

## **Tecnologia para valorização de subproduto de arroz com potencial de aplicabilidade na piscicultura**

Technology for the valorization of rice by-product with potential applicability in fish farming

Tecnología para la valorización de subproductos de arroz con potencial aplicabilidad en piscicultura

Recebido: 04/09/2022 | Revisado: 16/09/2022 | Aceitado: 17/09/2022 | Publicado: 24/09/2022

### **Gregorio Cargnin**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4058-383X>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [gregoriocargnin@hotmail.com](mailto:gregoriocargnin@hotmail.com)

### **Taida Juliana Adorian**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8217-0067>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [taidajuliana@yahoo.com.br](mailto:taidajuliana@yahoo.com.br)

### **Marina Osmari Dalcin**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1922-1607>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [marina.dalcin@hotmail.com](mailto:marina.dalcin@hotmail.com)

### **Ana Maria Liberalesso de Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3546-8992>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [anamaria\\_lf@hotmail.com](mailto:anamaria_lf@hotmail.com)

### **Silvino Sasso Robalo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6280-2194>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [silvinosr@gmail.com](mailto:silvinosr@gmail.com)

### **Fernando Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6211-5589>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [fernando.tec.mec@hotmail.com](mailto:fernando.tec.mec@hotmail.com)

### **Ana Betine Beutinger Bender**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6973-9127>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [betinebender@hotmail.com](mailto:betinebender@hotmail.com)

### **Fernanda Rodrigues Goulart Ferigollo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6096-0132>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [fernandaferrigolo@unipampa.edu.br](mailto:fernandaferrigolo@unipampa.edu.br)

### **Leila Picolli da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1721-094X>  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
E-mail: [leilapicollidasilva@gmail.com](mailto:leilapicollidasilva@gmail.com)

### **Resumo**

O trabalho teve o objetivo de aplicar tecnologias para obtenção de concentrado energético (maltodextrina) e concentrado proteico (CPA) a partir da quirera de arroz. Inicialmente, a quirera de arroz foi moída, sendo submetida a pré-gelatinização, onde 100 g da matéria prima foi suspensa em água e submetida a aquecimento de 90°C sob agitação constante (30 minutos). Nela foram testados volumes crescentes de amilase (250, 350, 450, 550, 1000 e 2000 µL), visando a maior interconversão do amido em maltodextrina. Posterior à adição, a reação seguiu por mais 30 minutos e após foi filtrada em peneira de malha de 150 microm. A fração sólida retida na peneira foi pesada e seca em estufa de circulação de ar (50°C/24 horas), obtendo o concentrado proteico de arroz. Para obtenção da maltodextrina, a fração líquida foi seca em Spray dryer (120°C e vazão de 1L/hora). Nos produtos obtidos, determinou-se proteína bruta e rendimento, além de cálculo de viabilidade econômica. Os resultados demonstraram que o uso de 250 µL de amilase é recomendado, por resultar em rendimento adequado (65,02%) de maltodextrina e teores aceitáveis de proteína bruta (21,64%). A técnica empregada tem custo reduzido, possibilitando a obtenção de dois produtos inovadores que poderão ser usados em estratégias nutricionais para distintas espécies e fases de desenvolvimento animal, ao mesmo tempo que fortalecerá a integração e a sustentabilidade econômica das cadeias produtivas do arroz.

**Palavras-chave:** Concentrado proteico; Maltodextrina; Spray dryer.

### Abstract

The objective of this work was to apply technologies to obtain energy concentrate (maltodextrin) and protein concentrate (CPA) from broken rice. Initially, the broken rice was ground and subjected to pre-gelatinization, where 100 g of the raw material was suspended in water and heated to 90°C under constant agitation (30 minutes). In it, increasing volumes of amylase (250, 350, 450, 550, 1000 and 2000 µL) were tested, aiming at greater interconversion of starch into maltodextrin. After the addition, the reaction continued for another 30 minutes and then it was filtered through a 150 micron mesh sieve. The solid fraction retained on the sieve was weighed and dried in an air circulation oven (50°C/24 hours), obtaining the rice protein concentrate. To obtain the maltodextrin, the liquid fraction was dried in a spray dryer (120°C and flow rate of 1L/hour). In the products obtained, crude protein and yield were determined, in addition to economic viability calculation. The results showed that the use of 250 µL of amylase is recommended, as it results in an adequate yield (65.02%) of maltodextrin and acceptable levels of crude protein (21.64%). The technique used is low cost, making it possible to obtain two innovative products that can be used in nutritional strategies for different species and stages of animal development, while strengthening the integration and economic sustainability of rice production chains.

**Keywords:** Protein concentrate; Maltodextrin; Spray dryer.

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue aplicar tecnologías para la obtención de concentrado energético (maltodextrina) y concentrado proteico (CPA) a partir de arroz quebrado. Inicialmente, el arroz quebrado fue molido, siendo sometido a una pre-gelatinización, donde 100 g de la materia prima fueron suspendidos en agua y sometidos a calentamiento a 90°C bajo agitación constante (30 minutos). En él, se probaron volúmenes crecientes de amilasa (250, 350, 450, 550, 1000 y 2000 µL), buscando una mayor interconversión del almidón en maltodextrina. Después de la adición, la reacción continuó durante otros 30 minutos y luego se filtró a través de un tamiz de malla de 150 micras. La fracción sólida retenida en el tamiz se pesó y se secó en estufa de circulación de aire (50°C/24 horas), obteniendo el concentrado de proteína de arroz. Para obtener la maltodextrina, la fracción líquida se secó en un secador por aspersión (120°C y caudal de 1L/hora). En los productos obtenidos se determinó proteína bruta y rendimiento, además del cálculo de viabilidad económica, los resultados mostraron que se recomienda el uso de 250 µL de amilasa, ya que da como resultado un rendimiento adecuado (65.02%) de maltodextrina y niveles aceptables de proteína bruta (21,64%). La técnica utilizada es de bajo costo, lo que permite obtener dos productos innovadores que pueden ser utilizados en estrategias nutricionales para diferentes especies y etapas de desarrollo animal, al tiempo que fortalecen la integración y sostenibilidad económica de las cadenas productivas del arroz.

**Palabras clave:** Concentrado de proteínas; Maltodextrina; Secador en spray.

## 1. Introdução

A produção de proteína de alta qualidade proveniente das atividades da pesca e da aquicultura tem sido bastante discutida, visto que tais atividades são capazes de gerar volumes consideráveis de renda, tanto em países desenvolvidos, quanto naqueles em desenvolvimento (FAO, 2022). De acordo com dados divulgados pela FAO (2022), a piscicultura é a maior produtora mundial de proteína animal com média de produção em 2020 de 87,5 milhões de toneladas somente de peixes cultivados. Se considerarmos peixes resultantes de captura, o abastecimento desta proteína salta para 177,8 milhões de toneladas ano. Esse mesmo relatório denota que, enquanto a captura encontra-se estagnada, o cultivo de peixes cresce exponencialmente nos últimos anos, necessitando de aprimoramento constante, especialmente para substituir ingredientes de origem animal, por ingredientes de maior sustentabilidade ambiental, com oferta contínua, de custo atrativo e nutricionalmente eficiente.

Desta forma, fontes vegetais como os grãos e farelos energéticos e proteicos, vêm sendo incluídas e analisadas com intuito de aprimorar sua aplicação nas rações de peixes (Pianesso et al., 2021; Yu et al., 2021; Pretto, et al., 2020; Dalcin et al., 2018; Lovatto et al., 2017). Porém, deve-se considerar que o uso destas fontes gera competitividade com a produção de outras espécies zootécnicas consolidadas, como aves e suínos. Por este motivo, busca-se outros ingredientes não competitivos para aplicação direta e eficiente nas rações aquícolas. Assim, a transformação de subprodutos em novas alternativas nutricionais é fundamental para o crescimento da matriz produtiva na piscicultura e para isso, a preferência é fazer uso dos produtos regionais com potencial de produção em larga escala.

Neste sentido, segundo dados da FAO (2022), o Brasil é um dos principais produtores de arroz fora do continente

asiático, com mais de 11,6 milhões de toneladas produzidas na safra de 2021 (IBGE, 2021). Deste total, cerca de 75% são colhidos no Sul do País, sendo o Rio Grande do Sul (RS) o principal produtor nacional. Segundo Liu (2018), durante o beneficiamento do arroz são produzidos, em média 15% de grãos quebrados, classificados como quirera de arroz. Embora sua composição seja basicamente a mesma do grão inteiro, ela é vendida por um terço a metade do preço, uma vez que é rejeitada para consumo humano, representando um problema econômico para a indústria arroseira.

Este subproduto é uma fonte rica em amido (cerca de 74,45%), além de teores de proteína bruta próximos a 8,50%, 1,14% de gordura e 0,50% de fibra bruta, com apreciável balanceamento de aminoácidos (Rostagno et al., 2017). Considerando estas informações, é possível prever que o uso da quirera de arroz para obtenção de maltodextrina tenha eficiência produtiva semelhante às matérias primas consolidadas como o milho, que atualmente é a fonte majoritária explorada para este propósito (Coffman & Juliano, 1987). Para obtenção de dextrina, deve-se considerar que o amido não é diretamente fermentável, necessitando de uma hidrólise prévia de suas cadeias, que originará dextrina, maltose e glicose. No processo de hidrólise, além de água, há necessidade de agentes químicos ou enzimáticos capazes de romper as ligações glicosídicas (Zanin et al., 2000). Além das aplicações tradicionais, este produto pode ser explorado em aplicações específicas na nutrição de peixes e de outros animais de interesse zootécnico, desde que seu custo de obtenção seja compatível com os resultados esperados. Ressalta-se que este custo pode ser diminuído se obtido de matéria prima regional, como a quirera de arroz, que ainda é timidamente explorada para aplicação tecnológica.

De forma geral, os peixes não apresentam um requerimento específico de carboidratos na dieta, porém, de acordo com seu hábito alimentar, algumas espécies apresentam uma redução moderada na taxa de crescimento quando alimentadas com dietas livres de carboidratos (Wilson, 1994; Phan, et al., 2019; Maas et al, 2020). Espécies onívoras e herbívoras digerem eficientemente fontes de carboidratos quando comparadas as carnívoras, por possuírem maior quantidade de enzimas que realizam a hidrólise do amido (Silveira; et al., 2009). O mesmo autor relata que o uso do processo de transformação do amido em dextrina, torna-se viável por apresentar maior velocidade digestiva e absorviva se comparado a sua matéria-prima de origem. Além disso, o material não digerido pela ação enzimática apresenta alta concentração proteica, com possibilidade de amplo uso no arraçoamento dos peixes, independente do hábito alimentar.

Neste cenário, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de aplicar tecnologias inovadoras para obtenção de concentrado proteico de arroz (CPA) e concentrado energético (maltodextrina) através da quirera de arroz.

## 2. Metodologia

### Técnica de fracionamento da matéria-prima

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Piscicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/RS, em escala laboratorial. Como matéria prima foi utilizada a quirera de arroz adquirida de mercado local. Ela foi usada para a geração de dois produtos tecnológicos (maltodextrina e concentrado proteico de arroz – CPA).

Inicialmente, a quirera de arroz foi moída em moinho de facas (MA 630/1; Marconi, Brasil), à 7000 rpm por 1 minuto, gerando granulometria média de 1 mm. Para cada unidade experimental, o amido foi pré-gelatinizado usando uma amostra de 100 g da matéria prima moída, suspensa em 500 mL de água destilada e submetida ao aquecimento de 90°C sob agitação constante, durante 30 minutos. Nesta solução foram testados volumes crescentes de amilase (Termamyl® Novozymes) 250, 350, 450, 550, 1000 e 2000 µL, visando a maior interconversão do amido em maltodextrina. Posterior à adição da enzima, a reação seguiu por mais 30 minutos e após, a solução resultante foi filtrada em peneira de malha de 150 micrômetros (µM).

A fração sólida retida na peneira foi pesada e seca em estufa de circulação de ar (SL-102, Solab, Brasil), com temperatura de 50 ± 2°C por 24 horas. O produto seco foi moído em granulometria menor que 1 mm, obtendo o concentrado

proteico de arroz (CPA). Para obtenção da maltodextrina de arroz (MDA), a fração líquida foi seca em Spray dryer (LM-MSDI 1.0, Labmaq, Brasil), com temperatura de 120°C e vazão de 1L/hora, usando bico injetor de 1 mm de abertura.

### Variáveis analisadas

Foi realizada análise de proteína bruta do concentrado proteico de quirera de arroz, seguindo metodologia de Microkjeldhal, conforme descrito pela AOAC (1995). A análise do rendimento de interconversão da quirera de arroz em MDA e CPA foi realizada considerando a resultante de produtos obtidos ao final dos distintos processos, onde:

- % Rendimento CPA =  $(100 * \text{peso CPA}) / \text{peso inicial quirera de arroz}$ ;
- % Rendimento MDA =  $(100 * \text{peso MDA}) / \text{peso inicial quirera de arroz}$ ;
- % Rendimento total do processo = % Rendimento CPA + % Rendimento MDA.

Para análise de viabilidade econômica, foi realizado um levantamento do preço/kg da quirera de arroz das cooperativas da região de Santa Maria/RS. Os produtos resultantes do processo analisado (CPA e MDA) foram comparados quanto a viabilidade com o glúten de milho.

A viabilidade econômica foi então calculada da seguinte forma:

- Vendas = rentabilidade de MDA \* preço de venda + rentabilidade de CPA \* preço de venda;
- Despesas = matéria-prima + enzima + aluguel do Spray dryer;
- Lucro = vendas – despesas.

### Análise estatística

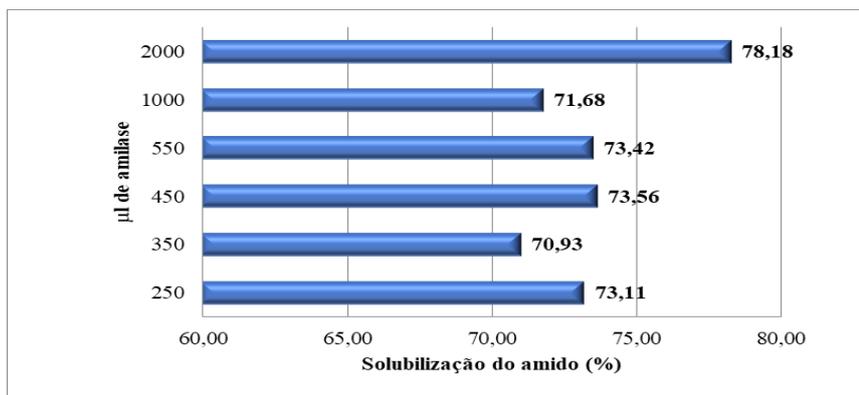
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições, os dados foram submetidos ao teste de normalidade e análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 3. Resultados e Discussão

A utilização da quirera de arroz como matéria prima para obtenção de concentrado proteico e maltodextrina, possibilita a valorização de um sub produto regional de elevada importância, através da utilização de técnicas inovadoras que permitem a obtenção de novos produtos com potencial de agregar valor a cadeia produtiva do arroz. Isto fica claro quando observamos os resultados obtidos no presente estudo, que demonstram eficiência de obtenção e viabilidade econômica dos produtos gerados.

A maltodextrina é produto da hidrólise parcial do amido, que pode ser obtida de diferentes vegetais e possui uma média de cinco a dez unidades de glicose por molécula (Machado & Carvalho, 2015). Segundo os autores, a natureza do amido e o processo utilizado na hidrólise possuem importante influência na composição e propriedade do produto final, sendo que a maltodextrina pode ser produzida por hidrólise enzimática ( $\alpha$ -amilase), ácida ou uma combinação dos dois métodos. Através da Figura 1, observa-se que a dose de 2000  $\mu\text{L}$  de  $\alpha$  amilase apresentou eficiência de interconversão 7,7% maior em relação a média das demais doses testadas. Porém, deve-se considerar que a necessidade de uma dose oito vezes maior do que a mínima testada (250  $\mu\text{L}$ ) aumentará efetivamente o custo produtivo dos produtos finais (CPA e MDA). Considerando apenas o efeito comparativo entre as demais doses (250 a 1000  $\mu\text{L}$  de amilase), não foi verificada tendência linear significativa entre dose e eficiência de interconversão ( $R^2 = 0,0613$ ). Por este motivo, sugere-se o uso da menor dose de enzima (250  $\mu\text{L}/100$  g de amostra) para o processo de obtenção da maltodextrina a partir da quirera de arroz.

**Figura 1.** Eficiência de solubilização do amido de quirera de arroz usando doses crescentes de  $\alpha$  amilase (Termamy1®).



Fonte: Autores.

A solução aquosa de maltodextrina que foi submetida à secagem em Spray dryer, teve percentagem média de recuperação do produto na forma de pó muito similar entre as diferentes doses testadas, as quais não diferiram significativamente entre si e mostram uma média geral de recuperação de 67,13%, o que pode ser observado na Tabela 1. São vários os fatores que podem ter limitado a eficiência de recuperação por este processo de secagem, dentre eles, os ligados a viscosidade, a superfície de evaporação, diferença da pressão parcial da água entre a gotícula e o ar, velocidade de migração de água na gotícula, aderência da amostra nas superfícies de coleta, umidade relativa do ar, entre outros (Pui & Saleena 2022; Engel, et al., 2017). Dentre estes fatores, a umidade relativa do ar é de difícil controle e pode ter influenciado o processo, visto que estava acima de 80% no período de execução.

Para o rendimento de obtenção, também não houve diferença significativa entre as doses de  $\alpha$  amilase usada no processo, o que indica possibilidade da utilização da menor dose testada sem comprometer a eficiência de obtenção da matodextrina da quirera de arroz.

**Tabela 1.** Recuperação após secagem e rendimento de obtenção da MDA obtida da quirera de arroz usando doses crescentes de  $\alpha$  amilase (Termamy1®).

Dose de µL amilase	Recuperação do produto (%)	Rendimento de obtenção (%)
250	67,27±3,18	49,18±2,33
350	68,34±4,70	48,47±3,33
450	67,06±2,88	49,33±2,12
550	67,13±2,98	49,28±2,18
1000	67,97±4,17	48,72±2,98
2000	65,02±0,58	50,83±1,02

Médias±desvio padrão. Letras diferentes na coluna, representam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.  
Fonte: Autores.

Nos últimos anos o interesse dos pesquisadores sobre a inclusão de maltodextrina na alimentação animal, em substituição a outros carboidratos vem crescendo constantemente. Para suínos, os resultados são promissores, sendo que a maltodextrina pode substituir totalmente a lactose nas dietas pré-iniciais de leitões desmamados aos 21 dias, sem comprometer o desempenho dos animais, além de proporcionar redução de custo por unidade de peso vivo em comparação com dietas contendo lactose (Augusto et al., 2011; Hauptli et al., 2012). Porém para peixes, os trabalhos investigando os efeitos da

substituição de fontes tradicionais de carboidratos por maltodextrina ainda são limitados e merecem atenção dos pesquisadores, uma vez que tem um grande potencial de utilização.

Ingredientes proteicos, por outro lado, vem sendo constantemente pesquisados na nutrição de peixes, visando a redução da dependência por fontes proteicas tradicionais como a farinha de peixe e farelo de soja. Nossos resultados mostram que é possível transformar a quirera de arroz, ingrediente com teor proteico médio de 8,50% (Rostagno et al., 2017), em uma fonte proteica interessante para nutrição de peixes. Através da hidrólise enzimática com  $\alpha$  amilase, foram obtidos concentrados proteicos com 20,46 a 38,18% de PB, dependendo da dose de enzima utilizada no processo, o que está apresentado na Tabela 2. Isso mostra que o processo utilizado para obtenção foi eficiente, uma vez que resultou em aumento de 2,4-4,5 vezes o teor de proteína bruta do ingrediente in natura. Nossos resultados demonstram que a maior dose de  $\alpha$  amilase (2000  $\mu$ L) utilizada na hidrólise, resultou em CPA com concentração de proteína bruta significativamente superior as demais doses de enzima testadas. Porém, deve-se considerar que o gasto oito vezes superior de enzima para obter um CPA com maior densidade proteica, pode elevar significativamente o custo do processo, encarecendo e diminuindo o potencial de comercialização do produto final.

**Tabela 2.** Proteína bruta do concentrado proteico de quirera de arroz obtido usando doses crescentes de  $\alpha$  amilase e respectivos rendimentos de obtenção.

Dose de $\mu$ L amilase	Proteína bruta (%) concentrado proteico	Rendimento de obtenção (%)
250	21,64 $\pm$ 2,26 <sup>c</sup>	26,88 $\pm$ 0,09
350	22,46 $\pm$ 1,55 <sup>c</sup>	29,06 $\pm$ 0,23
450	20,46 $\pm$ 0,14 <sup>c</sup>	26,44 $\pm$ 0,17
550	20,60 $\pm$ 0,12 <sup>c</sup>	26,58 $\pm$ 0,13
1000	31,39 $\pm$ 2,87 <sup>b</sup>	19,16 $\pm$ 0,27
2000	38,18 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>	21,82 $\pm$ 0,55

Médias $\pm$ desvio padrão. Letras diferentes na coluna, representam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.  
Fonte: Autores.

O concentrado proteico de quirera de arroz surge como uma fonte proteica alternativa as atualmente utilizadas e já consolidadas, com perfil aminoacídico (Tabela 3) que permite combinações distintas com outras fontes, o que pode resultar em menor necessidade de uso de aminoácidos isolados para compor o perfil de proteína ideal. De acordo com os resultados mostrados na Tabela 3, foi observado incremento médio de 3,5 a 4 vezes dos aminoácidos essenciais quando comparados os CPAs a matéria prima de origem (quirera). Deve-se ressaltar que as concentrações de proteína ainda podem ser elevadas por ajustes no processo tecnológico, o que resultará em produtos de maior valor nutricional e comercial. Além disso, também é importante destacar que para ser efetivamente utilizado novo ingrediente em rações de peixes, ensaios biológicos para avaliar seus efeitos *in vivo*, são indispensáveis.

Como obtenção do concentrado proteico de quirera de arroz é uma tecnologia inovadora, ainda não há disponíveis pesquisas realizadas com peixes, mas produtos similares apontam grande potencial. Loureiro (2019) estudou os efeitos da inclusão do concentrado proteico de farelo de arroz para jundiás (*Rhamdia quelen*), concluindo que o mesmo pode ser utilizado em 20-30% em substituição a proteína advinda da farinha de peixe. Já para tilápia (*Oreochromis niloticus*), pesquisadores demonstram que essa substituição pode ser de até 25% (Reda et al., 2022). Esses resultados apontam potencial de utilização do concentrado proteico de quirera de arroz, em especial para espécies onívoras, que aceitam uma ampla gama de ingredientes nas rações.

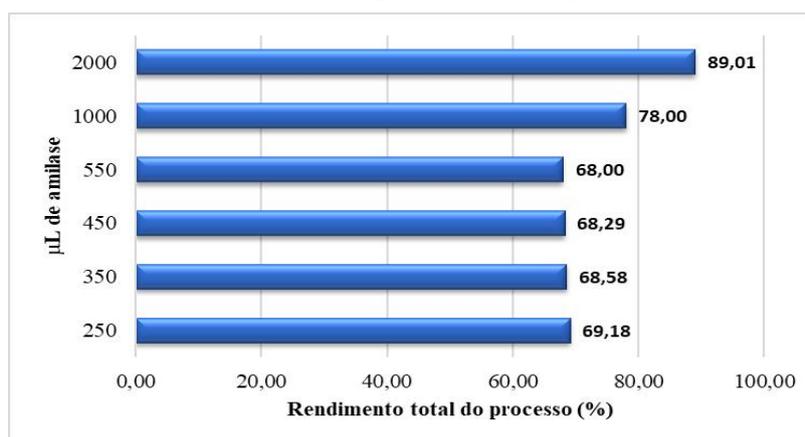
**Tabela 3.** Perfil calculado de aminoácidos essenciais nos concentrados proteicos de arroz.

Aminoácido essencial (AAE)	Quirera de arroz	μL de amilase					
		250	350	450	550	1000	2000
Composição calculada (%) <sup>1</sup>							
Arginina	0,25	0,90	0,94	0,85	0,84	1,31	1,59
Fenilalanina	0,53	1,91	1,98	1,81	1,79	2,77	3,37
Histidina	0,17	0,61	0,64	0,58	0,57	0,89	1,08
Isoleucina	0,32	1,15	1,20	1,09	1,08	1,67	2,04
Leucina	0,7	2,53	2,62	2,39	2,36	3,66	4,45
Lisina	0,31	1,12	1,16	1,06	1,05	1,62	1,97
Metionina	0,12	0,43	0,45	0,41	0,41	0,63	0,76
Treonina	0,27	0,97	1,01	0,92	0,91	1,41	1,72
Valina	0,42	1,52	1,57	1,43	1,42	2,20	2,67

<sup>1</sup> Níveis de aminoácidos calculados com base na informação obtida em Gonçalves et al., (2009). Fonte: Autores.

Os resultados obtidos no presente estudo, mostraram que a tecnologia de hidrólise enzimática utilizada para obtenção da MDA e do CPA de quirera de arroz tem efetivo potencial de utilização a nível industrial e isso fica ainda mais claro quando analisamos o rendimento total do processo, apresentado na Figura 2. Nela vemos o somatório do rendimento de ambos os produtos, o que mostra que todas as doses de enzima testadas proporcionaram níveis de recuperação de massa acima de 68% dos produtos de interesse. Apesar de 10,99-32% da matéria prima inicial ser perdida durante as distintas etapas dos processos, há uma agregação significativa de valor nutricional e econômico nos produtos sintetizados.

**Figura 2.** Rendimento total do processo de obtenção da MDA e CPA.



Fonte: Autores.

Nutricionalmente, a maltodextrina proporcionará liberação mais rápida e melhor aproveitamento energético, quando comparada à sua fonte de origem (amido), por apresentarem menor tamanho molecular, o seu tempo de digestão, absorção e metabolização será mais rápido no organismo animal (Oh et al., 2019). Embora com valor comercial maior devido ao custo tecnológico, a aplicação deste novo ingrediente pode ser direcionada para estratégias nutricionais específicas, onde o risco produtivo será minimizado pelo uso de ingredientes de dinâmica metabólica diferenciada, como é o caso da MDA.

Em termos de valor econômico, nossos resultados mostraram que para transformar uma tonelada de quirera de arroz em MDA e CPA usando a dosagem de 250 µL de  $\alpha$  amilase gasta-se 2,5 litros de enzima. Utilizando o valor de mercado da enzima (Termamyl®) de R\$ 200,00 o litro, temos um custo de R\$ 500,00. Já na hipótese da utilização da dosagem de 2000 µL, seriam utilizados 20 litros de enzima, chegando a um gasto de R\$ 4.000,00, o que resulta em uma diferença de R\$ 3.500,00 para transformação uma tonelada de quirera de arroz nos produtos maltodextrina e concentrado proteico de arroz. O custo de secagem por atomização varia de acordo com a percentagem de sólidos, tempo, quantidade de amostra, dentre outros fatores. Para montagem do cenário, consideramos o custo de R\$ 500,00/tonelada de produto seco. Nesta primeira etapa, somando apenas o custo da matéria prima, de aquisição de enzima e secagem, teremos um gasto de R\$ 1.500,00.

Considerando que o processamento de cada tonelada de quirera de arroz produz 475,3 kg de maltodextrina (preço médio comercial de R\$ 15,00/kg e 268,8 kg de concentrado proteico (preço médio comparado ao glúten de milho de R\$ 0,55/kg), o valor bruto total dos produtos gerados por tonelada de quirera será de R\$ 7.277,34. Além do custo de aquisição da matéria-prima, enzimas e aluguel do atomizador deve-se computar os custos de mão de obra, energia e impostos estimados em 50% do lucro bruto. Dessa forma, pode-se inferir que o valor bruto total gerado (R\$ 7.277,34), diminuído do valor investido em matéria prima e processo (R\$ 1.500,00), com valor descontado em 50% para despesas operacionais, resultará em lucro líquido por tonelada de quirera beneficiada de R\$ 2.888,67.

#### 4. Conclusão

O processo de hidrólise enzimática com aplicação de amilase Termamyl® na quirera de arroz demonstrou ser uma tecnologia promissora para conversão de um subproduto regional em produtos de maior valor agregado (maltodextrina e concentrado proteico de arroz), demonstrando que partindo de uma matéria-prima abundante e de baixo custo, é possível produzir produtos de alto valor agregado, com potencial para uso na nutrição animal. Trabalhos futuros devem ser conduzidos a fim de verificar a influência da inclusão destes ingredientes em rações para distintas espécies zootécnicas.

#### Referências

- Augusto, R. M. N., Berto, D. A., Lo T. V., Mello, G., Hauptli, L., & Lucchesi, L. (2011). Maltodextrina em rações de leitões desmamados com diferentes pesos: desempenho e morfometria intestinal. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 33, 41-46.
- AOAC. (1995). Association of official analytical chemists. *Official Methods of Analyses of the AOAC International*. (16a ed.) Supplement 1998: AOAC, 1018 p.
- Coffman, W. R., & Juliano, B. O. Rice. In: Olson, R. A., Frey, K. J. (1987). (Ed.). *Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement*. Madison: American Society of Agronomy, .5, p.101-131.
- Dalcin, M. O., Pianesso, D., Silva, V. C., Mombach, P. I., Adorian, T. J., Lima, J. S., Goulart, F. R., & Silva, L. P. (2018). Rice protein concentrate in the feeding of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70, <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9730>
- Engel, B., Baccar, N. M., Marquardt, L., & Rohlf, A. L. B. (2017). Emprego de Spray Dryer na indústria de alimentos: Uma breve revisão. *Revista Jovens Pesquisadores*, Santa Cruz do Sul, 7, 2, 02-11. 10.17058/rjp.v7i2.9824 2
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). In: *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. <<https://www.fao.org/3/cc0461en/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html>>
- Hauptli, L., Berto, D. A., Augusto, R. M. N., Lo, T. V., Moraes, K. M. C. M. T., & Lucchesi, L. (2012). Níveis de maltodextrina na dieta de leitões desmamados aos 21 dias. *Acta Scientiarum Animal Science*, 34, 273-278. [https://www.scielo.br/j/asas/a/JK8TrRbR6B7Mpb6V6XX5mpD/?format=pdf&lang=pt#:~:text=\(2008\)%2C%20que%20conclu%C3%A7%C3%A3o%2C%20sem%20afetar%20%20desempenho](https://www.scielo.br/j/asas/a/JK8TrRbR6B7Mpb6V6XX5mpD/?format=pdf&lang=pt#:~:text=(2008)%2C%20que%20conclu%C3%A7%C3%A3o%2C%20sem%20afetar%20%20desempenho).
- IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. (2021). <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/19942-em-janeiro-ibge-preve-safra-6-0-inferior-a-de-2017>>.
- Liu, K. (2018). Composition and Phosphorous Profile of High-Protein Rice Flour and Broken Rice, and Effects of Further Dry and Wet Processing. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 95, 957-967–10.1002/aocs.12040

- Lovatto, N. M., Goulart, F. R., Loureiro, B. B., Speroni, C. S., Bender, A. B. B., Giacomini, S. J., Radünz Neto, J., & Silva, L. P. (2017). Crambe (*Crambe abyssinica*) and sunflower (*Helianthus annuus*) protein concentrates: production methods and nutritional properties for use in fish feed. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 24, 1-9.
- Loureiro, B. B., Goulart, F. R., Macagnan, F. T., Descovi, S. N., Lovatto, N. M., Santos, T. S., Dalcin, M. O., & Silva, L. P. (2019). *Aquaculture Nutrition*, 25, 1115-1123. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/anu.12927>
- Maas, R. M., Verdegem, M. C. J., Wiegertjes, G. F., & Schrama, J. W. (2020). Carbohydrate utilization by tilapia: a meta-analytical approach. *Reviews in Aquaculture*, 12, 3, 1851-1866. <https://doi.org/10.1111/raq.12413>
- Machado, C. A., & Carvalho, L. S. S. (2015). Maltodextrina na alimentação animal. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 110, 593-594. [http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6\\_2015/14-16.pdf](http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf6_2015/14-16.pdf)
- Oh, S. M., Kim, H. Y., Bae, J. E., Ye, S. J. Kim, B. Y., Choi, H. D., Choi, H. W., & Baik, M. Y. (2019). Physicochemical and retrogradation properties of modified chestnut starches. *Food Science And Biotechnology*, 28, 6, 1723-1731.
- Pianesso, D., Goulart, F. R., Adorian, T. J., Mombach, P. I., Lima, J. S., Santos, T. S., & Silva, L. P. (2021). Linseed protein concentrate as alternative to fishmeal in diets for silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52, 316-328. <https://doi.org/10.1111/jwas.12746>
- Phan, L., Groot, R., Konner, G. D. P., Masagounder, K., Figueiredo Silva, A. C., & Glencross, B. D. (2019). Differences in energyutilisation efficiencies of digestible macronutrients in common carp (*Cyprinus carpio*) and barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 511, 734-738.
- Preto, A., Silva, L. P., Corrêa, V., & Martinelli, S. G. (2020). Effect of feeding crude or treated tung meal (*Aleurites fordii*) in the diet of *Rhamdia quelen* non growth, digestive enzymes and biochemical parameters. *Ciência Animal Brasileira*, 21, 462-476.
- Pui, L. P., & Saleena, L. A. K. (2022). Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits. *Foods and Raw Materials*, 10, 235-251. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-533>
- Reda, R. M., Maricchiolo, G., Quero, G. M., Basili, M., Aarestrup, F. M., Pansera, L., Mirto, S., El-Fattah, A., H., Alagawany, M., & Rahman, A. N. A. (2022). Rice protein concentrate as a fish meal substitute in *Oreochromis niloticus*: Effects on immune response, intestinal cytokines, *Aeromonas veronii* resistance, and gut microbiota composition. *Fish & Shellfish Immunology*, 126, 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.05.048>
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., Saraiva, A., Teixeira, M. L., Rodrigues, P. B., Oliveira, R. F., Barreto, S. L. T., & Brito, C. O. (2017) *Composição de alimentos e exigências nutricionais. Tabelas brasileiras para aves e suínos*, 4, 451-488. [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod\\_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf)
- Silveira, U. S., Logato, P. V. R., & Pontes, E. da C. (2009). Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 6, 1, 817-836.
- Yu, J., Wen, X., You, C., Wang, S., Chen, C., Tocher, D. R., & Li, Y. (2021). Comparison of the growth performance and long-chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFA) biosynthetic ability of red tilapia (*Oreochromis mossambicus* ♀ × *O. niloticus* ♂) fed fish oil or vegetable oil diet at different salinities. *Aquaculture*, 542, 15, in press. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736899>
- Zanin, G. M., Santana, C. C., Bon, E. P., Giordano, R. C., Moraes, F. F., Andrietta, S. R., Carvalho Neto, C. C., Macedo, I. C., Fo, D. L., Ramos, L. P., Fontana, J. D., et al. (2000). Brazilian bioethanol program. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 84-86, 1147-1161. 10.1385/abab:84-86:1-9:1147
- Wilson, R. P. (1994). Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124, 67-80. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90363-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90363-8)