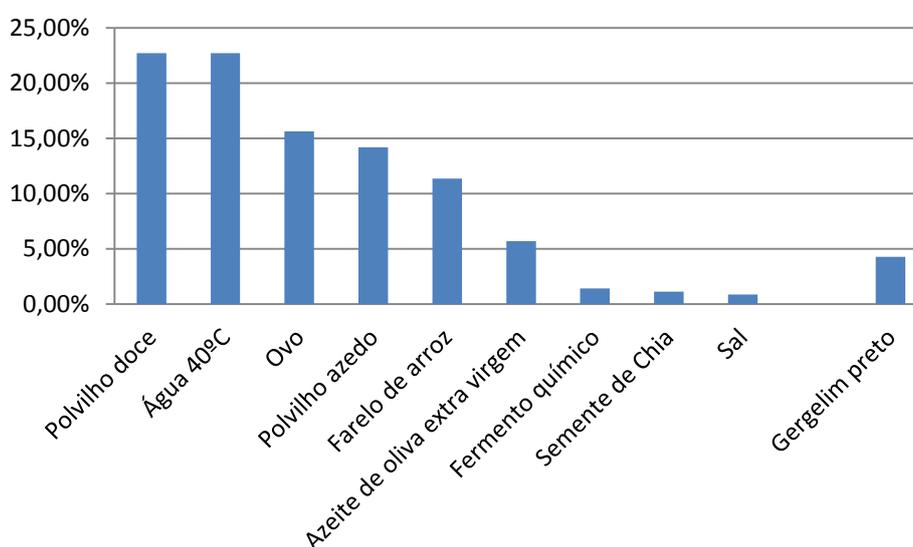


Figura 10 – Gráfico com percentual dos insumos utilizados para preparo de biscoito salgado sem glúten.

Fonte: Autora (2022).

Para o preparo, o farelo de arroz foi levemente tostado a fogo baixo em frigideira, e em seguida foi misturado aos demais ingredientes secos (exceto o gergelim preto), enquanto em outro recipiente foram homogeneizados água, ovo e

azeite. Os ingredientes líquidos foram adicionados aos secos e misturados com batedor de arame até a homogeneização da massa. A massa obtida foi despejada em um saco de confeiteiro com bico de confeitar modelo perlê, numeração 1A da marca Wilton sobre tabuleiros de inox, levado ao forno convencional pré aquecido à 200°C, onde permaneceu por 25 minutos.

3.4.2 Arroz doce com arroz quebrado – mistura semipronta

A formulação foi inspirada em uma receita de família de arroz doce tradicional, na qual se utiliza alguns ingredientes que diferem da presente: arroz branco polido (grãos inteiros), leite UHT e açúcar refinado, os quais foram substituídos, bem como adicionada a canela em pó ao preparo. A Figura 11 traz a proporção dos ingredientes utilizados, sendo constituída majoritariamente de arroz quebrado.

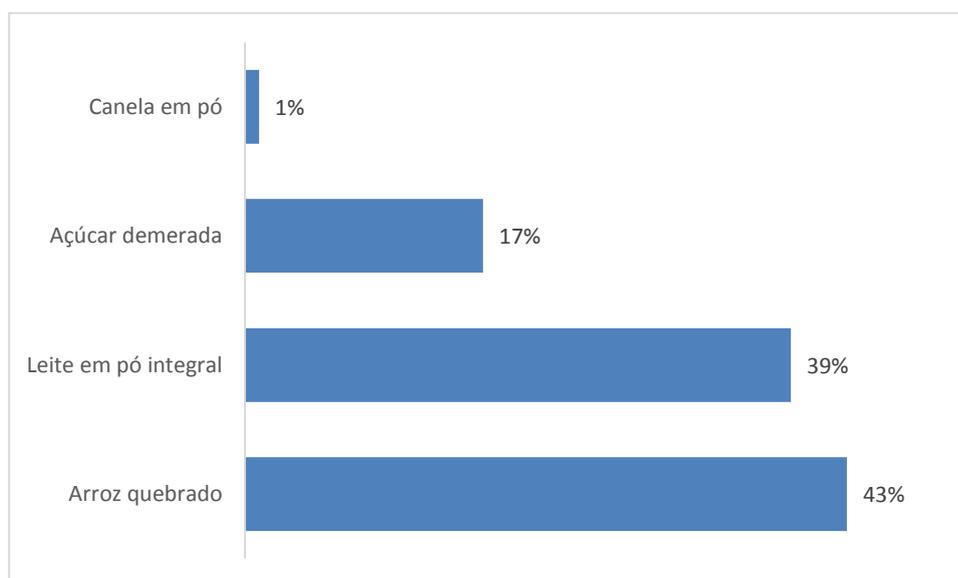


Figura 11 – Gráfico com percentual dos insumos utilizados no preparo da mistura semipronta para arroz doce.

Fonte: Autora (2022).

Todos os produtos foram misturados e armazenados em embalagem plástica *ziploc* para simular a apresentação de a venda ao mercado consumidor, conforme Figura 12. O preparo pelo consumidor não exige uso de equipamentos especiais ou conhecimento de técnicas específicas. Basta despejar o conteúdo de 175 g do pacote em uma panela com 600 ml de água em temperatura ambiente, misturando bem. Sugere-se adicionar um pedaço de casca de limão devidamente higienizada

nessa etapa. Após, é necessário levar ao fogo médio até a água ferver e, a partir disso contar aproximadamente de 2 a 3 min e então reduzir as chamas e, em fogo baixo a mexer a mistura com uma colher de cabo longo durante aproximadamente 15 min, até que os grãos estejam devidamente cozidos.



Figura 12 – Fotografia de mistura semipronta para arroz doce feita com arroz quebrado, leite em pó integral, açúcar demerara, canela em pó.
Fonte: Autora (2022).

3.5 Comparação para RDA - (*Recommended dietary allowance*)

Em estudos de composição de alimentos, o foco está não só na quantidade de nutrientes presentes, mas também na contribuição que estes níveis representam para as necessidades humanas diárias, RDA no Brasil chamada Ingestão Diária Recomendada (IDR). Por essa razão, os dados da análise da composição de nutrientes presentes nos ingredientes das duas propostas de formulação gastronômica foram obtidos pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2022). Assim, foram comparados com a cota dietética recomendada (RDA) dada pela *Food and Nutrition Board* (FNB), do *American Institute of Medicine of the National Academies* (anteriormente *National Academy of Sciences*) (TRUMBO *et al.*, 2002).

3.6 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do *software* R, versão 4.1.1 (R Core Team 2021, Viena). Quando não foi observada homogeneidade de variâncias (teste de Levene) e/ou normalidade (teste de Shapiro-Wilk), os dados foram

submetidos à análise não paramétrica (KWRST) seguida de testes post-hoc Pairwise Wilcoxon Rank Sum (PWRST).

4 Resultados e Discussão

4.1 Metodologia de QUENCHER

O método Q-FC, que utiliza um reagente contendo complexos de ácido fosfomolib-dic/fosfotúngstico, tem sido proposto como método de análise da capacidade antioxidante e não para a quantificação de compostos fenólicos, uma vez que não só os fenólicos, mas também outros compostos redutores como o ácido ascórbico, podem reagir com o molibdênio, formando complexos azuis que podem ser detectados espectrofotometricamente.

Palombini e demais autores (2013), afirmaram que até então, nenhum autor havia documentado o uso do procedimento QUENCHER em cultivares brasileiras de arroz. De fato, foi neste estudo que os pesquisadores determinaram a atividade antioxidante total de diferentes cultivares brasileiras de arroz (BRS Primavera, BRS Querência, BRS Sertaneja, BRS Tropical, BRS Taim, BRS Jaçanã e BRS Pampa), utilizando os ensaios de captura de radicais DPPH e ABTS, além do FRAP combinados com o procedimento de QUENCHER. Os resultados mostraram que os valores maiores, em todos os ensaios (DPPH, FRAP e ABTS, respectivamente) se mostraram mais elevados para a cultivar BRS Taim (1461,66 $\mu\text{mol TEAC/g}$; 1987,42 $\mu\text{mol TEAC/g}$ e 1897,56 $\mu\text{mol TEAC/g}$, respectivamente), em contrapartida os menores valores, no caso do ensaio de radicais DPPH foi encontrado para a cultivar BTS Querência (771,13 $\mu\text{mol TEAC/g}$); já no ensaio FRAP para a cultivar BTS Primavera (1073,15 $\mu\text{mol TEAC/g}$) e seguindo da cultivar BTS Pampa, com 1464,15 $\mu\text{mol TEAC/g}$ para o ensaio de captura do radical ABTS.

A literatura realizando e/ou comparando arroz e os coprodutos advindos do beneficiamento do grão (farelo de arroz, arroz quebrado e quirera) utilizando o

método QUENCHER é escassa. Na Tabela 01 é possível verificar a capacidade antioxidante destes coprodutos apurada por diferentes métodos via QUENCHER.

A determinação dos polifenóis totais (Q-Fast Blue BB) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Arias-Rico *et al.* (2020) e Pedro *et al.* (2022), ambas adaptadas, a fim de evitar as interferências de compostos redutores com o método FC.

Segundo os resultados obtidos trazidos na Tabela 03, é possível verificar a presença das propriedades analisadas, majoritariamente, na camada mais externa dos grãos tendo em vista que a amostra R1 (farelo de arroz) apresentou números consideravelmente maiores quando comparada às demais amostras.

Tabela 01. Atividade Antioxidante e Teor de Fenólicos Totais das amostras de farelo de arroz, fragmentos de arroz desclassificado e arroz quebrado¹.

Tratamento	Folin-C (mg/g)	Fast Blue (mg TE/g)	DPPH (mg TE/g)	FRAP (mg TE/g)
Amostra R1	2,05 a	30,60 a	<u>5,32 a</u>	12,80 a
Amostra R2	0,50 b	6,35 b	4,20 b	3,95 b
Amostra R3	0,03 c	2,36 c	3,36 c	1,26 c

¹ As médias (n = 9) que não compartilham nenhuma letra são significativamente diferentes pelo teste Pairwise Wilcoxon Rank Sum ao nível de 5% de significância. Amostra R1 (farelo de arroz), Amostra R2 (fragmentos de arroz desclassificados) e Amostra R3 (arroz quebrado).

Notadamente no que diz respeito aos resultados obtidos para R1, é possível observar que os benefícios relacionados ao farelo de arroz compreendem alta capacidade antioxidante e a presença significativa de compostos fenólicos. Os dados obtidos no presente estudo indicam que o coproduto farelo de arroz constitui alimento capaz de fornecer compostos necessários à manutenção da saúde, e como alimento sem glúten está apto a compor a dieta de público com restrição ao consumo de glúten bem como diabéticos, em razão do índice glicêmico adequado à alimentação.

Os resultados obtidos para R3 demonstram positivamente o potencial antioxidante do coproduto arroz quebrado analisado, característica capaz de agregar para valorização como produto. É certo que o resultado superior de R1 em relação aos demais se deve ao fato de que o farelo é obtido da parte mais externa do grão e conforme analisado por Oliveira (2021) no que diz respeito ao arroz a presença de compostos bioativos está relacionada especialmente a pigmentação dos grãos.

A diferença entre as análises das amostras R2 e R3 com melhor desempenho de R2 era esperada, sendo atribuída à presença de grande proporção de sementes de outras espécies misturada à quirera. As sementes, por ainda não terem eclodido ainda contém os mecanismos de defesa da planta ativos em expressiva quantidade, o que se manifesta pela alta capacidade antioxidante e presença de compostos fenólicos mais abundantes comprovada pelas análises. A amostra foi analisada para fins de comparação, já que não é apropriada ao consumo humano por conter impurezas acima do permitido, e por isso ser definida no presente estudo como como fragmentos de arroz Desclassificados, nos termos do art. 10, III da IN 06/2009.

4.2 Potencial gastronômico de coprodutos de arroz

4.2.1 Biscoito salgado sem glúten com farelo de arroz

Diante do potencial nutricional do farelo de arroz e do seu uso em produtos de panificação já testados e publicados anteriormente, este estudo buscou referências gastronômicas para a utilização do coproduto a fim de caracterizar nova formulação para produção industrial. No intuito de agregar nutrientes e outras propriedades desejadas com produtos aptos ao consumo de grupos com restrição alimentar como doença celíaca e outras condições relacionadas ao consumo de glúten, ao invés de utilizar farinha de trigo – que seria o mais esperado para a formulação de biscoito – , foram utilizados polvilho azedo e polvilho doce, capazes de conferir ao biscoito características desejadas de textura e sabor. O polvilho é produzido a partir da mandioca (PHILIPPI, 2006). O processamento do polvilho azedo passa pela etapa de fermentação o que resulta em aroma e sabor semelhante ao de queijo, influenciando positivamente no resultado sensorial sem que seja necessário fazer uso de derivados de leite animal, tornando o biscoito formulado viável também para alérgicos ou intolerantes aos constituintes do leite.

A utilização de ovo na preparação tem função importante para dar liga à mistura, bem como a adição proteica ao biscoito que contém majoritariamente carboidrato. A adição de sementes de chia também contribui com parcela de proteínas, assim como de vitaminas e minerais, o que enriquece a formulação proposta para o biscoito.

O azeite de oliva é utilizado como ingrediente responsável pela adição de gordura ao preparo e exerce também a função de trazer sabor e benefícios ao organismo por se tratar de gordura monoinsaturada, com importantes compostos bioativos conforme revisão de Basso, Uliana e Richards (2022). Ainda que o óleo de arroz pudesse ter sido utilizado como gordura com potencial nutricional pela presença de vitamina E e outros compostos benéficos presentes nesse produto como relatado por Oliveira (2021), o mesmo não é capaz de agregar sabores desejados ao preparo justamente por ser um óleo bastante neutro no sentido sensorial. Nesse sentido, vale ressaltar o uso de gergelim preto para a finalização do biscoito antes de ir ao forno, cuja presença de lecitina e antioxidantes contribui com atributos nutricionais desejáveis ao biscoito salgado.

A expansão durante o cozimento é dada pelo fermento químico adicionado à massa, bem como pelo polvilho azedo que além de outras propriedades permite o crescimento de bolhas de ar que inflam o preparo.

O resultado final foi de biscoitos de aparência adequada como se observa na Figura 13, o sabor obtido foi levemente salgado, com crocância desejada, porém novos estudos poderão ter mais precisão em relação às características sensoriais com a submissão do biscoito à análise sensorial, microbiológica e físico-química.



Figura 13 – Apresentação final de biscoito salgado sem glúten, preparado a partir de farelo de arroz combinado com polvilhos doce e azedo, água, ovo, azeite de oliva extra virgem, fermento químico, semente de chia e sal, finalizado com gergelim preto.

Fonte: Autora (2022).

4.2.2 Arroz doce com arroz quebrado – mistura semipronta

Algumas empresas do setor já oferecem em suas marcas alguns produtos chamados de “semiprontos” (Figura 14) que atendem a um mercado crescente de consumidores que desejam preparações rápidas que não exijam saberes culinários que vão além de ligar o fogão e adicionar água. Nesse contexto, essa linha de produtos vem para facilitar o dia-a-dia oferecendo produtos cuja proposta é adicionar ao arroz outros ingredientes como vegetais e temperos desidratados que saborizam a preparação sem a utilização de ultraprocessados, o que mantém a saudabilidade do produto. Em geral, as apresentações disponíveis no mercado costumam ser vendidas nas apresentações com conteúdo de 175 g ou 250 g, que correspondem a uma ou duas porções respectivamente.



Figura 14 – Produtos semiprontos com arroz disponibilizados no mercado.

Fonte: Compilação da autora (2022)³

Segundo as informações de rotulagem, os produtos semiprontos dessa categoria que se encontram disponíveis no mercado utilizam grãos inteiros, em geral arroz parboilizado, arroz arbóreo, arroz cateto, ou quando não mencionada a classificação descrito na lista de ingredientes apenas como arroz. Em nenhum caso verificou-se na lista de ingredientes a menção a quebrados de arroz ou fragmentos de arroz.

A fim de verificar o potencial gastronômico do coproduto arroz quebrado para a confecção de formulação para mistura semipronta a opção desse estudo foi pelo arroz doce, por se tratar de uma sobremesa comum na região de Pelotas-RS, possivelmente por herança dos portugueses cuja influência é considerável na localidade, em que pesem as técnicas acerca do preparo do arroz-doce tenham

³ Montagem a partir de imagens coletadas nos *sites* das marcas de arroz Gli Aironi, Caldo Bom, Zaeli, Riso Vignola e Tio João.

origens ainda mais antigas com os árabes que muito consumiam tal iguaria (CASCUDO, 2011; FLANDRIN e MONTANARI, 2018), cuja formulação foi desenvolvida a partir de receita pré-existente em arquivos de família, com substituição de alguns ingredientes: arroz branco polido (grãos inteiros) por arroz quebrado, leite UHT por leite em pó integral (e adição de água para finalização do preparo), açúcar refinado por açúcar demerara, além da adição de canela em pó ao preparo.

A escolha do açúcar demerara se deve ao fato de que é capaz de agregar maior número de vitaminas e minerais quando comparado ao açúcar refinado, e ainda assim trazendo dulçor ao produto consumido como sobremesa. Foi considerada a possibilidade de utilizar açúcar mascavo pelo potencial nutricional que apresenta frente a outros tipos de açúcar, porém, pela coloração de tom marrom forte que apresenta, considerou-se que os atributos sensoriais poderiam restar prejudicados. Em novos estudos será possível averiguar a aceitabilidade e verificar a preferência do público em relação ao produto proposto pela presente formulação e outras variações.

O resultado é uma preparação cremosa (Figura 15) e levemente doce, podendo o consumidor adicionar outras especiarias ao cozimento se entender necessário ou finalizar conforme o gosto com canela em pau, cravo-da-índia, raspa de limão ou especiarias em pó.



Figura 15 – Apresentação final do arroz doce com de arroz quebrado preparado a partir de mistura semipronta, finalizado com canela em pau.
Fonte: Autora (2022).

4.2.3 Comparação para RDA - (*Recommended dietary allowance*)

A cota dietética recomendada (RDA) dada pela *Food and Nutrition Board* (FNB), do *American Institute of Medicine of the National Academies* (anteriormente *National Academy of Sciences*), foram selecionadas entre outros, por ser amplamente aceita em todo o mundo, pois recomenda a quantidade de nutrientes necessária para atender às exigências de quase toda a população saudável (98%) (MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2010). Assim foi utilizado para avaliar a contribuição potencial de uma porção de 100 gramas para as necessidades humanas diárias de alguns nutrientes, separados em grupo masculino e feminino ou para ambos, conforme demonstrado na Tabela 02, nos parâmetros de Trumbo *et al.* (2002) que definiram a média da cota para a população saudável sem a divisão por faixa etária, ou seja, uma média para a população adulta.

Tabela 02. Contribuição para a cota dietética recomendada (RDA)*.

Nutrientes	PTN		CHO	FT		Ca	Mg		Fe		Zn		Cu
	♂	♀	♂♀	♂	♀	♂♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂♀
RDA (mínimo)	36 (g/d)	46 (g/d)	130 (g/d)	38 (g/d)	25 (g/d)	1000 (mg/d)	420 (mg/d)	310 (mg/d)	8 (mg/d)	18 (mg/d)	11 (mg/d)	8 (mg/d)	900 (mcg/d)
Biscoito salgado sem glúten com farelo de arroz													
%RDA	45,3	35,5	104	34,7	52,8	44,4	94,3	123,8	133,7	59,4	38	52,3	65,8
Arroz doce com arroz quebrado – mistura semipronta													
% RDA	85,1	66,6	119	7,2	11	82,6	23,9	7,5	14,5	6,4	33,8	46,4	26,4

*TRUMBO *et al.*, (2002). ♂ homem. ♀ mulher.

Obs: PTN (Proteína), CHO (Carboidrato), FT (Fibras Totais), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Cu (Cobre)

Os valores na tabela estão expressos para 100 g para facilitar a compreensão e comparação dos resultados, mas ressalte-se que a sugestão de consumo é por porção. Ou seja, para o biscoito salgado com farelo de arroz uma porção corresponde a 30 gramas, e para o consumo de arroz doce com arroz quebrado (mistura semipronta) após o preparo a porção terá a quantidade correspondente a 95 gramas. Interessante que 100 g do preparo com coproduto farelo de arroz contribui com percentual superior a 50% da RDA de fibras para mulheres. Além

disso, em teores de micronutrientes, apresenta grande potencial nutricional em zinco, cobre e ferro para o sexo feminino.

Para que os produtos sejam destinados ao mercado deverão apresentar as informações nutricionais e gerais, através da rotulagem. Conforme a nova IN nº 75 de 2020, que dispõe sobre a rotulagem nutricional nos alimentos embalados, a adição de açúcar no produto deverá ser apresentada, e caso ultrapasse o limite de 15 g para cada 100 g este deverá apresentar a rotulagem frontal em forma de lupa para destacar e dar ciência de tal condição ao consumidor (BRASIL, 2020). No caso do arroz doce com arroz quebrado (mistura semipronta), com a adição do açúcar demerara na formulação de 7,05 g/100 g não será obrigatório o uso da lupa.

Ao realizar estudo acerca da composição centesimal de arroz parboilizado inteiro, por Bortolini (2010) em comparação a dos grãos quebrados de arroz parboilizado não verificou diferença significativa entre as amostras, ou seja, possuem composição nutricional semelhante ao grão inteiro. Sendo assim, tem-se que o arroz quebrado (classificado como fragmentos de arroz para fins de mercado), pode oferecer características benéficas à alimentação tanto quanto o arroz inteiro, mas futuramente devem ser realizados estudos comparativos quanto à composição centesimal dos coprodutos e arroz inteiro para comparação. Nesse contexto, o coproduto além de poder ser oferecido ao mercado como alternativa acessível à populações de baixo poder aquisitivo, pode igualmente ser valorizado dentro da indústria em produtos com valor agregado como as preparações semiprontas ou outras formulações destinadas ao mercado consumidor também de classes altas gerando valor à esse produto que ainda nos dias atuais tem parte destinada à indústria de alimentação animal.

5 Considerações finais

O estudo possibilitou demonstrar, a partir das análises pela metodologia QUENCHER, a presença de antioxidantes no farelo de arroz e no arroz quebrado, dois dos principais coprodutos resultantes do processo de beneficiamento do cereal, que atualmente são pouco valorizados no mercado.

No que tange ao farelo de arroz foi apurado que apresenta compostos fenólicos capazes de oferecer benefícios quando incluídos na alimentação de diferentes públicos, por apresentar elevada capacidade antioxidante, o que indica a possibilidade de dar novos usos na indústria e reverter a subvalorização do coproduto agregando valor.

O arroz quebrado também possui compostos com poder antioxidante, porém em menor quantidade, o que era esperado diante do fato de que a camada mais externa do grão tende a conter propriedades que não permanecem no grão após o polimento. Ainda que no arroz quebrado haja menor quantidade de antioxidantes o estudo é promissor para potencializar a exploração do coproduto.

A inclusão dos coprodutos farelo de arroz e arroz quebrado como matéria prima na indústria coaduna com a valorização dos mesmos pelo potencial gastronômico apresentado, o que possibilita a inclusão de ambos em novos produtos com alto valor agregado, que poderão ser destinados ao público consumidor geral, bem como para atender ao consumidor com restrição alimentar ou interesse em alimentos funcionais, cuja tendência é de investir valores mais altos em produtos para alimentação diante da ainda escassa oferta desse tipo de alimentos no mercado.

Aliar o potencial gastronômico e o potencial antioxidante dos coprodutos tende a torná-los economicamente relevantes, o que resultará em benefício à cadeia produtiva do ser orizícola, especialmente o sul do Rio Grande do Sul que movimenta a economia da região. Assim, os coprodutos que ainda tendem a ser vendidos pela

indústria a baixos preços (especialmente quando destinado ao mercado fabricação de ração animal), passando a ser valorizados para o mercado de alimentos saudáveis podem configurar uma novidade promissora.

Agregar valor ao coproduto é uma solução que ultrapassa o enriquecimento da cadeia produtiva do arroz dando novas possibilidades ao consumidor e ainda, indiretamente, proporcionando a democratização do acesso a alimentos antes considerados menos nobres.

Outros estudos nesse sentido serão incorporados aos presentes resultados, como exame microbiológico das amostras, análise nutricional e físico-química de composição para rotulagem das formulações propostas, a aplicação de testes de análise sensorial de aceitação para a consolidação das formulações, além da simulação da digestão *in vitro* a fim de apurar qual a disponibilidade dos compostos presentes nos preparos. Os resultados obtidos junto aos futuros estudos poderão respaldar a efetiva incorporação dos coprodutos e preparos propostos como produtos com valor agregado junto ao setor.

Referências

ARIAS-RICO, José; CRUZ-CANSINO, Nelly del Socorro; CÁMARA-HURTADO, María; LÓPEZ-FROILÁN, Rebeca; PÉREZ-RODRÍGUEZ, María Luísa; SÁNCHEZ-MATA, María de Cortes; JARAMILLO-MORALES, Osmar Antonio; BARRERA-GÁLVEZ, Rosario; RAMÍREZ-MORENO, Esther. **Study of Xoconostle (*Opuntia* spp.) Powder as Source of Dietary Fiber and Antioxidants.** *Foods*, v. 9, n. 4, p. 403, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9040403> Acesso em 02 dez. 2022.

BASSO, Cristiana; SILVA, Leila Picolli da; BENDER, Ana Betine Beutinger; SILVEIRA, Fernanda da. **Elevação dos níveis de amido resistente: efeito sobre a glicemia e na aceitabilidade do alimento.** *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo, 2011;70(3):276-82. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2011/ses-23185/ses-23185-3049.pdf> Acesso em 5 out. 2021.

BASSO, Cristiana; ULIANA, Greici C.; RICHARDS, Neila S. P. S. **Compostos bioativos presentes no azeite de oliva e seus subprodutos: revisão bibliográfica.** *Research, Society and Development*, v. 11, n.10, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32580/27674> Acesso em 10 set. 2021.

BENZIE, Iris FF; STRAIN, John J. **The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay.** *Analytical biochemistry*, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BOLSA DE CEREAIS DE SÃO PAULO – BCSP. **Boletim Informativo Diário.** São Paulo, segunda-feira 30 de janeiro de 2023. Edição nº 13.881 Disponível em: <http://www.bccsp.com.br/Boletim.asp> Acesso em 31 jan. 2023.

BORTOLINI, Vera Maria de Souza. **Determinação da composição centesimal do arroz parboilizado (*Oriza Sativa*) e seu subproduto.** *Revista Congrega Urcamp*. 2010. Disponível em: <https://planetaarroz.com.br/wp-content/uploads/download83.pdf> Acesso em: 10 jul. 2022.

BRASIL. **Guia Alimentar para a população brasileira.** Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. 2. ed., 1. reimpr. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 06, de 16 de fevereiro de 2009.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1687046295> Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa N° 75, de 8 de outubro de 2020.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Ministério da Saúde. 2020. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f Acesso em 12 nov. 2022.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada N° 711/2022.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Ministério da Saúde. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81 Acesso em: 09 nov. 2022.

CASCUDO, Luís da Câmara. **História da Alimentação no Brasil.** 4. ed. – São Paulo: Global, 2011.

CARNEIRO, Henrique. **Comida e sociedade: uma história da alimentação.** 7ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

CASTRO, Emílio da Maia de; VIEIRA, Nóris Regina de Almeida; RABELO, Raimundo Ricardo; SILVA, Silvio Afonso da. **Qualidade de Grãos em Arroz.** Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO, 1999.

Chef profissional. Instituto Americano de Culinária; tradução de Renata Lucia Bottini e Márcia Leme. – 9ª ed. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2017.

CHEN, M.-H.; BERGMAN, C. J.. **A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and g-oryzanol contents.** Journal of Food Composition and Analysis 18 (2005).

COÊLHO, Jacson Dantas. **Arroz: produção e mercado.** Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE). Caderno Setorial ETENE. Ano 6. N° 156. Março, 2021.

CÖMERT, Ezgi Doğan; GÖKMEN, Vural. **Evolution of food antioxidants as a core topic of food science for a century.** Food Research International, v. 105, p. 76-93, 2018.

COMINETTI, Cristiane; COZZOLINO, Silvia Maria Franciscato (org.). **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença.** Colaboração Adriana Enriconi [et al.] – 2ª ed., rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v.10, n.2 (2022-) – Brasília: Conab, 2022.**

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **A cultura do arroz.** Organizador Aroldo Antonio de Oliveira Neto. – Brasília: Conab, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. 2023. Acesso em: 28 jan. 2023

DAL MORO, Janaína; ROSA, Claudia Severo da; HOELZEL, Solange Cristina da Silva M.. **Composição centesimal e ação antioxidante do farelo de arroz e seus benefícios à saúde.** *Disciplinarum Scientia*, Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 33-44, 2004.

DEL PINO-GARCÍA, Raquel; GARCÍA-LOMILLO, Javier; RIVERO-PÉREZ, María D.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, María L.; MUÑIZ, Pilar. **Adaptation and Validation of QUick, Easy, New, CHEap, and Reproducible (QUENCHER) Antioxidant Capacity Assays in Model Products Obtained from Residual Wine Pomace.** *J Agric Food Chem.* 2015 Aug 12;63(31):6922-31. doi: 10.1021/acs.jafc.5b01644. Epub 2015 Jul 30. PMID: 26186166.

EIFERT, E. C. **Secagem, Armazenamento e Beneficiamento.** *In* Recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Mato Grosso do Sul / editor técnico, José Alexandre Freitas Barrigossi. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Editores técnicos: Carlos Martins Santiago, Heloisa Célis de Paiva Breseghello, Carlos Magri Ferreira. – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FLANDRIN, Jean-Louis; MONTANARI, Massimo (dir.). **História da alimentação.** Tradução Guilherme João de Freitas Teixeira, Luciano Vieira Machado. – 9. ed. – São Paulo: Estação Liberdade, 2018.

FRANCO, D.F.; PETRINI, A. A.. **Comunicado Técnico: Secagem do arroz.** Embrapa. Pelotas, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPACT-2009-09/11058/1/comunicado_145.pdf Acesso em: 5 set. 2020.

GÖKMEN, V.; SERPEN, A.; FOGLIANO, V. **Direct measurement of the total antioxidant capacity of foods: The ‘QUENCHER’ approach.** *Trends Food Sci. Technol.*, v. 20, p. 278–288, 2009.

HELBIG, Elizabete. **Efeitos do teor de amilose e da parboilização do arroz na formação de amido resistente e nos níveis glicêmico e lipêmico de ratos *wistar*.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), Pelotas, 2007.

HENRION, Muriel et al. **Application of the QUENCHER methodology to the food industry.** *Food chemistry*, v. 240, p. 951-958, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. IBGE, 2022. Disponível em: Acesso em 10 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. IBGE Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Produção mundial de arroz**. 2019. Disponível em: <https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/17154729-producao-mundial-de-arroz-2019-20.pdf> Acesso em 3 nov. 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Boletim de resultados da lavoura – Safra 2019/2020**. Agosto, 2020. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202008/19144808-boletim-de-resultados-da-lavoura-safra-2019-2020-irga.pdf> Acesso em: 3 nov. 2020.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. [12. sup. a] edição. São Paulo. Roca, 2010.

MAYER, Flávio Dias; HOFFMANN, Ronaldo; RUPPENTHAL, Janis E. **Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf Acesso em 4 de nov. 2021.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Brasília; São Paulo: Nead/MDA; Ed. Unesp, 2010. MIGUEL, L. A. (Org.). Dinâmica e diferenciação de sistemas agrários. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. p. 133-147.

Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde, Universidade de São Paulo (NUPENS/USP). **A classificação NOVA**. [S. l.: s. n.] [2014?] Disponível em: <https://www.fsp.usp.br/nupens/a-classificacao-nova/> Acesso em 5 jun. 2021.

OLIVEIRA, Carlos Alberto Oliveira de. *et al.* **Farinha de arroz e derivados como alternativas para a cadeia produtiva do arroz**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.16, n.1, p.61-67, 2014.

OLIVEIRA, Maurício de. **Arroz: um alimento de verdade: fonte de nutrientes, aliado da saúde**. / Maurício de Oliveira (org.)...[*et al.*]. – Porto Alegre: sep. 2021.

OLIVEIRA, Maurício de; AMATO, Gilberto Wageck. **Arroz: tecnologia, processos e usos** / organizado por Maurício de Oliveira, Gilberto Wageck Amato. – 1. ed. – São Paulo: Blucher, 2021.

PALOMBINI, Sylvio Vicentin et al. **Evaluation of antioxidant potential of Brazilian rice cultivars.** Food Science and Technology, v. 33, p. 699-704, 2013.

PEDRO, Alessandra Cristina; PÉREZ-RODRÍGUEZ, María Luisa; SÁNCHEZ-MATA, Maria-Cortes; BISINELLA, Radla Zabian; OLIVEIRA, Cristina Soltovski de; SCHNITZLER, Egon; BET, Camila Delinski ; MACIEL, Gicele Maria; HAMINIUK, Charles Windson Isidoro. **Biological activities, chromatographic profile and thermal stability of organic and conventional goji berry.** Journal of Food Measurement and Characterization, v. 16, n. 2, p. 1263-1273, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01274-1> Acesso em 02 dez. 2022.

PEREIRA, José Almeida. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

PEREIRA, José Evandro Saraiva. **Síntese de biodiesel a partir do farelo de arroz via catálise enzimática.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, 2013.

PESTANA, Vanessa Ribeiro; MENDONÇA, Carla R. B.; ZAMBIAZI, Rui Carlos. **Farelo de arroz, características, benefícios a saúde e aplicações.** B.CEPPA, Curitiba v. 26, n. 1, 2008.

PHILIPPI, Sonia Tucunduva. **Nutrição e técnica dietética.** 2. ed.rev. e atual. Barueri, SP: Manole, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Estatutos do Instituto Rio Grandense do Arroz.** Lei Nº 533, de 31 de dezembro de 1948 (atualizada até a Lei n.º 13.930, de 23 de janeiro de 2012) Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2000.533.pdf> Acesso em 05 nov. 2022.

ROHDE, Geraldo Mário. **Uma Breve História do Arroz.** Lav. Arrozeira, Porto Alegre, v. 48, nº 419, FENARROZ-95.1995. Disponível em: <https://admin.irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202107/15152914-v48-n419-1995.pdf> Acesso em: 01 nov. 2022.

SAURA-CALIXTO, Fulgencio. **Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function.** Journal of agricultural and food chemistry, v. 59, n. 1, p. 43-49, 2011.

SERPEN, Arda et al. **Direct measurement of the total antioxidant capacity of cereal products.** Journal of Cereal Science, v. 48, n. 3, p. 816-820, 2008.

SHAHBAZ, Hafiz Muhammad et al. **Assessment of antioxidant potential of pomegranate fruit by-products via a direct approach using a simple quencher method.** Journal of AOAC International, v. 99, n. 3, p. 599-603, 2016.

SILVA, Tatiana Sudbrack da Gama; FURLANETTO, Tania Weber. **Diagnóstico de doença celíaca em adultos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ramb/a/Gh38SVTy6nzPzNxzsPHzwFv/?lang=pt&format=pdf>
Acesso em: 3 nov. 2020.

SLINKARD, K.; SINGLETON, V. L. **Total phenol analyses automation and comparison with manual methods**. American Journal of Enology and Viticulture, Washington, v. 28, p. 49-55, 1977.

SOARES, Chaiane Goulart. **Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de farelo de arroz na elaboração de cookies**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. 2017.

SOSBAI. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (29. : 2012 : Gravatal, SC) **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. - Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011.

TRUMBO, Paula; SCHLICKER, Sandra; YATES, Allison A.; POOS, Mary. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. J Am Diet Assoc, 102(11):1621-30. 2002. Disponível em: [https://10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://10.1016/s0002-8223(02)90346-9).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Rice Sector at a Glance**. 2022. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/rice/rice-sector-at-a-glance/#Global> Acesso em: 27 jan. 2023.

VANIER, Natan Levien. **Qualidade de arroz e mercados emergentes**. Labgrãos Magazine, v. 1, n. 1, p. 2-4, 2017.

VIEIRA, Nóris Regina de Almeida. **Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz**. In Revista Informe Agropecuário. Tema da revista: Arroz: avanços tecnológicos. Belo Horizonte, 2004.

WHITNEY, Ellie; ROLFES, Sharon Rady. **Nutrição: volume 1 : entendendo os nutrientes**. Tradução da 10. ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2008.