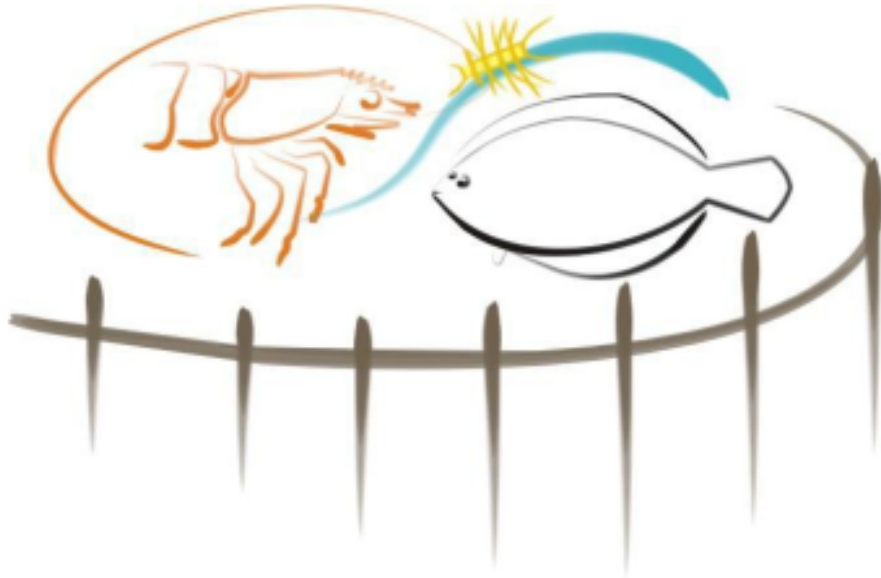




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**



Avaliação do farelo de arroz e suas aplicações na aquicultura

Tomaz Soligo de Mello Ayres

Orientador: Dr. Marcelo Borges Tesser
Co-orientadora: Dra. Anelise Christ Ribeiro

Rio Grande, RS
2021

Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Oceanografia

Avaliação do farelo de arroz e suas aplicações na aquicultura

Aluno: Tomaz Soligo de Mello Ayres
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser
Co-orientadora: Dra. Anelise Christ Ribeiro

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS
Fevereiro de 2021.

Fevereiro, 2021



Pós Graduação em AQUICULTURA

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

ATA 02/2021

DE DEFESA DA 197ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

No dia vinte e dois de fevereiro de dois mil e vinte e um, às quatorze horas, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, do **TOMAZ SOLIGO DE MELLO AYRES**, orientado pelo Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser (orientador – IO/FURG), Prof.^a Dr.^a Anelise Christ Ribeiro (Co orientadora - EQA/FURG), Prof.^a Dr.^a Eliana Furlong (EQA/FURG), Prof. Dr. Luis Alberto Romano (IO/FURG) e o Prof. Dr. Gustavo Rodriguez (FACIMAR - México). Título da dissertação: “**Avaliação do farelo de arroz e suas aplicações na aquicultura**”. Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Marcelo Borges Tesser, que na qualidade de orientador, passou a palavra para o candidato apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e o candidato, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador em Exercício. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. O candidato **TOMAZ SOLIGO DE MELLO AYRES** foi considerado **APROVADO**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador do PPGAq.

Marcelo B. Tesser
PROF. DR. MARCELO BORGES TESSER (ORIENTADOR – IO/FURG)

Anelise Christ Ribeiro
PROF.^a DR.^a ANELISE CHRIST RIBEIRO (CO ORIENTADORA - EQA/FURG)

Eliana Furlong
PROF.^a DR.^a ELIANA FURLONG (EQA/FURG)

Luis Alberto Romano
PROF. DR. LUIS ALBERTO ROMANO (IO/FURG)

Gustavo Rodriguez
PROF. DR. GUSTAVO RODRIGUEZ (FACIMAR - México)

Tomaz Soligo de Mello Ayres
TOMAZ SOLIGO DE MELLO AYRES

Ricardo Vieira Rodrigues
PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

Ficha Catalográfica

A985a Ayres, Tomaz Soligo de Mello.
Avaliação do farelo de arroz e suas aplicações na Aquicultura /
Tomaz Soligo de Mello Ayres. – 2021.
64 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande –
FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS,
2021.
Orientador: Dr. Marcelo Borges Tesser.
Coorientadora: Dra. Anelise Christ Ribeiro.

1. Subproduto 2. Organismos Aquáticos 3. Arroz 4. Resíduo
Agroindustrial I. Tesser, Marcelo Borges II. Ribeiro, Anelise Christ
III. Título.

CDU 664.641.18

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	5
OBJETIVOS	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO I	10
O Farelo de Arroz.....	15
Composição do Farelo de Arroz	16
O Farelo de Arroz na Alimentação e Nutrição dos Organismos Aquáticos.....	19
Eventuais Substitutos e Limitações do Farelo de Arroz.....	26
Uso do Farelo de Arroz para Fertilização de Viveiros	27
Uso do Farelo de Arroz como Fonte de Carbono para Sistemas de Bioflocos	28
Considerações Finais.....	31
Referencias	32
CAPÍTULO II	41
Introdução.....	44
Materiais e Métodos	47
Resultados.....	52
Discussão	54
Conclusão	59
Referencias	57

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a minha mãe Rosane, por ser minha melhor amiga. Te agradeço com todo meu coração pelo apoio e incentivo para percorrer essa jornada, foi incrível ter seu carinho e afeto durante essa etapa, eu te amo mãezinha;

Agradeço ao meu amigo Ralph por acreditar e contribuir com essa etapa;

Agradeço a minha tia Roseli e a prima/irmã Bibi pelo companheirismo, amor e carinho;

Agradeço ao meu pai João Batista e demais familiares por todo apoio e suporte;

Agradeço ao meu orientador Marcelo Tesser por toda a contribuição com meu aprendizado e por ser fundamental para realização deste trabalho;

Agradeço a minha co-orientadora Anelise Christ Ribeiro por toda disponibilidade e competência profissional, além de se tornar uma querida amiga;

Agradeço aos professores Ricardo Vieira e Jose Monserrat por toda a contribuição com meu aprendizado e com este estudo;

Agradeço ao Lucas Maltez pelas contribuições com esta pesquisa;

Agradeço a professora Gamze Turan pela amizade e todo aprendizado durante esta etapa, *Thank you Gamze*;

Agradeço a minha grande amiga Andrezza Chagas por ser tão companheira durante este mestrado;

Agradeço a minha amiga Luciana Oliveira por todos os ensinamentos e pelas contribuições para esta pesquisa;

Agradeço a Inghrid Ribeiro, Lídia Monteiro e demais participantes do laboratório LANOA;

Agradeço aos participantes dos laboratórios, LANCA, LAPEM, BIFOA pelas contribuições com este trabalho;

Agradeço ao Projeto Camarão por todo aprendizado;

Agradeço a todos os colegas da Estação Marinha que participaram desta etapa incrível;

Agradeço aos docentes, servidores e funcionários do PPGAq – FURG;

Por fim, agradeço aos órgãos de fomento CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO GERAL

O farelo de arroz é um insumo que já participa do setor de produção de alimentos de origem animal. Este alimento é aproveitado, principalmente, como parte de dietas para diferentes espécies. O farelo é considerado um subproduto do beneficiamento do arroz, uma vez que sua geração ocorre no momento do polimento do grão descascado e seu aproveitamento na alimentação humana e animal é uma forma de agregar valor ao produto que apresenta baixo custo e grande disponibilidade nas regiões produtoras do grão. Possui nutrientes, tais como lipídios, proteína, minerais e carboidratos, além de vitaminas do complexo B, E e K, também apresenta compostos como fenóis, tocoferóis e γ -orizanól. Contudo, devido ao elevado teor de fibra e a presença de fitatos o farelo possui alguns compostos considerados antinutrientes que podem ser mitigados com determinados métodos que foram expostos neste estudo. A partir disto, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade do farelo de arroz na aquicultura a partir de revisão de literatura, além da aplicação na forma desengordurada e fermentada pelo fungo *Rhizopus oryzae* em dietas de juvenis de tainha *M. liza*. Portanto, a pesquisa foi dividida em dois capítulos, onde o primeiro expõe a revisão bibliográfica e o segundo capítulo expõe pesquisa com a aplicação do farelo de arroz desengordurado fermentado em experimento dose-reposta com níveis de inclusão deste ingrediente.

Palavras-Chave: Subproduto; Organismos aquáticos; Arroz; Resíduo agroindustrial.

GENERAL ABSTRACT

Rice bran is an ingredient that already participates in the animal food production sector. This foodstuff is used mainly as part of diets for different species. The bran fraction is considered a by-product of rice processing, since its generation occurs at moment of polishing the husked grain and its use in human and animal food is a way of adding value to the product, which has low cost and abundant availability in the rice producing regions. It has nutrients, such as protein lipids, minerals and carbohydrates, in addition to vitamins of the B, E and K complex, it also has compounds such as phenols, tocopherols and γ -oryzanol. However, due to the high fiber content and the presence of phytates, the bran has some compounds considered antinutrients that can be mitigated with certain methods that were exposed in this study. Based on this, the objective of this study was to evaluate the applicability of rice bran in aquaculture based on a literature review, in addition to its application in defatted and fermented form by the fungus *Rhizopus oryzae* in diets of juvenile mullet *M. liza*. Therefore, the research was divided into two chapters, where the first exposes the bibliographic review and the second chapter exposes research with the application of fermented defatted rice bran in a dose-response experiment with levels of inclusion of this ingredient.

Keywords: By-product; Aquatic organisms; Rice paddy, Agro-industrial waste.

INTRODUÇÃO GERAL

O setor da aquicultura tem se desenvolvido e com isso surgem novas tecnologias, bem como intensificação da cadeia de produção aquícola. Neste cenário, se observa a crescente predominância de sistemas com utilização de alimentos e consequente dependência de insumos e matérias primas (FAO, 2018). O farelo de arroz (RB do inglês rice bran) é um subproduto inerente ao beneficiamento do arroz e já possui afinidade com a indústria de produção animal, compondo formulação de rações para organismo aquático além de outras espécies animais. De acordo com a CONAB (2020) estima-se que o Brasil produziu aproximadamente 10,05 milhões de toneladas de arroz, destacando o estado de Rio Grande do Sul como principal produtor do grão. O RB representa 8% do grão inteiro, portanto, considerando estes dados publicados em CONAB (2020), a produção brasileira de RB pode ser algo próximo de 804 mil toneladas.

O aproveitamento deste farelo é importante como forma de agregar valor e minimizar impacto ambiental, ao considerar sua grande disponibilidade. Esta geração de subprodutos demonstra-se inevitável no setor agro-industrial, implicando na produção de grande quantidade de resíduo, o que acaba demandando manejo adequado para descarte sem que haja prejuízo ambiental. A partir disso, faz-se relevante a investigação de alternativas que permitam a reintegração e reaproveitamento de resíduos orgânicos gerados na produção de alimentos, como o caso do RB. Estudos acerca de alimentos para aquicultura corroboram sua melhor aplicabilidade no setor produtivo, sendo essencial explorá-los enquanto suas propriedades físico-químicas aliadas a fatores como custo e disponibilidade (NRC, 2011).

O RB é uma camada entre o grão e a casca, resultante do processo de descascamento e polimento do arroz. Este subproduto pode ser aproveitado como fonte de nutrientes, tais como lipídios proteína, minerais e carboidratos, além de vitaminas do complexo B, E e K (IAFFD, 2020). Além destes nutrientes o farelo possui compostos como fenóis, tocoferóis e γ -orizanól que estão concentrados principalmente no farelo e em sua fração de óleo (CHATCHAWAN; SOOTTAWAT; NATTIGA 2008; BHATNAGAR *et al.* 2014). Contudo, quando comparados a alimentos convencionais, como a farinha de peixe, fontes vegetais geralmente apresentam compostos não digeríveis na forma de carboidratos insolúveis e fibra o que acarreta na maior produção de excretas

e resíduo (NAYLOR *et al.* 2009), que podem ser mitigadas aplicando estratégias como fermentação entre outras técnicas que serão expostas neste estudo.

Em suma, estudos a respeito de alimentação e nutrição de espécies aquáticas tem grande relevância por influenciar diretamente aspectos como a reprodução e o crescimento destas, além disso, os gastos com alimentação em sistemas aquícolas podem representar até 70% do custo total de produção (NRC, 2011). O presente estudo foi dividido em dois capítulos, onde o primeiro expõe revisão bibliográfica a respeito da utilização do farelo de arroz no campo da aquicultura, discorrendo sobre suas diferentes aplicações. O segundo capítulo expõe pesquisa com a aplicação do farelo de arroz desengordurado, fermentado por *Rhizopus oryzae* na alimentação de nutrição de tainhas *Mugil liza* a partir de experimento dose-reposta com níveis de inclusão deste ingrediente.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a aplicabilidade do farelo de arroz na aquicultura a partir de revisão de literatura, além da sua aplicação na forma desengordurada e fermentada pelo fungo *Rhizopus oryzae* em dietas de juvenis de tainha *M. liza*.

Objetivos específicos

- Avaliar a partir da revisão bibliográfica as aplicações do farelo de arroz (RB) no campo da aquicultura;
- Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tainha alimentados com dietas contendo diferentes percentuais de inclusão de farelo de arroz;
- Avaliar a influência das dietas experimentais na composição proximal dos juvenis de tainha (*M. liza*);
- Avaliar a influência das dietas experimentais nos índices somáticos de juvenis de tainha (*M. liza*);
- Avaliar a influência das dietas experimentais na peroxidação lipídica do fígado e intestino de juvenis de tainha (*M. liza*);
- Determinar o melhor nível de inclusão do farelo de arroz fermentado para compor rações para juvenis de tainha (*M. liza*).

REFERÊNCIAS

BHATNAGAR, A. S.; PRABHAKAR, D. S.; PRASANTH KUMAR, P. K.; RAJA RAJAN, R. G.; GOPALA KRISHNA, A. G. (2014). Processing of commercial rice bran for the production of fat and nutraceutical rich rice brokens, rice germ and pure bran. **LWT - Food Science and Technology**, 58(1), 306-311;

CHOTIMAKORN, C.; BENJAKUL, S.; SILALAI, N. (2008). Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. **Food Chemistry**, 111(3), 636-641;

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. (2020). v.7, SAFRA 2019/20- n.4 - Quarto levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 21 jan 2021;

FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome;

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action. Rome;

IAFFD – International Aquaculture Feed Formulation Database – Disponível em: <<http://ww.iaffd.com>>. Acesso em: 10 outubro, 2020;

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2011). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington, DC: The National Academies Press;

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUREAU, D. P. CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A. P.; FORSTER, I.; GATLIN, D. M.; GOLDBURG, R. J. ; HUA, K.; NICHOLS, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, 15103-15110.

CAPÍTULO I

O FARELO DE ARROZ NA AQUICULTURA

Autores: Tomaz Soligo de Mello Ayres; Eliana Badiale Furlong; Anelise Christ Ribeiro;
Marcelo Borges Tesser

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade
Federal do Rio Grande (PPGAqui-IO-FURG) Rua do Hotel, nº2, Cassino, Rio Grande,
RS, Brasil. CEP: 96210-030

Artigo de revisão de literatura a ser submetido na *Reviews in Aquaculture*

RESUMO

A intensificação dos sistemas aquícolas ocorre acompanhada da necessidade de matérias primas, principalmente alimentos. Apelos acerca da sustentabilidade tem ganhado destaque e o reaproveitamento e de resíduos agroindustriais pode ser uma alternativa para reintegrar subprodutos na cadeia de produção alimentar. O arroz é um alimento universal, sua produção ocorre em diversas regiões do mundo principalmente no continente asiático. O farelo de arroz é um subproduto agro-industrial obtido no processamento do arroz e possui características que possibilitam diversas formas de aplicação na aquicultura. Neste estudo foi abordado as etapas que fazem parte do seu beneficiamento até a obtenção da fração farelo. Este processamento inclui a fases como o descasque, o polimento e em determinados casos a estabilização de enzimas e/ou extração da parcela de óleo. O farelo de arroz possui duas classificações no que diz respeito a esta fração de gordura, sendo apresentado como farelo de arroz integral e farelo de arroz desengordurado. Estes dois estados da matéria prima já foram explorados em estudos de espécies de organismo aquáticos, sendo aplicados em formulações de dietas, alimentação suplementar, fertilização de viveiros e até mesmo como fonte de carbono em sistemas superintesivos denominado bioflocos. O farelo de arroz já é explorado pela indústria de ração animal e neste estudo foram apontados diferentes produtos e aplicações tecnológicas acerca do subproduto. O presente estudo teve como objetivo identificar e avaliar a utilização do farelo de arroz no campo da aquicultura, a fim de contribuir futuras pesquisas bem como a aplicação deste insumo no setor.

Palavras-Chave: Subproduto; Organismos aquáticos; Orizicultura, Resíduo agroindustrial.

ABSTRACT

The intensification of aquaculture systems is followed by the need for raw materials, especially foodstuffs. Nowadays concerns about sustainability have been receiving attention and the reuse and agro-industrial waste can be an alternative to reintegrate by-products in the food production sector. Rice is a universal food, its production occurs in several regions of the world, mainly in Asia. Rice bran is an agro-industrial by-product obtained in the processing of rice and has characteristics that enable various forms of application in aquaculture. In this study, the steps that are part of its processing until the bran fraction was obtained were focused. This processing includes phases such as peeling, polishing and, in certain cases, stabilizing enzymes and / or extracting the oil portion. Rice bran has two classifications related to this fraction of fat, being presented as brown rice bran and defatted rice bran. These two states of the raw material have already been explored in studies of aquatic organism species, being applied in formulations of diets, supplementary feeding, fertilization of nurseries and even as a carbon source in superintensive systems called bioflocs. Rice bran is already exploited by the animal feed industry and in this study different products and technological applications about the by-product were identified. The present study aimed to identify and evaluate the use of rice bran in the field of aquaculture, in order to contribute to future research as well as the application of this by-product as food for the sector.

Keywords: By-product; Aquatic organisms; Rice paddy, Agro-industrial waste.

INTRODUÇÃO

A aquicultura continua a crescer rapidamente quando comparada a outros setores das cadeias de alimentos de origem animal, dados publicados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* demonstram a produção de pescado de aproximadamente 178,5 milhões de toneladas produzidas no ano de 2018, deste total estima-se que a aquicultura contribui com 46% da produção (FAO, 2020). O desenvolvimento do setor aquícola ocorre concomitantemente ao crescimento populacional e maior demanda por alimento, cenário que por sua vez, impulsiona avanços tecnológicos e intensificação da produção de pescado e sua proteína de alta qualidade. Logo, um fenômeno relevante, diz respeito a obsolescência de manejos sem oferta de alimento, em contraponto com o aumento de sistemas com investimentos em nutrição e alimentação. Desta forma, crescentemente os sistemas de produção da aquicultura têm demonstrado condição de dependência de matérias primas e insumos alimentícios (FAO, 2018). Apesar disso, autores têm relatado a importância da utilização de ingredientes nutricionalmente adequados, mas que também apresentem características mais sustentáveis (TACON, HASAN, METIAN, 2011) de modo a reduzir dependência de insumos como a farinha e o óleo de peixe (NAYLOR *et al.* 2009) além de estratégias para favorecer a inclusão de fontes vegetais em dietas de espécies aquáticas (GATLIN *et al.* 2007).

O conceito de *by-product feedstuff* diz respeito à categoria de alimentos secundários, de origem animal ou vegetal, obtidos no momento da colheita ou durante o processamento de determinados insumos (FADEL, 1999). A geração de resíduos demonstra-se inevitável no setor agroindustrial, logo, a produção de alimentos em escala industrial pode implicar na produção de grande quantidade deste subproduto, o que acaba demandando manejo adequado para descarte, sem que ocorra prejuízo ambiental e comprometimento da saúde da população, além de ocasionar ineficiência no uso de matéria-prima e energia (PELIZER, PONTIERI, MORAES, 2007). Se técnica adequada for utilizada, este tipo de material pode ser convertido em matéria-prima e oportunamente utilizado. A partir disso, faz-se relevante a investigação de alternativas que permitam a reintegração e reaproveitamento destes resíduos orgânicos obtidos na produção de alimentos.

A identificação e descrição de possíveis ingredientes, contribui para aprimorar sua aplicabilidade na cadeia produtiva de organismos aquáticos, de modo que seja investigada

noções de custo, disponibilidade, composição nutricional, características físicas, palatabilidade, digestibilidade, bem como a presença de antinutrientes (NRC, 2011). De acordo com esta revisão bibliográfica, os trabalhos científicos que investigam o uso do RB na aquicultura vêm sendo divulgados desde a década de 80 e prosseguem na atualidade, compondo principalmente estudos que o avaliam quanto a: digestibilidade e inclusão em formulação de dietas; fertilização de viveiros, e, até mesmo, às tecnologias mais avançadas como fonte de carbono para sistemas de biofloco (BFT).

O cultivo do arroz e a aquicultura já possuem uma interação antiga, principalmente no continente Asiático, onde a atividade denominada “*Rice-fish culture*” consiste na integração da orizicultura por inundação ao cultivo de peixes (KANGMIN, 1988). Essa prática tem se expandido até os dias atuais, sendo adotada em regiões que mantêm a tradição (FAO, 2020). O arroz (*Oryza sativa L.*) é um dos principais cereais cultivados e consumidos no mundo (WANI *et al.* 2012). A produção total anual deste grão é de aproximadamente 782 milhões de toneladas (FAOSTATS, 2018) e estima-se que 90% da produção mundial é oriunda de países do continente asiático como, a China, a Índia, o Paquistão, o Japão e a Coreia (USDA, 2014). No Brasil, a produção de arroz beneficiado na safra de 2018/19 correspondeu a 7,5 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Após a colheita, o grão do arroz pode ser submetido a diferentes etapas de processamento, tais como: a limpeza, descasque e polimento e dada estas condições, obtém-se diferentes insumos como a casca de arroz, grãos quebrados, farelo de arroz (RB) e grão polido. O RB é obtido no momento do polimento do grão descascado e, assim, a produção deste subproduto é intrínseca a manufatura do arroz branco polido. Considerando a produção mundial aproximada do grão de arroz e a parcela de farelo do grão é possível estimar que a produção de RB, possivelmente, ultrapassa 50 milhões de toneladas anuais. A utilização do RB já é explorada pela indústria de alimentação animal em seus diferentes segmentos, tais como: a suinocultura (STEIN *et al.* 2015); a avicultura (SUPRIYATI *et al.* 2015; RUAN *et al.* 2015); a caprinocultura (CRISIONI; FERNÁNDEZ, 2016) e a aquicultura que será explorada nesta revisão.

Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo, a partir da revisão bibliográfica, identificar e analisar como e sobre quais condições o uso do farelo de arroz (RB) pode ser aplicado no campo da aquicultura, e ainda apontar possíveis lacunas para estudos futuros acerca do tema.

O FARELO DE ARROZ

O RB é obtido durante o beneficiamento do arroz, sendo retirado da camada intermediária do grão (Figura 1) e composto principalmente pela película entre a casca e o endosperma (GUL *et al.* 2015). No momento do polimento do grão de arroz separa-se esta mistura de farelo e gérmen denominada RB, uma fonte de energia de baixo custo (HERTRAMPF, PIEDAD-PASCUAL, 2000). Durante este processo de separação da camada de farelo e o endosperma, ocorre o rompimento de estrutura celular e a hidrólise da fração lipídica quando em contato com enzimas lipase, facilitando a rancificação (MALEKIAN *et al.* 2000). Uma vez estabelecida a condição de hidrólise, a fração de óleo é convertida em glicerol e por fim em ácidos graxos livres, que contribuem para odores de rancidez e sabor amargo para o farelo, que acaba impróprio para o consumo (NAGENDRA-PRESAD *et al.* 2011).

Este subproduto apresenta textura farinácea e fibrosa, porém estas características podem variar se o farelo for submetido a técnica de estabilização (LUH, BARBER, BARBER, 1980), com este processo ocorre inativação de enzimas, possibilitando que o RB tenha maior tempo de armazenamento (GUL *et al.* 2015). Diversos métodos de estabilização podem ser empregados dentre elas estabilização térmica (SHARMA, CHAUHAN, KULDEEP-AGRAWAL, 2004), química (PRABHAKAR, VENKATESH, 1986), via aquecimento ôhmico (LAKKAKULA, LIMA, WALKER, 2004), em forno micro-ondas (FARIA, BASSINELLO, PENTEADO, 2012), entre outras estratégias.

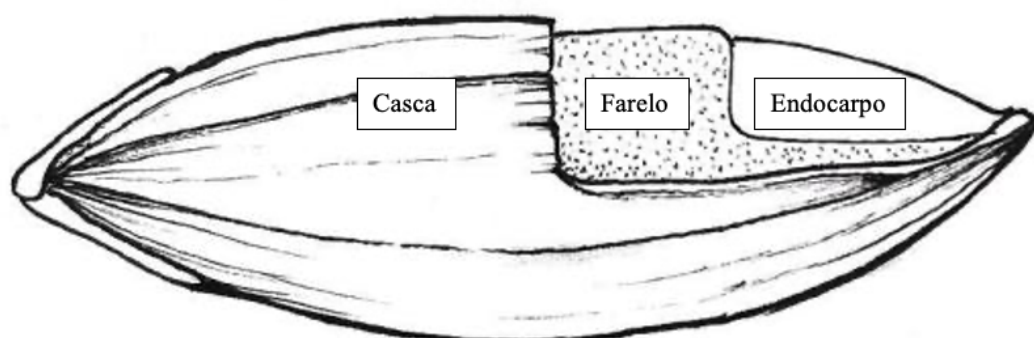


FIGURA 1 – Frações do grão do arroz.

Subsequente ao processo de estabilização, o RB pode ser submetido ao processo de extração da fração de lipídio, podendo ocorrer principalmente de forma mecânica ou com utilização de solventes, contudo outras tecnologias como utilização de fluidos supercríticos ou subcríticos e até mesmo extração enzimática em ambiente aquoso, podem ser empregadas para extração da fração de óleo de RB (GARBA *et al.* 2017). Uma vez separada a fração de gordura, o produto quase totalmente isento de lipídios recebe o nome de farelo de arroz (RB) desengordurado, enquanto o óleo de RB é destinado a refinaria para ser condicionado como óleo vegetal.

COMPOSIÇÃO DO FARELO DE ARROZ

O RB se apresenta como fonte de carboidratos, além de proteínas, minerais, ácidos graxos e fibras (GUL *et al.* 2015). O RB possui diversas aplicações, tendo em vista seu perfil nutricional e funcional, apresentando também em sua composição esteróis vegetais como γ -orizanol, tocoferol e tocotrienol (SHARIF, *et al.* 2014; BHATNAGAR *et al.* 2014), sendo estes compostos com potencial antioxidante (XU, HUA, GODBER, 2001). De acordo com a *International Aquaculture Feed Formulation Database* o valor médio de composição nutricional do RB integral é de 89,5% de matéria seca, 12,5% de proteína bruta, 11,5% de gordura bruta, 12,7% de fibra bruta, 13,2% de cinzas e 39,7% de extrativo não-nitrogenado. Já o RB desengordurado é apresentado valores de 89,4% de matéria seca, 15,5% proteína bruta, 2,4% de gordura bruta, 10,2% de fibra bruta, 10,3% de cinzas e 50,8 de extrativo não-nitrogenado. Apesar destes dados, sua composição nutricional pode variar de acordo com a espécie e variedade, condições climáticas durante o cultivo e métodos de processamento do grão (GRIST, 1985). A Tabela 1 apresenta composição nutricional do RB em diferentes trabalhos publicados na área de aquicultura.

Tabela 1 – Composição do RB em diferentes estudos de aquicultura

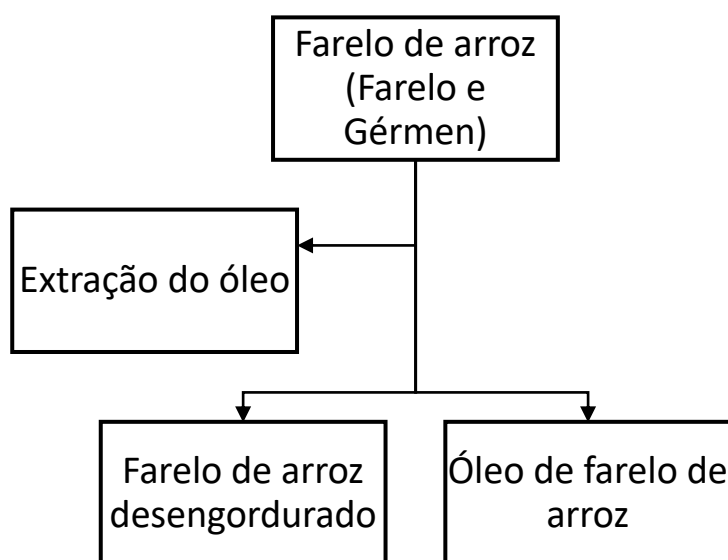
Classificação	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	ENN (%)	Cinzas (%)	Referência/País
Desengordurado	n/a	19,2	4,8	9,2	51,9	14,8	AKIYAMA <i>et al.</i> (1989) / Estados Unidos
Não mencionado	91	13	7,4	17,9	N/A	24,7	NRC (2011) / N/A
Não mencionado	90,4	6,6	9,9	13,3	53,4	7,4	EKASARI <i>et al.</i> (2014) / Indonésia
Não mencionado	91,7	12,6	12,9	16,2	44	5,9	LIMBU <i>et al.</i> (2016) / Tanzânia
Integral	N/A	16,7	10,4	14,4	47,6	11	ROMANO <i>et al.</i> (2018) / Malásia
Não mencionado	94,2	34,7	13,7	30	42,8	8,7	TRAN-NGOC <i>et al.</i> (2019) / Holanda
Não mencionado	90,1	15,1	14,8	8,5	52,8	8,8	LEITE, MELO, NUNES (2020) / Brasil

Legenda: MS – Matéria Seca; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FB – Fibra Bruta; ENN – Extrativo não nitrogenado

Os carboidratos do RB são principalmente a celulose, a hemicelulose, a lignina e a amido (SAUNDERS, 1985). As proporções entre estes carboidratos são influenciadas pelo método de polimento, bem como os graus de polimento durante este processo, cuja variação é indicada pela maior disponibilização de açúcares com a ruptura do endosperma durante o processamento (SAUNDERS, 1985; KALPANADEVI, VASUDEVA SINGH, SUBRAMANIAN, 2018). A fibra compreende uma das frações do carboidrato e pode ser classificada como solúvel e insolúvel. A fração solúvel presente no RB representa apenas 7-13%, o restante corresponde a parte insolúvel (GERHARDT; GALLO, 1998). A fração de amido já foi isolada utilizando RB desengordurado a partir de método descrito por Fabian *et al.* (2011) que caracterizam o amido do farelo desengordurado e verificam que sua gelatinização ocorre em temperaturas próximas de 73 °C.

O RB apresenta uma classificação em função da parcela de lipídios sendo, “desengordurado” ou “integral”, contudo, com esta revisão de literatura foi possível observar que o emprego destes termos não ocorre em parte dos estudos anteriores publicados na área de aquicultura. Não obstante, compreender esta nomenclatura e conhecer o estado do RB utilizado na pesquisa contribui para aplicabilidade e replicação do conhecimento científico divulgado. O RB integral é rico em lipídios e, como citado anteriormente, é possível separar a fração de óleo obtendo-se o óleo de RB e o RB

desengordurado (Figura 2). Por outro lado, o RB desengordurado pode ser estabelecido como subproduto secundário e ainda assim apresenta características que permitem aplicabilidade na aquicultura. Com processo de desengordurar o RB, a fração lipídica é reduzida mantendo uma porcentagem residual (0,1-7%), além do aumento na fração proteica (2-4%) (CASAS, STAIN, 2016).



Adaptado de Hertrampf e Piedad-Pacual (2000)

Figura 2 – Fluxograma das etapas do processamento do RB

A fração de óleo representa 10 a 23% da composição nutricional do RB integral sendo composta principalmente por ácidos graxos como o ácido palmítico, oleico e linoleico (SAUNDERS, 1985). Isoladamente, o óleo de RB apresenta aproximadamente 90 a 96% de gordura saponificada, dentre elas triglicerídeos, diglicerídeos, monoglicerídeos, ácidos graxos livres, fosfolipídios, glicolipídios e ceras enquanto a outra parte de gordura insaponificada (4%) compreende o γ -oryzanol (RAGHURAM, RUKMINI 1995; SHARIF *et al.* 2014). O γ -oryzanol extraído do óleo de RB contém ácido ferúlico (Ácido 4-hidroxi-3-metoxicinâmico), triterpenoides e esteróis vegetais (ROGERS *et al.* 1993). Em dietas para peixes esse composto foi capaz de contribuir como supressor de estresse oxidativo, além de influenciar na coloração do tegumento de Red Sea Bream *Pargus major* (MAOKA *et al.* 2008).

As propriedades antioxidantes do γ -oryzanol estão diretamente relacionadas com o ácido ferúlico, que por sua vez possui capacidade de minimizar efeitos deletério de espécies reativas de oxigênio (SRINIVASAN, SUDHEER, MENON 2007). Este composto é utilizado na indústria de alimentos, além de cosmética e farmacêutica

por apresentar potencial antimicrobiano, anticancerígeno, antidiabético, além da capacidade protetora das estruturas de pele (ZDUŃSKA *et al.* 2018). Outro nutriente relevante presente na fração do óleo de RB é o tocoferol e o tocotrienol, ambos representantes do grupo da vitamina lipossolúvel do complexo E (ROGERS *et al.* 1993).

O FARELO DE ARROZ NA ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DOS ORGANISMOS AQUÁTICOS

O RB é constituído principalmente de carboidratos. Em dietas para peixes e camarões, a utilização de carboidratos pode ser estabelecida de modo a alcançar melhor eficácia econômica, uma vez que fontes de energia, como o amido, tendem a ser mais baratas que alimentos ricos em proteínas e lipídios (NRC, 2011). Peixes e camarões não possuem exigência nutricional para carboidratos, porém esse nutriente é comumente utilizado como fonte de energia. Uma condição denominada efeito economizador de proteína, pode ser explorada a fim de obter melhor eficiência dos nutrientes de uma determinada dieta, principalmente a performance de proteínas e carboidratos (SHIAU, PENG 1993). Entretanto, os resultados obtidos em situações que visam alcançar este efeito, tendem a variar de acordo com a espécie a ser alimentada (NRC, 2011).

O RB é um alimento comumente aplicado na alimentação de peixes onívoros e herbívoros e na produção de alimento vivo como copépodos e artêmias, além disso é aplicado em menor proporção em dietas de crustáceos como os camarões de água doce e salgada (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). De acordo com Tacon, Hasan e Metian (2011), a utilização do RB na produção de tilápia aproxima-se de 10 a 30% de inclusão, para o peixe-leite de 15-20% e para crustáceos de água doce de 5-30%, ocorrendo em países do continente Asiático, Africano e Oceania.

É notória a aplicabilidade deste insumo na nutrição da aquicultura, contudo fatores como a alta concentração de fibra bruta (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000), a digestibilidade de proteína bruta mediana ($66,9 \pm 1,7\%$) (GUIMARÃES *et al.* 2008) e a presença de compostos antinutricionais como o fitato, os inibidores de tripsina, além de lipases e fitohematoglutinas (SHARIF *et al.* 2014) podem ser limitações para a aplicação do RB na alimentação de organismos aquáticos. No entanto, estratégias e técnicas podem ser exploradas para minimizar estes efeitos de forma eficiente. Dentre elas podem ser citados os processos fermentativos como a fermentação em estado sólido (PANDEY, 2003), utilização de enzimas exógenas (LEMOS, TACON, 2017; RANJAN *et al.*

2017;2018) ou produção de concentrados proteicos (LOUREIRO *et al.* 2019). A aplicação do RB, e seus derivados, na alimentação e nutrição de espécies aquáticas, foram subdivididas em alimento para peixes, crustáceos entre outras espécies;

Peixes

O arroz e seus derivados já é um ingrediente bem estabelecido na indústria de ração para peixes, no Brasil está entre os alimentos mais utilizados para este fim (PASTORE *et al.* 2016), enquanto que nos Estados Unidos o RB compõe dieta de salmonídeos e peixes da família dos Ictaluridae (HALVER; HARDY, 2002). Sua composição química classifica o ingrediente como fonte de energia e quando incluso em uma formulação balanceada não atende à demanda de proteína. O RB também é utilizado para alimentação suplementar da tilapicultura sendo lançado na forma pura nos tanques de criação, no entanto o aproveitamento do RB sem peletização é reduzido (HALVER, HARDY 2002).

A suplementação de enzimas pode ser uma alternativa para melhorar o aproveitamento de dietas para aquicultura, estes aditivos são acrescentados às rações para melhorar o processo de digestão dos ingredientes (HALVER, HARDY 2002). Dentre as principais enzimas suplementadas esta a fitase, que permite maior disponibilidade aparente de fósforo, magnésio, zinco, cobre e manganês do RB para *O. niloticus* (GONÇALVES *et al.* 2005, 2007). A inclusão de enzimas deve respeitar limites térmicos que comprometem o processo de peletização e/ou extrusão, contudo estratégias como a encapsulação ou aplicação de enzimas líquidas após a peletização tem sido alternativas exploradas. Ranjan *et al.* (2017) testaram a utilização de enzimas digestivas em dieta para o peixe *Labeo rohita*, avaliando duas dietas isoproteicas contendo 90% de RB desengordurado, enquanto uma delas suplementadas com as enzimas fitase e xilanase. Neste estudo os autores verificaram que a dieta com enzimas (0,01%) acarretou melhores índices de desempenho e conversão alimentar, quando comparada com o controle sem enzimas.

Outro aspecto diz respeito ao aproveitamento da fração proteica do RB, passível de extração químico-enzimática para obtenção do chamado concentrado proteico de RB (LOUREIRO *et al.* 2019). Com este método dos autores, foi obtido um novo produto a partir do RB desengordurado que apresentou aproximadamente 26,8% de proteína bruta. Neste estudo, Loureiro *et al.* (2019) avaliaram diferentes níveis de inclusão de concentrado proteico de RB desengordurado em dietas de jundiá *Rhamdia quelen* e

constatarem que o maior nível de inclusão de 30%, não promoveu prejuízos em parâmetros de crescimento, apontando o concentrado proteico como alternativa para reduzir a utilização de farinha de peixe.

A grande parcela de carboidratos complexos no RB permite a aplicação deste, como substrato alternativo para a técnica de fermentação. Uma vez estabelecida a condição fermentativa, possibilita obtenção de ingrediente passível de melhor perfil nutricional, inclusive melhor funcionalidade e digestibilidade, como a liberação de enzimas, ácidos orgânicos e outros compostos bioativos (CHRIST-RIBEIRO 2017). Em estudo avaliando diferentes níveis de inclusão de RB fermentado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para o ciprinídeo *Leptobarbus hoevenii* foi possível incluir aproximadamente 26% de RB fermentado na dieta (YANTO *et al.* 2018). Ainda, estes autores demonstraram que o aumento da inclusão de RB fermentado estimulou atividade da enzima amilase no intestino dos juvenis, além do aumento da retenção proteica e lipídica, crescimento diário e eficiência alimentar, quando comparado a dieta sem farelo fermentado.

McGoogan e Reigh (1996) avaliaram o coeficiente de digestibilidade aparente do RB para a Red drum (*Sciaenops ocellatus*) e observaram que o farelo apresentou $17,6\% \pm 2,88$ para digestibilidade aparente de matéria seca, $77,1\% \pm 0,15$ para proteína e $12\% \pm 3,77$ para energia. Guimarães *et al.* (2008), determinaram coeficiente de digestibilidade aparente de diferentes ingredientes vegetais em dietas de tilápia do-Nilo *Oreochromis niloticus* e o RB apresentou valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca de $55,6\% \pm 1,77$, proteína bruta de $66,9\% \pm 1,74$ e de energia bruta de $57,6\% \pm 2,12$. Para avaliação de disponibilidade de aminoácidos deste mesmo estudo, o RB demonstrou valores significativos de lisina e tirosina, no entanto careceu de metionina, fenilalanina e prolina. Outro estudo mais recente também avaliando a digestibilidade do RB em *O. niloticus*, foi estimada a coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca de $69,4\% \pm 1,1$, proteína bruta de $84\% \pm 1,7$, lipídios de $85,9\% \pm 1,5$, cinzas $26,0\% \pm 1,1$, carboidratos totais $61,2\% \pm 1,7$, fósforo $34,8\% \pm 1,5$ e energia bruta $75,3\% \pm 1,5$, além disto destacaram que o RB teve maior valor de retenção proteica dentre os ingredientes testados (TRAN-NGOC *et al.* 2019)

Em pesquisa avaliando a digestibilidade de minerais de diferentes ingredientes para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*, o RB demonstrou valores de digestibilidade de cálcio (86%), fósforo (89,7%), magnésio (80,9%), manganês (56,2%) e zinco (28,6%) (ARAÚJO *et al.* 2018). Além disso, estes mesmos autores provaram que dentre os demais grãos de cereais testados, o RB teve maiores valores de digestibilidade

de cálcio e fósforo. Santos-Cipriano *et al.* (2015) determinaram o coeficiente de digestibilidade aparente de diferentes fontes energéticas, inclusive RB, para o pirarucu (*Arapaima gigas*). Neste mesmo estudo, demonstraram a digestibilidade de matéria seca (46,2%) proteína bruta (68,2%) e energia bruta (42,2%) e justificam estes valores devido a quantidade de cinzas, presença de fitato e polissacarídeos não-amiláceos.

Crustáceos

Dentre os principais crustáceos produzidos pela aquicultura destacam-se os camarões, lagostas, lagostins e caranguejos, apesar disso a produção camarões marinhos, especialmente o camarão branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei*, tem representado o grupo mais produzido (FAO 2020). A nutrição e alimentação dos camarões é um tema importante na carcinicultura mundial, uma vez que representa parcela significativa do custo de produção (TACON, HASAN, METIAN, 2011). Apesar disto, avanços da pesquisa com a nutrição de camarão a partir de fontes vegetais tem possibilitado menor uso da FP e de OP, destacando estratégias como a utilização de enzimas como a fitase (LEMOS, TACON, 2017), inclusão de algas (QIU *et al.* 2018; ALLEN *et al.* 2019), ingredientes fermentados (NGUYEN *et al.* 2018), concentrados proteicos (OUJIFARD *et al.* 2012), entre outras formas de aplicação.

Um estudo avaliando a influência de diferentes fontes de carboidrato na dieta de juvenis de *L. vannamei* e se estas alterariam variáveis de qualidade de água, evidenciou que a formulação com RB manteve a qualidade da água em condições adequadas de cultivo da espécie, mas que as diferentes formulações influenciaram na concentração de glicogênio, lipídios, extrativo não nitrogenado e cinzas das carcaças dos animais (ZAINUDDIN, ASLAMAYAH, HADIJAH, 2019). Similar aos peixes, os camarões apresentam capacidade limitada de aproveitamento dos carboidratos e não se adaptam bem às dietas com altos níveis destes (SHIAU, PENG, 1992), todavia, com correta aplicação deste nutriente também é possível obter o efeito de economia de proteína (WANG *et al.* 2015).

Levando em consideração a composição proximal do RB e as exigências nutricionais para camarões, seja marinho ou de água doce, é impossível suprir a demanda de nutrientes apenas com o RB, sendo necessária sua aplicação como parte da formulação de uma dieta. Além disso, é importante conhecer o aproveitamento do RB pela espécie a ser ofertada, no caso do camarão branco-do-pacífico *Litopenaeus vannamei*, Akiyama *et al.* (1989) determinaram a digestibilidade aparente de diferentes ingredientes. Neste

estudo foi mensurado o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca do RB sendo $40 \pm 1,5\%$, coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta de $76,4 \pm 0,8\%$ e coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos entre 68,7 e 85,1%. Fatores como composição química do ingrediente a ser ofertado, além das características do trato digestório do animal alimentado, podem influenciar a digestibilidade do alimento (YANG *et al.* 2009). A digestibilidade também pode ser avaliada utilizando ensaios com enzimas *in vitro*, logo, Lazo, Romaire e Reigh (1998) estimaram a digestibilidade de proteína de diferentes alimentos a partir de três metodologias *in vitro* para o *L. vannamei* e constataram que o RB esteve entre os menores valores de digestibilidade relativa da proteína de 29,6%, 40%, 58,6%.

Os primeiros estudos publicados avaliando o RB em dietas de crustáceos relatam a utilização deste na alimentação de artêmias (DOBBELEIR *et al.* 1980; SORGELOOS *et al.* 1980), recomendando o uso do RB desengordurado com partículas menores que 50 μm . Posteriormente Pauw, Laureys e Morales (1981) demonstraram que o RB desengordurado pode ser adequado na alimentação de *Daphnia magna* e quando fornecido em quantidade adequada permite aplicação sem comprometimentos na produtividade. Pequenos crustáceos como os copépodos e as artêmias representam grupo importante na alimentação dos estágios iniciais de vida de peixes e de camarões (NRC, 2011). O RB possui boa aceitabilidade dentre os alimentos adequados para dieta destes microcrustáceos. Balachandar e Rajaram (2018) avaliando dietas a base de microalgas, RB e farelo de soja na produção de *Artemia franciscana*, perceberam que a dieta contendo apenas RB e outra dieta contendo uma mistura de diferentes microalgas (*Chaetoceros sp.* e *Tetraselmis sp.*) com RB, promoveram maior crescimento (μm) dos microcrustáceos em comparação com os demais tratamentos, apesar disso a dieta exclusiva de RB apresentou valor reduzido de fecundidade e sobrevivência, portanto, estes autores recomendam dieta utilizando microalga (*Chaetoceros sp.*).

Outros organismos aquáticos

A utilização do RB também já foi explorada em outras espécies com menor relevância que peixes e crustáceos, como exemplo os rotíferos que também compõem o grupo de alimentos vivos citado anteriormente. Agbikimi *et al.* (2017) avaliaram diferentes combinações de alimentos para o rotíferos *Brachionus calyciflorus* e afirmaram que as misturas contendo RB promoveram maior densidade populacional quando comparada aos demais tratamentos avaliados. Monteiro *et al.* (2020) testaram a utilização

de RB integral fermentado (*Saccharomyces cerevisiae*) e não fermentado e observaram que estes ingredientes possibilitaram a substituição de até 50% da dieta convencional com somente levedura, além de ambas as dietas de RB demonstrarem efeito adsorativo na amônia da água de cultivo dos tanques de rotíferos.

Embora a literatura não apresente muitos estudos com moluscos, Kim *et al.* (2016) avaliaram diferentes níveis (0, 20, 40 60, 80, 100%) de substituição de macroalga *aminaria japonica* pelo RB em dietas do abalone *Haliotis discus*, demonstraram que a alga pode ser totalmente substituída sem perdas significativas no crescimento. Contudo, estes mesmos autores concluem que 40% pode ser o nível mais adequado devido ao maior ganho de peso e taxa de crescimento específico dessa condição.

PRODUTOS A PARTIR DE FARELO DE ARROZ EM ESTUDOS DE AQUICULTURA

O RB vem sendo utilizado de forma dietética em pesquisas de aquicultura desde a década de 80, e desde então, novos alimentos (Tabela 2) foram sendo elaborados a partir deste subproduto, admitindo novas formas de aplicação além de ingredientes com melhores propriedades nutricionais.

Tabela 2 – Produtos elaborados a partir do RB em estudos de aquicultura

Produto	RB Utilizado	Espécie Aquática	Composição Proximal	Referencia
Concentrado proteico de RB	Desengordurado	Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	MS 93,6% / PB 26,8% / Cinzas 6,3% / EE 6,1%	Loureiro <i>et al.</i> (2019)
Farelo de RB fermentado	Não mencionado	<i>Leptobarbus hoevenii</i>	Não mencionado	Yanto <i>et al.</i> (2018)
Farelo de RB fermentado	Desengordurado	<i>Labeo rohita</i>	MS 92 % / PB 26,8 % / EE 1% / Cinzas 16,5% / Fibra 20,9 %	Ranjan <i>et al.</i> (2018)
Suplemento de γ -oryzanol	Não mencionado	Rea Sea Bream (<i>Pagrus major</i>)	Não mencionado	Maoka <i>et al.</i> (2008)

Legenda: MS – Matéria Seca; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo

EFEITOS IMUNOESTIMULANTES DO FARELO DE ARROZ

Produtos de origem vegetal foram amplamente investigados de modo a identificar possíveis efeitos terapêuticos que contribuem com sistema imunológico de humanos e animais. O RB possui propriedades que atuam como agente imunomodulatório dentre elas fitoesteróis, polissacarídeos e minerais como o magnésio, o selênio, o zinco, a vitamina E e o ômega-3 (CHERUVANKY, 2003), compostos com potencial para contribuir com sistema imune de animais e humanos. Apesar da importância deste elementos presentes no farelo, as investigações específicas com o subproduto são limitados para compreender efeitos imunoestimulantes do RB em espécies aquáticas. Estudos pretéritos com mamíferos relatam seu potencial hipoalergênico (HELM, BURKS, 1996) e anticancerígeno (SHOJI *et al.*, 2001). Posteriormente essas investigações foram expostas por Park *et al.* (2017), que também apontam efeitos benéficos do RB como controle de doenças cardiovasculares e hiperlipidemia.

Elementos traço ou micro minerais como o selênio, magnésio e zinco são fundamentais para diversos processos bioquímicos de organismo aquáticos (NRC, 2011). O zinco possui a capacidade contribuir para o sistema imunológico e antioxidante do indivíduo (POWELL, 2000). O RB possui aproximadamente 62-72 $\mu\text{g/g}^{-1}$ de zinco (CHRIST-RIBEIRO, 2017) todavia para o tambaqui *C. macropomum* apresentou baixa digestibilidade (28,6%) (ARAÚJO *et al.* 2018). O selênio também exerce funções biológicas importantes, assim como o zinco contribui com o sistema antioxidante como constituinte da glutathione peroxidase, atuando em sinergia com a vitamina E no combate a radicais livres (WATANABE *et al.* 1997; NRC, 2011). Dentre os minerais abundantes no RB está o magnésio sendo apontado como essencial para homeostasia intra e extracelular de peixes e camarões (MOYLE, CECH, 2000), participar do processo de respiração celular e metabolismo de nutrientes como lipídios, carboidratos e proteínas (NRC, 2011).

Os fitoesteróis compreendem uma parcela da fração lipídica de vegetais com moléculas semelhantes ao colesterol. Estes compostos da fração de óleo do RB já apresentaram eficácia em reduzir colesterol plasmático quando parte da dieta de humanos (EADY *et al.* 2011). No entanto, em dietas para peixes sua utilização deve ser avaliada, uma vez que elevadas concentrações de esteróis vegetais de soja apresentaram distúrbios

na estrutura da mucosa intestinal e condição inflamatória em peixes da espécie *Sparus aurata* quando ministradas em dose a partir de 0,5% de inclusão (COSTAS *et al.* 2014; COUTO *et al.* 2014). Apesar da notória utilização de óleo vegetais em substituição a óleos de origem animal, se carece de estudos avaliando efeitos dos fitoestéroides de RB em dietas para aquicultura.

Polissacarídeos presentes no RB também já foram reportados apresentando contribuições ao sistema imunológico, dentre elas arabinosilanos e β -glucanos (MAEDA *et al.*, 2004; PARK *et al.* 2017). O arabinosilano (MGN-3) extraído do RB já foi relatado demonstrando atividade anticâncerígena contra neuroblastomas em humanos. No entanto, ainda não foram divulgadas pesquisas avaliando este composto na dieta de organismo aquáticos. Por outro lado, os β -glucanos constituem a parede celular de vegetais e diferentes pesquisa apontam que este composto pode desempenhar papel significativo no aumento de vários parâmetros relacionados ao crescimento, sobrevivência e imunidade, principalmente quando ministrado na dosagem correta (MEENA *et al.* 2012).

EVENTUAIS SUBSTITUTOS E LIMITAÇÕES DO FARELO DE ARROZ

O RB é utilizado como fonte de carboidrato pela indústria de alimentação animal, no entanto sua utilização não é fixa, podendo ser eventualmente substituído ou complementado por outros alimentos energéticos principalmente milho, trigo e seus derivados. Apesar da presença do RB em dietas para aquicultura já ser realidade, essa utilização deve ocorrer tendo em vista fatores que extrapolam o aspecto nutricional, dado que em algumas regiões o aumento do preço deste produto tem encorajado estudos de substituição do RB por outras fontes (MUIN *et al.* 2013; MESHARAM *et al.* 2018). Muin *et al.* (2013) realizaram estudo com juvenis de bagre africano *Clarias gariepinus* avaliando desempenho e viabilidade econômica de dietas com os subprodutos caule de cogumelo *Pleurotus florida* e o RB. A dieta utilizando farinha dos caules de cogumelo foi recomendada para substituir o RB, superando o farelo em alguns indicadores de desempenho e apresentando menor custo, além disso os autores relatam a importância de explorar diferentes subprodutos para aquicultura.

Os alimentos utilizados devem considerar o aspecto nutricional, mas também a disponibilidade local de forma que acompanhem o crescimento do setor (TACON; HASAN; METIAN, 2011). Outro estudo de Meshram *et al.* (2018) avaliando a

substituição do RB desengordurado por biomassa fermentada de batata doce em dietas de juvenis de *Labeo rohita* demonstrou que o farelo pode ser substituído em 100% sem prejuízos em desempenho. Apesar da grande disponibilidade do subproduto em determinadas regiões, seu baixo custo inviabiliza economicamente o transporte e acesso ao RB em determinadas regiões.

USO DE FARELO DE ARROZ PARA FERTILIZAÇÃO DE VIVEIROS

Sistemas semi-intensivos, denominados viveiros escavados, ainda representam a maior parcela de sistemas de produção da aquicultura continental (FAO, 2020). Nesta categoria, o processo denominado fertilização pode contribuir com a produção de plâncton e assim melhorar a produtividade de viveiros de peixes e camarões, podendo desempenhar papel importante para pequenos produtores que não podem financiar sistemas a base de ração (BOYD, 2018). A fertilização pode ser feita utilizando compostos químicos como fertilizantes agrícolas ou compostos orgânicos como esterco ou subprodutos agrícolas como o RB.

Moniruzzaman e Mollah (2010) delinearum um experimento que avaliou a utilização do RB no crescimento e sobrevivência da espécie *Barbodes gonionotus*, aproveitando o subproduto enquanto fertilizante para os viveiros e na alimentação suplementar dos peixes. Estes autores aplicaram os substratos testados na proporção de 5% da biomassa total de peixes, sendo o RB individualmente, outro tratamento com esterco e fertilizante químico e um terceiro avaliando a associação destes dois compostos. A partir disto, o estudo demonstrou melhores índices de produção no tratamento que associou o uso do RB com fertilizante (esterco de bovino 77% ureia 15,5% e TSP 7,5%), maior biomassa planctônica, sobrevivência, ganho de peso, e produtividade (KG/HA/dias), ainda que menores, os resultados do tratamento com apenas RB superou a utilização da condição com somente esterco e fertilizante químico nos resultados dos parâmetros de produtividade e biomassa planctônica.

Limbu *et al.* (2016) avaliaram os efeitos suplementares do RB versus mistura de ingredientes (RB + torta de semente de girassol) na performance de desempenho de tilápia do-Nilo em viveiros escavados fertilizados com esterco de bovinos. Os resultados desta pesquisa demonstraram que ambas as condições testadas não tiveram diferenças significativas, no entanto recomendam que produtores de tilápia do-Nilo, em situações de

sistema semi-intensivo, utilizem o RB quando disponibilizado na região por este produto apresentar menor custo.

Santana *et al.* (2008) avaliaram a indução de alimento natural por diferentes fertilizantes no cultivo do camarão *Farfantepenaeus subtilis* (PÉREZ-FARFANTE, 1967), dentre eles RB, farelo de trigo, melaço e fertilizantes inorgânicos. Os autores demonstraram diferenças no perfil planctônico e bentônico entre os insumos utilizados para fertilização, mas concluíram que os efeitos dos tratamentos, seja orgânico ou inorgânico, foram similares.

USO DO FARELO DE ARROZ COMO FONTE DE CARBONO EM SISTEMAS DE BIOFLOCO

Sistemas super-intensivos com altas densidades e baixa renovação de água tem ganhado espaço na aquicultura, estes sistemas ocorrem a partir do ajuste da proporção de carbono e nitrogênio (C:N) na água, tornando possível a manipulação da comunidade microbiana (KRUMMENAUER *et al.* 2011). Dada esta condição, os microrganismos do sistema Biofoco (BFT) se estabelecem enquanto complemento nutricional além de contribuir à degradação de matéria orgânica e compostos nitrogenados (AVNIMELECH, 2007; EMERENCIANO, GAXIOLA, CUZON, 2013).

Esta tecnologia implica na adição de fontes de carbonos externas aos tanques de aquicultura, considerando isso Crab *et al.* (2012) apontaram a importância da investigação de resíduos agroindustriais para estes fins. A utilização de diferentes fontes de carbono em sistemas BFT, podem ocasionar em variações nas características do flocos, especialmente sua composição nutricional, estrutura, comunidade microbiana e até mesmo parâmetros de qualidade de água (WEI, LIAO, WANG 2016; DENG *et al.* 2018). Estudos explorando RB enquanto fonte de carbono para sistemas BFT demonstraram que este ingrediente pode ser alternativa viável e serão discutidas a seguir.

Ekasari (2014) avaliou a resposta imunológica do *L. vannamei* em sistemas de biofocos utilizando diferentes fontes de carbono e verificou que de fato sistemas BFT contribuem com o sistema imunológico do camarão, mesmo que utilizando diferentes fontes de carbono. Durante o experimento observou que o tratamento com RB apresentou os maiores valores de nitrogênio amoniacal total, fator que pode ser justificado pela presença de carboidratos complexos que acarretam em maior tempo de decomposição até serem convertidos em moléculas de carboidratos simples. Serra *et al.* (2015) delinearão

experimento para avaliar a utilização de diferentes fontes de carbono (RB, melaço de cana e dextrose) em sistemas BFT na larvicultura e engorda do camarão *L. vannamei*. A utilização de RB como fonte de carbono para este sistema não demonstrou diferenças significativas em parâmetros de desempenho zootécnico, no entanto, demonstrou maior concentração de amônia quando comparada à dextrose e ao melaço de cana de açúcar (SERRA *et al.* 2015). Neste mesmo estudo foi possível observar que os animais se alimentaram diretamente do RB em suspensão, uma vez que este apresenta a menor solubilidade em água que as demais fontes de carbono.

A tilápia do-Nilo *O. niloticus* demonstra eficiência quando criada em sistemas BFT, já que é capaz de consumir matéria orgânica em suspensão no ambiente (AVNIMELECH, 2007). O estudo de Becerril-Cortés *et al.* (2018) avaliou a composição nutricional do biofoco produzido com diferentes fontes de carbono em sistemas BFT com tilápias do-Nilo *O. niloticus*, demonstrou aplicabilidade para o RB (BECERRIL-CORTÉS *et al.* 2018). Estes autores evidenciaram que o RB promoveu flocos com maior teor de proteína bruta, além da análise da comunidade microbiana deste apresentar maior diversidade de gêneros de bactérias quando comparado aos demais tratamentos, que utilizaram o café, o melaço ou o controle sem fonte de carbono. Já Mansour e Esteban (2017) testaram o RB e o resíduo do processamento de trigo enquanto fonte de carbono em sistemas BFT, além do tratamento controle em água clara, com isso perceberam que os subprodutos vegetais contribuíram com melhor crescimento, conversão alimentar e até mesmo parâmetro hematológicos e resposta imune dos juvenis.

A fermentação do RB tem sido aplicada visando aprimorar a qualidade nutricional desta fonte de carbono para estes sistemas. A técnica de fermentação submersa do RB já foi utilizada para obter produto aplicado, como fonte de carbono, em sistemas BFT na criação do bagre africano *Clarias gariepinus* (ROMANO *et al.* 2018). Estes autores delinearam experimento avaliando aplicação do RB fermentado com *Bacillus sp.* com e sem aeração durante a fermentação, além dos tratamentos RB não fermentado e controle em água clara (sem RB) com renovação semanal de água. Os autores deste estudo apontaram que os tanques que receberam o farelo fermentado de forma anaeróbica demonstraram maior redução da amônia total, quando comparado com os demais tratamentos, além da composição do flocos com maior nível de proteína bruta, o que resultou em melhores índices de desempenho zootécnico e eficiência alimentar para os peixes. Liñan-Vidriales *et al.* (2021) avaliaram o RB fermentado com *Bacillus* e *Lysinibacillus* como fonte de carbono para criação de *L. vannamei* em sistemas BFT,

verificaram que o processo fermentação pode contribuir com seu potencial probiótico ao modificar a comunidade bacteriana no trato digestivo dos camarões bem como melhor performance de desempenho. Neste estudo, observando tratamentos sem fermentação frente a fermentados de RB, percebe-se que a esta técnica confere produto com interações diferentes com a água e o modelo biológico.

Por fim, Leite, Melo e Nunes (2019) demonstraram a possibilidade de aplicação de diferentes subprodutos do processamento do arroz como fonte de carbono em sistemas BFT de produção de *L. vannamei*, os tratamentos foram compostos de RB, casca de arroz e arroz quebrado e a utilização destes com até 200g kg⁻¹ de fibra bruta não demonstrou efeitos deletérios na sobrevivência, crescimento e qualidade de água na produção dos camarões.

Um sistema de produção similar ao BFT é designado *Aquamimicry* já foi relatada como sistema potencial para produção de camarão (ROMANO, 2017). O sistema *Aquamimicry* foi protocolado baseado no manejo de produção de camarão em viveiros escavados na Tailândia em 1990, e se caracteriza pela aplicação de fonte de carbono, usualmente RB, fermentada por determinados microrganismo como o *Bacillus sp.*. Uma vez aplicado no viveiro, o RB fermentado induz a proliferação de plâncton, microalgas e bactérias, simulando condições do ambiente natural como os estuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a crescente demanda da aquicultura, aliada à necessidade da produção de alimentos com atributos cada vez mais sustentáveis, o RB tem demonstrado ser alternativa viável na atividade aquícola, sendo aplicado em dietas, alimentação suplementar, fertilização de viveiros e até mesmo como fonte de carbono para sistemas de bioflocos. As informações obtidas neste estudo permitem incentivar a utilização do RB na aquicultura pode ser conveniente para fábricas de ração e produtores de organismos aquáticos, pois suas propriedades nutricionais possibilitam a aplicação em diversos segmentos da produção de organismos aquáticos, tais como, peixes, crustáceos e até mesmo moluscos. Esta aplicação deve considerar disponibilidade local, uma vez que a produção de RB decorre do beneficiamento do arroz branco, contribuindo para maior disponibilidade e menor custo do subproduto.

A revisão identificou algumas lacunas na pesquisa com o RB que podem contribuir para melhor aplicação deste produto na aquicultura. Por fim, várias investigações podem ser sugeridas a fim de contribuir com emprego do RB na cadeia produtiva alimentos de ambiente aquático, dentre eles:

- Compreender sob quais condições é possível reduzir fatores antinutricionais presentes no RB quando utilizado de forma dietética;
- Avaliar possíveis reações adversas da utilização do RB em alimentações de espécies aquáticas;
- Estabelecer o uso do subproduto de forma regional de modo a beneficiar produtores, otimizando transporte, descarte e reaproveitamento do RB de forma local;
- Aperfeiçoar a forma de classificação deste subproduto, no que diz respeito à propriedade de “desengordurado” ou “integral”;
- Aprofundar estudos que objetivem a aplicação de tecnologias para melhoria do perfil nutricional do RB tais como a fermentação, a hidrólise ou emprego de enzimas exógenas, dentre outras.

REFERENCIAS

- AGBIKIMI, I.; ARIMORO, F.; AYANWALE, A.; KEKE, U.; GANA, J.; ABAFI, J. (2017). Mass culture and growth response of rotifer (*Brachionus calyciflorus*) fed different combinations of manure filtrates and algae. **International Journal of Applied Biological Research**, 8(1), 70-84;
- AKIYAMA, D. M.; COELHO, S. R.; LAWRENCE, A. L.; ROBINSON, E. H. (1989). Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* BOONE. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 55(1), 91-98;
- ALLEN, K. M.; HABTE-TSION, H.; THOMPSON, K. R.; FILER, K.; TIDWELL, J. H.; KUMAR, V. (2019). Freshwater microalgae (*Schizochytrium sp.*) as a substitute to fish oil for shrimp feed. **Scientific Reports**, 9, 6178;
- ARAÚJO, J. G.; NEBO, C.; PÁDUA, D. M. C.; SOUTO, C. N.; GUIMARÃES, I. G. (2018). Apparent digestibility of minerals from several ingredients for Tambaqui, *Colossoma macropomum*, juveniles. **Journal of World Aquaculture Society**, 49(6), 1026-1038;
- AVNIMELECH, Y. (2007). Feeding with microbial floc by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, 140-147;
- BALACHANDAR, S.; RAJARAM, R. (2019). Influence of different diets on the growth, survival, fecundity and proximate composition of brine shrimp *Artemia franciscana* (Kellog, 1906). **Aquaculture Research**, 50(2), 376-389;
- BHATNAGAR, A. S.; PRABHAKAR, D. S.; PRASANTH KUMAR, P. K.; RAJA RAJAN, R. G.; GOPALA KRISHNA, A. G. (2014). Processing of commercial rice bran for the production of fat and nutraceutical rich rice brokens, rice germ and pure bran. **LWT - Food Science and Technology**, 58(1), 306-311;
- BECERRIL-CORTÉS, D.; MONROY-DOSTA, M. D. C.; EMERENCIANO, M. G. C.; CASTRO-MEJÍA, G.; BERMÚDEZ, B. S. S.; CORREA, G. V. (2018). Effect on nutritional composition of produced bioflocs with different carbon sources (Molasses, coffee waste and rice bran) in Biofloc system. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, 6(2), 541-547;
- BOYD, C. (2018). Aquaculture pond fertilization. **CAB Reviews**. 13(002), 1-12;
- CASAS, G. A.; STEIN, H. H. (2016). Effects of full fat or defatted rice bran on growth performance and blood characteristics of weanling pigs. **Journal of animal science**, 94(10), 4179-4187;
- CHERUVANKY, R. (2003). in **Phytochemical functional foods**, ed. I. T. Johnson and G. Williamson, Woodhead Publishing Limited: Cambridge, p. 347–376;
- CHRIST-RIBEIRO, A. (2017). Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. **Research & Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology**, 6(2), 45-42;

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. SAFRA 2018/19 - n.4 - Quinto levantamento, 2019;

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.7, SAFRA 2019/20 - n.4 - Quarto levantamento, 2020;

COSTAS, B.; COUTO, A.; AZEREDO, R.; MACHADO, M.; KROGDAHL, A.; OLIVA-TELES, A. (2014). Gilthead seabream (*Sparus aurata*) immune responses are modulated after feeding with purified antinutrients. **Fish & shellfish immunology**, 41(1), 70–79;

COUTO, A.; KORTNER, T.; PENN, M.; BAKKE, A. M.; KROGDAHL, A.; OLIVA-TELES, A. (2014). Effects of dietary phytosterols and soy saponins on growth, feed utilization efficiency and intestinal integrity of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, 432, 295–303;

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, 356-357, 351-356;

CRISCIONI, P.; FERNÁNDEZ, C. (2016). Effect of rice bran as a replacement for oat grain in energy and nitrogen balance, methane emissions, and milk performance of Murciano-Granadina goats. **Journal of Dairy Science**, (99)1, 280-290;

DENG, M.; CHEN, J.; GOU, J.; HOU, J.; LI, D.; HE, X. (2018). The effect of different carbon sources on water quality, microbial community and structure of biofloc systems. **Aquaculture**, 482, 103-110;

DOBBELEIR, J.; ADAM, N.; BOSSUYT, E.; BRUGGEMAN, R.; SORGELOOS, P. (1980). New aspects of the use of inert diets for high density culturing of brine shrimp. **The Brine Shrimp Artemia, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture**, 3, 165-175;

EKASARI, J.; AZHAR, M. H.; SURAWIDJAJA, E. H.; NURYATI, S.; DE SCHRYVER, P.; BOSSIER, P. (2014). Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish & Shellfish Immunology**, 41(2), 332–339;

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. (2013). Biofloc Technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. IN: MATOVIC, M. D. (2013). **Biomass now: cultivation and utilization**. IntechOpen: Canadá;

FABIAN, C.; AYUCITRA, A.; ISMADJI, S.; JU, Y. (2011). Isolation and characterization of starch from defatted rice bran. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, 42(1), 86-91;

FADEL, J. G. (1999). Quantitative analysis of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science Technology**, 79(4), 255-268;

- FARIA, S. A. DOS S. C.; BASSINELLO, P. Z.; PENTEADO, M. DE V. C. (2012). Nutritional composition of rice bran submitted to different stabilization procedures. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, 48(4), 651-657;
- FAO (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome;
- FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Sustainability in action. Rome;
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). FAOSTAT statistical database. Rome;
- GARBA, U.; SINGANUSONG, R.; JIAMYANGYUEN, S.; THONGSOOK, T. (2017). Extraction and utilization of rice bran oil: a review. **4th International Conference on Rice Bran Oil**, 4;
- GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T. G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D. J.; SOUZA, E.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, 38(6), 551-579;
- GERHARDT, A. L.; GALLO, N. B. (1998). Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. **The Journal of Nutrition**, 128(5), 865-869;
- GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; KLEEMAN, G. K.; ROCHA, D. F. (2005). Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(6), 2155-2163;
- GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; PADILHA, P. M.; BARROS, M. M.; (2007). Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(5), 1473-1480;
- GRIST, D. H. (1985). Rice. (5th ed) **Longman**: London, 599 pp;
- GUIMARÃES, I. G.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; TACHIBANA, L. (2008). Nutrient digestibility of cereal grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia. **Journal of the World Aquaculture Society**, 39(6), 781-789;
- GUL, K.; YOUSUF, B.; SINGH, A. K.; SINGH, P.; WANI, A. A. (2015). Rice bran: nutritional values and its emerging potential for development of functional food – a review. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber**, 6(1), 24-30;
- HALVER, E.; HARDY, R. W. Eds. **Fish nutrition**: 3rd Edition, Academic Press Inc, 824 pp;
- HELM, R. M.; BURKS, A. W. (1996). Hypoallergenicity of rice bran protein. **Cereal Foods World**, 41, 839-843;

HERTRAMPF, J. W.; PIEDAD-PASCUAL, F. (2000). Handbook on ingredients for aquaculture feeds. **Kluwer Academic Publishers**, 624 pp;

IAFFD – International Aquaculture Feed Formulation Database – Disponível em: <http://ww.iaffd.com> Acesso em: 10 outubro, 2020;

KANGMIN, L. (1988). Rice-fish culture in China: a review. **Aquaculture**, 71, 173-186;

KALPANADEV, C.; VASUDEVA SINGH; SUBRAMANIAN, R. (2018). Influence of milling on the nutritional composition of bran from different rice varieties. **Journal of Food Science And Technology**, 55(6), 2259–2269;

KIM, Y. E.; MYUNG, S. H.; KIM, H. S.; JUNG, W.; CHO, S. H.; JWA, M. S.; KIM, P. Y.; KIM, M. K.; PARK, M.; KIM, B. (2016). Effect of dietary substitution of sea tangle (ST), *Laminaria japonica* with rice bran (RB) on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus*). **Aquaculture Research**, 47(4) 1202-1208;

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. JR. (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, 42(5), 726-733;

LAKKAKULA, N. R.; LIMA, M.; WALKER, T. (2004). Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. **Bioresource technology**, 92(2), 157-161;

LAZO, J.; ROMAIRE, R.; REIGH, R. (1998). Evaluation of three in vitro enzyme assays for estimating protein digestibility in the pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 29(4), 441-450;

LEITE, J. S.; MELO, C. S. B.; NUNES, A. J. P. (2020). Utilization of rice byproducts as carbon sources in high-density culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 49, 1-10;

LEMOS, D.; TACON, A. G. J. (2017). Use of phytases in fish and shrimp feeds: a review. **Reviews in Aquaculture**, 9(1), 266-282;

LIMBU, S. M.; SHOKO, A. P.; LAMTANE, H. A.; KISHE-MACHUMU, M. A.; JORAM, M.; MBONDE, A.; MGANNA, H.; MGAYA, Y. (2016). Supplemental effects of mixed ingredients and rice bran on the growth performance, survival and yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* reared in fertilized earthen ponds. **SpringerPlus**, 5(5), 1-13;

LIÑAN-VIDRIALES, M.; PEÑA, A.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; ELIZONDO-GONZALEZ, R.; BARAJAS-SANDOVAL, D.; PONCE-GRACÍA, E.; RODRÍGUEZ-JARAMILLO, M.; BALCAZAR, J. L.; QUIROZ, E. G. (2021). Effect of rice bran fermented with *Bacillus* and *Lysinibacillus* species on dynamic microbial activity of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, 531;

LOUREIRO, B. B.; GOULART, F. R.; MACAGNAN, F. T.; DESCOVI, S. N.; LOVATTO, N. M.; SANTOS, T. S.; DALCIN, M. O.; da SILVA, L. P. (2019). Effects

of rice bran protein concentrate on the growth performance and digestive enzyme activities of jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy and Gaimard, 1824). **Aquaculture Nutrition**, 25(5), 1115-1123;

LUH, B. S.; BARBER, S.; BARBER, B. C. (1991) Rice bran: chemistry and technology. In: LUH, B. S. (eds) Rice. **Springer**: Boston;

MAOKA, T.; TANIMOTO, F.; SANO, M.; TSURUKAWA, K.; TSUNO, T.; TSUJIWAKI, S.; ISHIMARU, K.; TAKII, K. (2008). effects of dietary supplementation of ferulic acid and γ -oryzanol on integument color and suppression of oxidative stress in cultured Red Sea Bream, *Pagrus major*. **Journal of oleo science**, 57(2), 133-7;

MALEKIAN, F.; RAO, R. M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W.; WINDHAUSER, M.; AHMEDNA, M. (2000). Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. **LSU Agricultural Experiment Station Reports**, 870;

MANSOUR, A.; ESTEBAN, M. (2017). Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, 64, 202-209;

MEENA, D. K.; DAS, P.; KUMAR, S.; MANDAL, S. C.; PRUSTY, A. K.; SINGH, S. K.; AKHTAR, M. S.; BEHERA, B. K.; KUMAR, K.; PAL, A. K.; MUKHERJEE, S. C. (2013). Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). **Fish physiology and biochemistry**, 39(3), 431-457;

MCGOOGAN, B. B.; REIGH, R. C. (1996) Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, 141(3-4), 233-244;

MESHARAM, S.; DEO, A.; KUMAR, S.; AKLAKUR, M.; SAHU, N. P. (2018). Replacement of de-oiled rice bran by soaked and fermented sweet potato leaf meal: effect on growth performance, body composition and expression of insulin-like growth factor 1 in *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, 49(8), 2741-2750;

MONIRUZZAMAN, M.; MOLLAH, M. (2010). Effects of rice bran on growth and survival of Thai sharpunti *Barbodes gonionotus* in earthen ponds. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, 8(1), 161-171;

MONTEIRO, L. S.; MONSERRAT, J. M.; CHRIST-RIBEIRO, A.; BADIALE-FURLONG, E.; TESSER, M. B. (2020). Fermented and non-fermented whole rice bran in the production of the rotifer *Brachionus plicatilis*. **Boletim Do Instituto De Pesca**, 46(2), 1-11;

MOYLE, P. B.; CECH, J. J. (2004). Fishes:an introduction to ichthyology, **Pearson Prentice Hall**: Nature, 726 pp.;

MUIN, H.; FATAH, N. N. A.; NOR, M. H. M.; RAZAK, S. A. (2013). Rice bran replacement in *Clarias gariepinus* fingerlings diets with *Pleurotus florida* Stalk. **Sains Malaysiana**, 42(8), 1109-1114;

NAGENDRA PRASAD, M. N.; SANJAY, K. R.; KHATOKAR, S. M.; VISMAYA, M. N.; SWAMY, N. S. (2011). Health benefits of rice bran - a review. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, 1(3), 1-7;

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2016). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, 376 pp.;

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUREAU, D. P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A. P.; FORSTER, I.; GATLIN, D. M.; GOLDBURG, R. J.; HUA, K.; NICHOLS, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 106, 15103-15110;

OUIFARD, A.; SEYFABADI, J.; KENARI, A. A.; REZAEI, M. (2012). Growth and apparent digestibility of nutrients, fatty acids and amino acids in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed diets with rice protein concentrate as total and partial replacement of fish meal. **Aquaculture**, 342/343, 56-61;

PANDEY, A. (2003). Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, 13(2-3), 81-84;

PASTORE, S. C. G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.) (2016) **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática: Florianópolis, Chap.16, p. 295-346;

PAUW, N.; LAUREYS, P.; MORALES, J. (1981). Mass cultivation of *Daphnia magna* Straus on ricebran. **Aquaculture**, 25(2-3), 141-152;

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. (2007). Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, 2(1), 118-127;

PRABHAKAR, J. V.; VENKATESH, K. V. L. (1986). A simple chemical method for stabilization of rice bran. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 63, 644-646;

QIU, X.; NEORI, A.; KIM, J.; YARISH, C.; SHPIGEL, M.; GUTTMAN, L.; BEN-EZRA, D.; ODINTSOV, V.; DAVIS, D. (2018). Evaluation of green seaweed *Ulva sp.* as a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Phycology**, 30, 1305-1316;

RAGHURAM, T. C.; RUKMINI, C. (1995). Nutritional significance of rice bran oil. **The Indian journal of medical research**, 102, 241-244;

RANJAN, A.; SAHU, N. P.; DEO, A. D.; KUMAR, S.; KUMAR, S.; JAIN, K. K. (2017). Xylanase and phytase supplementation in the de-oiled rice bran (DORB) based diet

improves the growth performance of *Labeo rohita*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 6(6), 1493-1503;

RANJAN, A.; SAHU, N. P.; DEO, A. D.; KUMAR, H. S.; KUMAR, S.; JAIN, K. K. (2018). Comparative evaluation of fermented and non-fermented de-oiled rice bran with or without exogenous enzymes supplementation in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). **Fish Physiology and Biochemistry**, 44(4), 1037-1049;

ROGERS, E. J.; RICE, S. M.; NICOLOSI, R. J.; CARPENTER, D.R.; MCCLELLAND, C. A.; ROMANCZYK JR., L. J. (1993). Identification and quantitation of γ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocols in rice bran oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 70(3), 301-307;

ROMANO, N. (2017). Aquamimicry: A revolutionary concept for shrimp farming. **Global Aquaculture Advocate**, 1-5. Acesso em: 29 Jan 2021, Disponível em: <www.aquaculturealliance.org>;

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. (2018). Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, 49(12), 3691-3701;

RUAN, D.; LIN, Y. C.; CHEN, W.; WANG, S.; XIA, W. G.; FOUAD, A. M.; ZHENG, C. T. (2015). Effects of rice bran on performance, egg quality, oxidative status, yolk fatty acid composition and fatty acid metabolism-related gene expression in laying ducks. **Poultry Science**, 94(12), 2944-2951;

SANTANA, W.; LEAL, A.; SANTANA, W.; LÚCIO, M.; CASTRO, P.; CORREIA, E. (2008). Planktonic and benthic responses to different fertilizations in the *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) shrimp culture. **Boletim Do Instituto De Pesca**, 34(1), 21-27;

SAUNDERS, R. M. (1985). Rice bran: composition and potential food uses. **Food Reviews International**, 1(3), 465-495;

SERRA, F. P.; GAONA, C. A.; FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. JR. (2015). Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, 23(6), 1-15;

SHARIF, M. K.; BUTT, M. S.; ANJUM, F. M.; KHAN, S. H. (2014). Rice bran: a novel functional ingredient. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 54(6), 807-816;

SHARMA, H. R.; CHAUHAN, G. S.; KULDEEP AGRAWAL (2004). Physico-chemical characteristics of rice bran processed by dry heating and extrusion cooking. **International Journal of Food Properties**, 7(3), 603-614;

SHIAU, S.; PENG, C. (1992). Utilization of different carbohydrates at different dietary protein levels in grass prawn, *Penaeus monodon*, reared in seawater. **Aquaculture**, 101(3-4), 241-250;

SHIAU, S.; PENG, C. (1993). Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Aquaculture**, 117(3–4), 327-334;

SHOJI, Y.; MITA, T.; ISEMURA, M.; MEGA, T.; HASE, S.; ISEMURA, S.; AOYAGI, Y. (2001) A fibronectin-binding protein from rice bran with cell adhesion activity for animal tumor cells. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, 65(5), 1181–1186;

SORGELOOS, P.; BAEZA-MESA, M.; BOSSUYT, E.; BRUGGEMAN, E.; DOBBELEIR, J.; VERSICHELE, D.; LAVIÑA, E.; BERNARDINO, A. (1980). Culture of *Artemia* on rice bran: the conversion of a waste-product into highly nutritive animal protein. **Aquaculture**, 21(4), 393-396;

SRINIVASAN, M.; SUDHEER, A. R.; MENON, V. P. (2007). Ferulic acid: therapeutic potential through its antioxidant property. **Journal of clinical biochemistry and nutrition**, 40(2), 92–100;

STEIN, H. H.; CASAS, G.; ABELILLA, J.; LIU, Y; SULABO, R. (2015). Nutritional value of high fiber co-products from the copra, palm kernel, and rice industries in diets fed to pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 6(56), 1-9;

SUPRIYATI, HARYATI, T; SUSANTI, T.; SUSANA, I. W. (2015). Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, 28(2), 231–238;

TACON, A. G. J.; HASAN, M. R.; METIAN, M. (2011). Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, 564, 88 pp;

USDA, (2014). Foreign Agricultural Service, Production Supply and Distribution (PS&D) and Grain: World Markets and Trade (Grain Circular). USDA, Washington, DC;

NGUYEN, N.; HOANG, L.; KHANH, T.; HAI, P. D.; HUNG, L. T. (2018). Utilization of fermented soybean meal for fishmeal substitution in diets of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, 24(3), 1092-1100;

WANG, X.; LI, E.; WANG, S.; QIN, J.; CHEN, X.; LAI, Q.; CHEN, K.; XU, C.; GAN, L.; YU, N.; DU, Z.; CHEN, L. (2015). Protein-sparing effect of carbohydrate in the diet of white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. **Aquaculture Nutrition**, 21(6), 904-912;

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; GUL, K; WANI, I. A. (2012). Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties - a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 11(5), 417-436;

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. (1997). Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, 151, p. 185-207;

WEI, Y. F.; LIAO, S. A.; WANG, A. (2016). The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocos. **Aquaculture**, 465, 88-93;

XU, Z.; HUA, N.; GODBER, J. S. (2001). Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49(4), 2077-2081;

YANG, Q.; ZHOU, X.; ZHOU, Q.; TAN, B.; CHI, S.; DONG, X. (2009). Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. **Aquaculture Research**, 41(1), 78-86;

YANTO, H.; JUNIANTO; ROSTIKA, R.; ANDRIANI, A.; TANUWIRIA, U. H. (2018). Effect of different levels of fermented rice bran for the growth of jelawat, *Leptobarbus hoevenii*. **Nusantara Bioscience**, 10(2), 81-86;

ZAINUDDIN; ASLAMYAH, S.; MAHYUDDIN, H. (2019). Effect of carbohydrate types on water quality, proximate composition and glycogen content of white shrimp juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 253, 012003;

ZDUŃSKA, K.; DANA, A.; KOŁODZIEJCZAK, A.; ROTSZTEJN, H. (2018). Antioxidant properties of ferulic acid and its possible application. **Skin pharmacology and physiology**, 31(6), 332–336.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ DESENGORDURADO FERMENTADO POR *Rhizopus oryzae* EM DIETAS DE JUVENIS DE TAINHA *Mugil liza*

Autores: Tomaz Soligo de Mello Ayres; José María Monserrat; Eliana Badiale Furlong;
Anelise Christ Ribeiro; Marcelo Borges Tesser;

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade
Federal do Rio Grande (PPGAq-IO-FURG) Rua do Hotel, nº2, Cassino, Rio Grande,
RS, Brasil. CEP: 96210-030

Artigo científico a ser submetido na *Aquaculture Nutrition*

RESUMO

O farelo de arroz desengordurado é um subproduto obtido no beneficiamento do arroz e caracteriza-se como fonte rica de energia de baixo custo e já foi explorado em diversos segmentos da produção animal. O farelo, devido ao conteúdo de carboidratos, pode ser utilizado como substrato para a técnica de fermentação em estado sólido. O presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de níveis crescentes de inclusão do farelo de arroz desengordurado fermentado por *Rhizopus oryzae* em dietas de juvenis de tainha *Mugil liza*, aferindo parâmetros de crescimento, composição proximal de carcaça e peroxidação lipídica em amostras de fígado e intestino. Foram formuladas seis dietas experimentais dentre elas o tratamento controle isento de farelo de arroz, o tratamento AR20% com inclusão de 20% de farelo de arroz desengordurado sem fermentação e 10, 20, 30 e 40% de inclusão de farelo fermentado por *R. oryzae*. Para o delineamento experimental 216 juvenis de tainha ($2,10 \pm 0,04\text{g}$) foram alocados em sistema de recirculação compondo 18 tanques, divididos em seis tratamentos e três repetições, sendo 12 peixes por unidade experimental. O período experimental teve duração de 50 dias e foram alimentados até saciedade aparente três vezes ao dia. Foram avaliados desempenho zootécnico a partir de parâmetros de crescimento como o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, a conversão alimentar aparente e a taxa de retenção de nutrientes dos animais. Também foram avaliados os índices lipo e hepatossomático, peroxidação lipídica do intestino e fígado e composição proximal das carcaças dos juvenis. Ao fim do experimento não foi constatada mortalidade e os parâmetros de qualidade de água se mantiveram dentro das condições adequadas. As variáveis de desempenho zootécnico foram comprometidas a partir de 20% de inclusão do farelo de arroz fermentado, demonstrando prejuízos no crescimento com os níveis de inclusão do subproduto fermentado. Em relação a análise de peroxidação lipídica não foram constatadas diferenças significativas nos tecidos avaliados neste estudo. Contudo, na composição proximal das carcaças foi verificado a redução da concentração de lipídios de acordo com maiores níveis de inclusão de fermentado, sendo o tratamento controle a maior concentração de 9,7% de extrato etéreo e o tratamento de 40% de inclusão a menor concentração de lipídio nas carcaças de 7,7%, enquanto que o teor de cinzas dos animais se elevou conforme o aumento da inclusão do ingrediente teste. De acordo com os resultados do presente estudo, foi recomendada a inclusão máxima de 10% de farelo de arroz desengordurado fermentado por *R. oryzae* em dietas de juvenis de tainha *M. liza*.

Palavras-Chave: Nutrição de peixes; Fungos filamentosos; Fermentação em estado sólido; Mugilídeos

ABSTRACT

The defatted rice bran is presented as one of the by-products obtained in the rice processing. This food is considered a low-cost energy source and has already been explored in several sectors of animal production. Rice bran, a source of carbohydrates, can be used as a substrate for the solid-state fermentation technique. The present study aimed to evaluate the use of increasing levels of inclusion of defatted rice bran fermented by *Rhizopus oryzae* in diets of juvenile *Mugil liza* mullets, measuring growth parameters, proximal carcass composition and lipid peroxidation in liver and intestine samples. Six experimental diets were formulated, among them the rice bran-free control treatment, the AR20% treatment with the inclusion of 20% defatted rice bran without fermentation and 10, 20, 30 and 40% inclusion of fermented bran by *R. oryzae*. For the experimental design, 216 mullet juveniles (2.10 ± 0.04) were allocated in a recirculation system comprising 18 tanks, divided into six treatments and three repetitions, with 12 fish per experimental unit. The experimental period lasted 50 days and were fed until apparent satiety three times a day. Zootechnical performance was evaluated based on growth parameters such as weight gain, specific growth rate, apparent feed conversion and nutrient retention rate of the animals. Liposomatic and hepatosomatic indexes, lipid peroxidation of the intestine and liver and proximal composition of juvenile carcasses were also evaluated. At the end of the experiment, no mortality was found and the water quality parameters were kept within the proper conditions. Considering the zootechnical performance, it was possible to notice that from 20% of inclusion of fermented rice bran, growth was compromised, showing an inversely proportional relationship of growth with the inclusion levels of the fermented by-product. Regarding the analysis of lipid peroxidation, no significant differences were found in the tissues evaluated in this study. However, in the proximal composition of the carcasses, a reduction in the concentration of lipids was observed according to higher levels of fermented inclusion, with the control treatment the highest concentration of 9.74% of ether extract and the treatment of 40% inclusion the lowest. lipid concentration in the carcasses of 7.74, while the ash content of the animals increased according to the increased inclusion of the test ingredient. According to the results of the present study, a maximum inclusion of 10% defatted rice bran fermented by *R. oryzae* in the diet of juvenile mullet *M. liza* was recommended.

Key words: Fish nutrition; Filamentous fungi; Solid state fermentation; Mugilids

INTRODUÇÃO

O farelo de arroz (RB do inglês rice bran) é obtido durante o processamento do grão de arroz sendo retirado da camada intermediária do grão, composto principalmente pela película entre a casca e o endosperma (GUL *et al.* 2015). No momento do polimento do grão de arroz separa-se esta mistura de farelo e gérmen denominada RB, uma fonte de energia de baixo custo que pode ser utilizada na alimentação de animais de produção (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Posterior a esta etapa de polimento o RB pode ser direcionado para retirada da fração de lipídio (GARBA *et al.* 2017), gerando um subproduto secundário denominado RB desengordurado, insumo utilizado neste estudo.

A fermentação em estado sólido é caracterizada pela ausência ou baixa utilização de água livre. Determinados microrganismos como leveduras e fungos filamentosos, podem se desenvolver em substratos sólidos (AIDOO, HENRY, WOOD 1982). Dentre eles, os fungos filamentosos têm sido considerados mais adaptados a este tipo de fermentação, uma vez que suas hifas crescem penetrando os espaços entre as partículas de uma superfície, colonizando assim, os substratos sólidos (DESWAL, KHASA, KUHAD 2011; MAURYA *et al.* 2012). O fungo *Rhizopus oryzae* é considerado “GRAS” (geralmente reconhecido como seguro) e pode ser aproveitado industrialmente para obtenção de bioativos (LONDOÑO-HERNÁNDEZA *et al.* 2017). Estes autores relataram que a espécie citada pode ser encontrada em ambiente natural, principalmente em regiões tropicais e subtropicais e já foi constatada em diversos substratos bem como, solos, vegetais, frutas e sementes.

A utilização deste fungo para fermentação promove a ativação de fitases endógenas do RB, acarretando na diminuição do teor de fitatos e aumento na concentração de proteína, fosfolipídios e fitoquímicos, se tornando assim, um potencial ingrediente para a indústria alimentícia (OLIVEIRA *et al.* 2010; CHRIST-RIBEIRO, 2017). Além disso, fermentação em estado sólido do RB com *R. oryzae* se demonstrou eficiente para obtenção de ingrediente com maior disponibilidade de ácidos fenólicos como o ferúlico e gálico (CHRIST-RIBEIRO *et al.* 2019) e a redução dos níveis de ácidos graxos saturados e aumento da parcela insaturada no RB fermentado em comparação ao não fermentado (MASSAROLO *et al.* 2016). Estes autores também verificaram a redução de fósforo (P) orgânico e aumento considerável da parcela de P inorgânico do RB fermentado.

Os polifenóis são diferentes compostos derivados de plantas, tais como flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos e estilbenos, estes bioativo, quando presentes em dietas para aquicultura podem promover benefícios para os organismos aquáticos pela contribuição antioxidante (AHMADIFAR *et al.* 2020). O aproveitamento dos polifenóis pode variar em função de aspectos como a espécie a ser alimentada, a dose ofertada e o tipo de polifenol em questão, portanto seu uso deve ser ponderado, tendo em vista que concentrações elevadas de determinados bioativos podem ocasionar efeitos deletérios para o organismo (MENNEN *et al.* 2005). De acordo com Oliveira *et al.* 2012, a fermentação em estado sólido do RB com *Rhizopus oryzae* possibilita a intensificação da capacidade antioxidante do alimento, uma vez que com 72 horas de fermentação foi verificada aumento concentração de ácido fenólico.

Em estudo avaliando diferentes níveis de inclusão de RB fermentado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para o ciprinídeo *Leptobarbus hoevenii* foi possível incluir aproximadamente 26% de RB fermentado na dieta (YANTO *et al.* 2018). Ainda, estes autores demonstraram que o aumento da inclusão de RB fermentado estimulou atividade da enzima amilase no intestino dos juvenis, além do aumento da retenção proteica e lipídica, crescimento diário e eficiência alimentar, quando comparado a dieta sem farelo fermentado. Diferentes pesquisas já foram realizadas utilizando o RB em dietas para peixes (RANJAN *et al.* 2017/2018; KUMAR, SAHU, RANJAN, 2018), demonstrando que este subproduto garante aplicabilidade.

A espécie *M. liza* pertence família a *Mugilidae* e a ordem dos Mugiliformes (GONZÁLES-CASTRO; GHASEMZADEH, 2016), é nativa da América do Sul e habita, majoritariamente, a zona costeira do oceano Atlântico (MENEZES, OLIVEIRA, NIRCHIO 2010; SICCHA-RAMIREZ *et al.* 2014). A tainha apresenta hábito alimentar zooplânctófago na fase larval, passando a ser iliófaga quando juvenil (VIEIRA, SCALABRIN, 1991). Outra característica relevante da espécie, diz respeito a porção pilórica do estômago, que surge a partir de 60 dias de vida (GALVÃO *et al.* 1997). Esta região citada se assemelha a moela das aves, capaz de contribuir com a digestão mecânica do alimento, triturando detritos, vegetais, entre outras fontes alimentares.

Apesar do crescimento da aquicultura, a maior porção da produção de Mugilídeos é abastecida pela pesca (CROSETTI, 2016). Segundo Neto e Dias (2015) o gênero das tainhas representa grande importância para a pesca marinha e estuarina no Brasil, sendo considerada valioso recurso para pesca industrial, artesanal e subsistência. No entanto, a produção mundial aquícola da tainha vem avançando, enquanto que por outro lado, a

pesca da espécie evidencia potencial risco para os estoques pesqueiros (PANFILI *et al.* 2016). De acordo com Miranda-Filho *et al.* (2013) a tainha apresenta-se enquanto espécie potencial para utilização em atividades aquícolas, uma vez que possui características tais como: manejo alimentar simples, aceitabilidade de alimento inerte, tolerância a diferentes níveis de salinidade e temperatura, além de tolerar condições de confinamento.

Diferentes pesquisas na área de nutrição da aquicultura já foram conduzidas com a tainha *M. liza* como modelo biológico, tais como: avaliação da inclusão de diferentes níveis de dextrina na formulação da ração e respostas de crescimento, índices hematológicos e concentração de glicogênio e triglicerídeo hepático (ZAMORA-SILLERO *et al.* 2013); uso de polissacarídeos não amiláceos como parte das dietas e a utilização da *Spirulina Arthrospira platensis* e óleo de linhaça enquanto substitutos para farinha e óleo de peixe (ROSAS *et al.* 2019). Considerando estes estudos que validam a espécie como modelo biológico para aquicultura, além da grande disponibilidade de RB e sua aplicabilidade enquanto substrato de fermentação em estado sólido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de crescentes níveis de inclusão do RB desengordurado fermentado por *Rhizopus oryzae* em dietas de juvenis de tainha *Mugil liza*, aferindo parâmetros de crescimento, composição proximal de carcaça e peroxidação lipídica em amostras de fígado e intestino.

MATERIAL E MÉTODOS

Fermentação em estado sólido do farelo de arroz desengordurado

O processo de fermentação foi realizado no Laboratório de Micotoxinas da Escola de Química e Alimentos da FURG utilizando como substrato o RB desengordurado. O fungo *Rhizopus oryzae* CCT 7560 foi inoculado no farelo e então mantidos em biorreatores de bandeja adicionados de solução nutriente (2 g/L KH_2PO_4 , 1 g/L MgSO_4 , e 1,8 g/L NH_2CONH_2) e a umidade ajustada com água destilada a 50% (CHRIST-RIBEIRO *et al.* 2019). A fermentação teve duração de 96 horas com temperatura constante de 30°C e ao final, o produto obtido foi imediatamente congelado a -20 °C. Posteriormente, a biomassa foi liofilizada durante 48 horas, triturada e então novamente armazenada em freezer, até o momento da formulação das dietas experimentais.

Formulação das dietas experimentais

Seis dietas isoproteicas (35% proteína bruta) foram formuladas com diferentes níveis de inclusão de RB fermentado de modo a atender exigências de proteína bruta da espécie de acordo com Carvalho *et al.* (2010). O tratamento controle não incluiu o RB, tendo como principal fonte energética o amido dextrinizado. Foram delimitados quatro níveis de inclusão de 10%, 20%, 30% e 40% de RB fermentado. Visando obter resultados que demonstrassem efeitos do processo de fermentação do insumo, foi estabelecido um tratamento (AR20%) com 20% de inclusão do RB desengordurado, não fermentado.

Tabela 1 – Formulações e composição proximal das dietas experimentais

Alimentos	AR20%	CONT%	10%	20%	30%	40%
Farinha de peixe (%)	49	55,5	51,5	47,5	43,5	39,5
Caseína (%)	6	6	6	6	6	6
Gelatina (%)	1	1	1	1	1	1
Amido dextrinizado (%)	12	23	18,5	14	9,5	5
Farelo de arroz (%)	20	-	-	-	-	-
Farelo de arroz fermentado (%)	-	-	10	20	30	40
Óleo de peixe (%)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Celulose (%)	6	8,5	7	5,50	4	2,5
Mistura mineral e vit. (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Estimativa de polifenóis totais do RB (g polifenóis/g ração)	0,41	-	0,42	0,84	1,26	1,68
Matéria Seca (%)	94,6	91,8	92	91,7	91,9	92
Proteína Bruta (%)	37,9	37,3	37	36,3	38	38
Extrato Etéreo (%)	8,2	8,1	8	8,6	8,1	7,8
Cinzas (%)	18,9	20,6	19,7	19,1	21,8	22,4
Fibra Bruta (%)	8,4	8,2	8,1	8,5	8,4	8,7
ENN (%)	26,6	25,8	27,1	27,5	23,6	23

Legenda: AR20 – Farelo de arroz desengordurado sem fermentação; CONT – Controle;

EE – Extrato etéreo; ENN - Extrativo não nitrogenado; PT – Polifênóis totais

*Estimado de acordo com resultados de Christ-Ribeiro (2017)

O preparo das dietas experimentais foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismo Aquáticos, onde os ingredientes foram moídos, peneirados e pesados nas devidas proporções. Inicialmente, os macroingredientes foram misturados, bem como os microingredientes, em seguida foi adicionado o óleo, enquanto a umidade da mistura foi ajustada até adquirir consistência ideal. Ao final, a massa obtida foi peletizada utilizando moedor de carne (Metalúrgica 9000, PC-22), seca em estufa (Marconi, MA035) durante 24 horas a 60 °C e armazenada em freezer até posterior utilização.

Coleta e aclimação

A autorização para captura dos juvenis de tainha *M. liza* foi obtida com SISBIO, ao passo que a licença para a condução do experimento foi emitida pelo Comitê de Ética em Uso Animal (CEUA - FURG). Em seguida, o total de 236 juvenis de tainha foi coletado na zona de arrebentação na praia do Cassino, Rio Grande - RS, por meio de rede de arrasto e transportado imediatamente à Estação Marinha de Aquicultura. Os peixes foram alocados em sistema de recirculação do laboratório de piscicultura marinha e estuária (LAPEM), divididos em três tanques de 300 litros e mantidos em condição de

aclimação durante 15 dias, alimentados com ração comercial (42% proteína bruta) três vezes ao dia (9:00. 12:30 e 16:00).

As variáveis de qualidade de água aferidas diariamente foram: oxigênio dissolvido ($6,87 \pm 0,44\%$ ppm), temperatura ($25,6 \pm 0,40^\circ\text{C}$), pH ($7,98 \pm 0,07$) e salinidade ($31 \pm 1,02$ ppt). Além disso, a concentração de amônia ($0,13 \pm 0,05$ mg/L), alcalinidade ($149 \pm 5,48$ mg/L) e nitrito ($0,01 \pm 0,00$ µg/L) foram mensuradas com intervalos de dois dias. As metodologias de análise de qualidade de água adotadas neste estudo são descritas por APHA (2012), UNESCO (1983) e Aminot e Chaussepied (1983).

Delineamento experimental

Após o período de aclimação, grupos de doze animais com peso de aproximadamente $2,10 \pm 0,04$ gramas, foram aleatoriamente distribuídos em 18 tanques de 70 litros, totalizando seis tratamentos e três repetições. O sistema de recirculação utilizado no experimento possui sistema de filtração biológica e *skimmer* de proteína e os tanques com revestimento de cor preta, possuíam estrutura retangular (70cm x 40cm).

O experimento teve duração de 50 dias, período em que os animais foram alimentados três vezes ao dia, conforme recomendado por Silva *et al.* (2020) nos horários 9:00 12:30 16:00. O alimento foi ofertado até garantir a saciedade aparente (*ad libitum*). As variáveis de qualidade de água aferidas diariamente foram: oxigênio dissolvido; temperatura; pH, amônia e salinidade. Também, a concentração de nitrito e alcalinidade foi mensurada com intervalo de dois dias enquanto nitrato e fosfato aferido semanalmente.

Desempenho zootécnico

Ao início do ensaio de desempenho zootécnico ($n=216$) os juvenis de tainha foram submetidos a biometria inicial, para isso foram anestesiados de acordo com Braz *et al.* (2018) utilizando cloridrato de benzocaína na concentração de 50ppm. Após aferir o peso, os peixes foram distribuídos casualmente nos tanques do sistema de recirculação. Além disso, outros 20 peixes foram eutanasiados por overdose de anestésico (cloridrato de benzocaina 500 ppm) e armazenados em freezer para análise da composição proximal.

Para avaliar desempenho zootécnico do juvenis, foram utilizadas as seguintes variáveis e suas respectivas equações: taxa de sobrevivência (TS) (%) = $100 \times (\text{numero final de peixes} / \text{numero inicial de peixes})$; ganho de peso (GP) (g) = $P_f - P_i$; taxa crescimento específico (TCE) = $[(\ln P_f - \ln P_i) / \text{no dias transcorridos}] \times 100$; conversão

alimentar aparente (CAA) (g.) = RC/GP; taxa de retenção proteica (TRP) = $100 \times (\text{proteína corporal final} \times P - \text{proteína corporal inicial} \times P) / \text{consumo em proteína (MS)}$; taxa de retenção lipídica (TRL)= $100 \times (\text{lipídio corporal final} \times P - \text{lipídio corporal inicial} \times P) / \text{consumo em lipídio (MS)}$; índice hepato-somático (IHS) (%) = $100 \times (\text{peso do fígado fresco} / \text{peso corporal})$; índice lipossomático (ILS) (%) = $100 \times (\text{peso do tecido adiposo perivisceral} / \text{peso corporal})$. Onde: P = peso inicial (g) e P= peso final (g), RC= Ração consumida (g) e GP = Ganho de peso (g).

Ao fim do experimento, os juvenis foram submetidos a jejum de 24 horas e então eutanasiados por overdose de anestésico (cloridrato de benzocaína 500 ppm). Em seguida foram pesados e preparados para extração o material biológico necessário para as análises propostas. Os órgãos coletados na dissecação foram fígado e intestino. O material obtido na coleta foi devidamente identificado e congelado, imediatamente, em nitrogênio líquido, em seguida foram mantidos e ultrafreezer (-80°C).

Análises bromatológicas

A determinação da composição proximal de ingredientes, dietas e peixes ocorreu no Laboratório de Nutrição de Organismo Aquáticos (LANOA). Seguindo métodos descritos em AOAC (2000). O teor de matéria seca foi obtido pelo método de determinação de umidade em estufa a 70 °C até peso constante, a proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl utilizando destilador de nitrogênio, o teor de gordura bruta foi determinado utilizando extrator de Soxhlet a partir da extração por solvente (éter de petróleo). Posteriormente o teor de cinzas foi obtido por método gravimétrico em forno mufla a 600 °C e a fibra bruta pelo método de Silva e Queiroz (2009).

Estresse oxidativo

As amostras de fígado e intestino dos juvenis de tainha foram homogeneizadas (1:5 w/v) em solução tampão de GCL (Tris-HCl-100 mM; EDTA – 2 mM e MgCl₂.6 H₂O – 5 mM) e a desintegração celular destes tecidos se deu em processador ultrasônico. Em seguida o produto foi centrifugado (10.000 x g, 20 minutos, 4 °C) e o sobrenadante coletado. O teor total de proteínas destas amostras de sobrenadante foi determinado em leitor de microplacas (BioTek LX 800) usando kit comercial (Doles®) baseado no ensaio Biureto (550 nm).

Os níveis de peroxidação lipídica foram mensurados de acordo com método descrito por Oakes e Van Der Kraak (2003). Para determinar as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) pelo MDA (malondialdeído), 20 µL da solução de BHT (67 µM), 150 µL de solução de ácido acético a 20%, 150 µL de solução de TBA a 0,8%, 50 µL de água de Milli-Q, e 20 µL de SDS a 8,1% foram adicionados às amostras (Intestinos e fígados: 82,4µL), antes de serem aquecidos a 95 °C em banho maria, durante 30 minutos. Posteriormente, 100 µL de água de Milli-Q e 500 µL de n-butanol foram adicionados à solução final. O sobrenadante remanescente após a centrifugação (3.000 x g, 10 minutos, 15 °C) foi usado para determinar a fluorescência (excitação: 520 nm; emissão: 580 nm) e os resultados foram expressos como nmol TMP 24 mg tecido proteína⁻¹. TMP representa tetrametoxipropano o qual foi utilizado como padrão.

Análise estatística

Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade de variância e posteriormente foram tratados estatisticamente utilizando análise de variância de uma via (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%. Para tais procedimentos foi utilizado o software *Statistica 7.0*.

RESULTADOS

Fermentação em estado sólido do farelo de arroz desengordurado

A Tabela 2 apresenta valores de composição proximal do RB desengordurado antes e após a fermentação com fungo *Rhizopus oryzae* durante 72 horas.

Tabela 2 – Composição proximal do farelo de arroz desengordurado

	Matéria Seca (%)	Proteína Bruta (%)	Extrato Etéreo (%)	Cinzas (%)	Fibra Bruta (%)	Extrativo Não Nitrogenado (%)	CFT* (µg/g farelo de arroz ⁻¹)
Farelo de arroz	87,36	15,21±0,21	1,46±0,11	12,50±0,12	7,66±0,23	63,16±0,06	2050 µg/g
Farelo de arroz fermentado	87,69	20,11±0,61	1,56±0,05	16,35±0,30	13,17±0,58	48,41±0,66	4200 µg/g

Legenda: CFT – Compostos fenólicos totais

* Valores estimados de acordo com Christ-Ribeiro (2017)

Qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água não apresentaram diferença significativas durante o período experimental. A salinidade permaneceu $32 \pm 1,37$ ppt, as médias de temperatura mantiveram-se próximo de $26,15 \text{ °C} \pm 0,40$, enquanto o oxigênio dissolvido $6,40 \pm 0,22$ mg/L, pH médio de $7,94 \pm 0,18$ e alcalinidade $143 \pm 10,36$, amônia total $0,19 \pm 0,09$ mg/L nitrito $0,08 \pm 0,07$ µg/L, nitrato $17,54 \pm 7,31$ µg/L e o ortofosfato $2,48 \pm 1,99$ mg/L.

Desempenho Zootécnico e Índices Somáticos

Os resultados referentes ao desempenho zootécnico foram relatados na Tabela 4. Os parâmetros de crescimento apresentaram gradual redução de acordo com os crescentes níveis de inclusão do alimento testado neste estudo. O tratamento com maior nível de inclusão do RB fermentado pelo fungo *R. oryzae* exibiu a maior taxa de conversão alimentar sendo de 2,91%, afirmando a baixa eficiência da dieta em questão e comparação ao controle de 1,91%. Os juvenis alimentados com a inclusão de 10% de RB, apresentaram as variáveis de desempenho próximo do tratamento controle e AR20%, não apresentando diferença estatística entre estes tratamentos. A partir de 20% de inclusão do RB fermentado, o crescimento foi reduzindo, ao passo que a taxa de conversão alimentar foi aumentando. Os tratamentos de 30 e 40% de inclusão representaram os menores

valores em relação ao peso médio final e em parâmetros de ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente.

Tabela 3 – Desempenho zootécnico dos juvenis de *M. liza*

	AR 20 %	CONT	10%	20%	30%	40%
Sobrevivência (%)	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
In W (g)	2,07 ± 0,04	2,08 ± 0,06	2,09 ± 0,04	2,08 ± 0,03	2,11 ± 0,03	2,08 ± 0,01
Fi W (g)	14,87±1,03 ^a	14,34±1,08 ^a	12,81±0,46 ^{ab}	11,61±0,90 ^{bc}	11,25±0,70 ^{bc}	9,42±0,67 ^c
WG (g)	12,74±1,05 ^a	12,26±1,05 ^a	10,72±0,45 ^{ab}	9,46±0,90 ^{bc}	9,14±0,68 ^{bc}	7,33±0,66 ^c
SGR (%/dia)	3,88±0,26 ^a	3,86±0,13 ^a	3,63±0,08 ^{ab}	3,37±0,18 ^{bc}	3,34±0,10 ^{bc}	3,01±0,13 ^c
FCR	1,93±0,23 ^{ab}	1,91±0,16 ^a	2,19±0,16 ^{abc}	2,55±0,14 ^{cd}	2,41±0,18 ^{bc}	2,91±0,18 ^d
Consumo Individual (g/dias)	24,54 ± 1,61 ^a	23,38 ± 0,20 ^a	23,44 ± 1,02 ^a	24,11 ± 0,99 ^a	22,03 ± 0,97 ^a	21,36 ± 2,44 ^a
TRP (%)	22,70 ^a ±0,06	23,29 ^a ±0,33	20,69 ^b ±0,61	18,00 ^c ±0,70	18,29 ^c ±0,29	14,39 ^d ±0,30
TRL (%)	13,89 ^a ±0,78	13,86 ^a ±0,42	10,92 ^b ±0,36	9,36 ^c ±0,80	8,67 ^c ±0,18	7,18 ^d ±0,38

Legenda - Valores são expressos como médias ± DP de três repetições. Letras semelhantes na mesma linha demonstram ausência de diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Sobrev. - Sobrevivência; In W - peso inicial; Fi W - peso final; SGR - Taxa de crescimento específico; FCR - taxa de conversão alimentar; WG - Ganho de peso; TRP – Taxa de retenção proteica; TRL – Taxa de retenção lipídica.

Os índices somáticos foram apresentados na Tabela 5. Foi observada diferença significativa no índice hepatossomático do tratamento controle, demonstrando fígado maior que os demais tratamentos do experimento. Para o índice lipossomático não foi observada diferença significativa entre as dietas experimentais.

Tabela 4 - Índice hepatossomático (IHS) e lipossomático (ILS) de juvenis de *M. liza*

	AR20%	CONT	10%	20%	30%	40%
IHS (%)	1,49±0,14 ^{ab}	1,68±0,07 ^a	1,31±0,20 ^{ab}	1,35±0,11 ^{ab}	1,25±0,17 ^b	1,22±0,11 ^b
ILS (%)	2,11±0,51 ^a	1,91±0,38 ^a	1,56±0,85 ^a	1,76±0,64 ^a	1,69±0,58 ^a	1,31±0,26 ^a

Legenda - Valores são expressos como médias ± (Desvio padrão) de três repetições. Letras semelhantes na mesma linha demonstram ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Composição proximal

A determinação da composição proximal da carcaça dos juvenis de *M. liza* foram relatadas na Tabela 6. Para umidade e proteína bruta não foi observada diferença significativa nas diferentes carcaças analisadas, enquanto que o extrato etéreo e cinzas foram influenciados pelas diferentes dietas experimentais. A fração lipídica das carcaças dos tratamentos controle e AR20% foram maiores quando comparadas as dietas

experimentais com RB fermentado, sendo 20%, 30% e 40% as menos gordurosas. Para as cinzas foi verificado que as dietas contendo elevadas concentrações de RB fermentado acarretaram carcaças com maior porção de minerais, sendo os tratamentos de 20, 30 e 40% de inclusão com maior concentração de cinzas.

Tabela 5 – Composição proximal de carcaças *in natura* de juvenis de *M. liza*

	INICIAL	AR20%	CONT	10%	20%	30%	40%
Umidade (%)	68,93	68,38 ^a ±1,93	68 ^a ±0,91	68,57 ^a ±0,27	69,03 ^a ±1,09	69,23 ^a ±0,46	70 ^a ±1,23
Proteína bruta (%)	15,89	16,42 ^a ±0,04	16,46 ^a ±0,20	16,61 ^a ±0,41	16,43 ^a ±0,53	16,62 ^a ±0,22	15,92 ^a ±0,26
Extrato etéreo (%)	9,47	9,40 ^a ±0,52	9,74 ^a ±0,29	8,61 ^{ab} ±0,28	8,14 ^b ±0,69	7,81 ^b ±0,16	7,74 ^b ±0,40
Cinzas (%)	4,82	4,24 ^d ±0,18	4,35 ^{cd} ±0,12	4,47 ^{bcd} ±0,11	4,77 ^{abc} ±0,30	5,05 ^a ±0,06	4,83 ^{ab} ±0,16

Legenda - Valores são expressos como médias ± (Desvio padrão) de três repetições. Letras semelhantes na mesma linha demonstram ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Estresse oxidativo

As dietas experimentais não alteraram níveis de peroxidação lipídica dos órgãos analisados neste estudo, os resultados foram expressos em nmol de MDA/mg proteína do tecido. Os valores obtidos podem ser conferidos na Tabela 7.

Tabela 7 – Peroxidação lipídica de tecidos de juvenis de *M. liza*

	AR20%	CONT	10%	20%	30%	40%
Intestino (nmol MDA/mg prot ⁻¹)	0,0123 ^a ±0,0007	0,0133 ^a ±0,0009	0,0104 ^a ±0,0006	0,0112 ^a ±0,0028	0,0135 ^a ±0,0023	0,0100 ^a ±0,0018
Fígado (nmol MDA/mg prot ⁻¹)	0,0079 ^a ±0,0017	0,0068 ^a ±0,0004	0,0087 ^a ±0,0007	0,0089 ^a ±0,0018	0,0097 ^a ±0,0015	0,0091 ^a ±0,0016

Legenda - Valores são expressos como médias ± (Desvio padrão) de três repetições. Letras semelhantes na mesma linha demonstram ausência de diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

DISCUSSÃO

O processo de fermentação em estado sólido do RB por *Rhizopus oryzae* é uma técnica já aperfeiçoada pelo Laboratório de Micotoxinas e Ciência de Alimentos, uma vez que diversos trabalhos no tema já foram divulgados (FEDDERN, BADIALE-FURLONG, SOARES, 2007; OLIVERA *et al.* 2010; KUPSKI *et al.* 2012; CHRIST-RIBEIRO, 2017; CHRIST-RIBEIRO *et al.* 2019). Olivera *et al.* (2010) demonstraram que este processo de fermentação possibilitou aumento de aproximadamente 40% na

concentração de proteína da biomassa a partir de 72 horas de fermentação, além disso Kupski *et al.* (2012) também relataram aumento de 40,6% da fração proteica com mesmo tempo de fermentação. No presente estudo o RB desengordurado com 15,2% de proteína bruta foi fermentado por 72 horas e passou a ter 20,1% após o processo, representando aumento de 32,2% da fração primordial de proteína.

Em relação a cinzas e fibra bruta, assim como o estudo de Christ-Ribeiro (2017), o processo de fermentação do RB desengordurado por 72 horas ocasionou biomassa com maior concentração de ambas, sendo 9,5% e 14% respectivamente. O presente estudo utilizou RB desengordurado, o que pode ter justificado a pequena alteração da concentração de lipídio após fermentado. O RB é considerado um alimento energético e sua inclusão em dietas pode ser limitada pelo seu alto teor de fibra (HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Peixes não possuem exigência de carboidratos, até mesmo carecem de enzimas capazes de quebrar ligações do tipo β sendo incapazes de digerir celulose, portanto recomenda-se que a concentração de fibra dietética em dietas seja o mínimo possível sem exceder 10% da formulação (NRC, 2011).

O extrativo não nitrogenado faz referência a uma estimativa dos carboidratos não estruturais como amido, açúcares e pectina, no presente estudo essa concentração foi reduzida com a fermentação. Durante este processo, ocorre a hidrólise de frações do carboidrato para glicose, que é consumida pelo fungo durante a fermentação, que por sua vez, provoca redução da parcela de açúcares redutores a partir de 24 horas de fermentação (OLIVEIRA *et al.* 2010). Estas modulações dos nutrientes do RB depois de aplicada a técnica de fermentação com o fungo *R. oryzae*, possivelmente influenciaram o aproveitamento das dietas pelos peixes devido a redução da fração de carboidratos passíveis de digestão pelos juvenis.

Avaliando os parâmetros de crescimento dos animais alimentados com as dietas experimentais, a inclusão de até 10% do RB fermentado não comprometeu o crescimento de juvenis de tainha *M. liza*. O desempenho zootécnico dos tratamentos controle, AR20% e 10% não diferiram estatisticamente, no entanto a partir de 20% de inclusão o crescimento dos animais e a eficiência alimentar foi gradativamente reduzindo e a máxima inclusão de 40% teve o pior desempenho entre as dietas testadas. A partir destes resultados foi evidenciado que o peso final e as variáveis ganho de peso e taxa de crescimento específico foram reduzindo, ao passo que os níveis de inclusão de RB fermentado foram aumentando.

Níveis de inclusão semelhantes já foram testados avaliando o crescimento de juvenis de *Leptobarbus hoevenii* alimentados com RB fermentado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, contudo, relataram que o tratamento de 30% de inclusão foi representado pelos peixes com maior peso final, ganho de peso diário e melhor eficiência alimentar (YANTO *et al.* 2018). Estes mesmos autores apontaram o nível ótimo de 25,66-26,78% de inclusão do RB fermentado. Apesar dos níveis de inclusão e substrato fermentado serem iguais, a metodologia de fermentação e espécie utilizada no estudo de Yanto *et al.* (2018) divergem. O processo de fermentação abrange diferentes microrganismos, tais como fungos, bactérias e leveduras, além de duas principais modalidades denominadas fermentação em estado sólido (PANDEY, 2003) e fermentação submersa, estas distinções da técnica influenciam em diferentes produtos finais.

Os índices somáticos aferidos neste estudo consistiram no ILS, que não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, e IHS que se comportou apresentando maior valor para o tratamento controle e menores para tratamento de 30 e 40%, estes resultados apontam que os crescentes níveis de inclusão do RB fermentado acarretaram em fígados com tamanho reduzidos. Estes índices morfométricos podem ser apontados como uma medida visual e quantitativa da reserva energética dos peixes, sendo influenciado por aspectos como nutrição e reprodução (JENSEN, 1979; LAMBERT, DUTIL, 1997). Considerando estes aspectos, os índices somáticos possivelmente demonstram que a dieta controle e AR20% apresentaram maior disponibilidade e aproveitamento de energia nas dietas experimentais.

Observando a taxa de retenção proteica dos juvenis é evidente que ocorreu baixo aproveitamento deste nutriente das dietas experimentais com RB fermentado, uma vez que a composição de carcaça também pode ser indicativa de qualidade de uma dieta (LIE, 2001). Avaliando a digestibilidade *in vitro* do RB desengordurado fermentado por *Rhizopus sp.*, Silveira e Badiale-Furlong (2009) verificaram que o produto da fermentação apresentou redução de aproximadamente 49% na digestibilidade de proteína, estes prejuízos na digestibilidade proteica do RB após a fermentação com *R. oryzae* também foram publicados por Ranjan *et al.* (2019). Estes resultados, evidenciam que técnica de fermentação em estado sólido utilizando o fungo filamentosso *R. oryzae* pode ter ocasionado menor aproveitamento da fração proteica das dietas devido a menor digestibilidade de proteína do RB quando fermentado por este organismo.

As dietas foram formuladas de maneira isoproteica, além de todos os tratamentos receberam a mesma porção de óleo de peixe na formulação, portanto é possível assumir que o aproveitamento das dietas deste estudo se deu em função da composição das rações e ingredientes utilizados. A capacidade dos peixes de aproveitarem os nutrientes disponíveis no alimento, se expressam em sua composição corporal. No presente estudo, a composição proximal das carcaças dos peixes alimentados com diferentes dietas também apresentou oscilações de acordo com os tratamentos. A parcela de lipídios foi reduzindo com maiores inclusões do farelo, do mesmo modo, a retenção lipídica nas carcaças de juvenis também foi reduzida.

O aumento na concentração de fibra bruta do alimento teste após fermentar, pode ter ocasionado menor aproveitamento das dietas com RB fermentado pelos juvenis de *M. liza*. Conforme reportado por NRC (2011), polissacarídeos não amiláceos presentes em alguns vegetais e a quitina podem apresentar efeitos deletérios na digestibilidade de lipídios, o que pode justificar o menor teor de gordura nas carcaças dos tratamentos com maior inclusão de RB fermentado. A inclusão de polissacarídeos não amiláceos, tais como goma guar já foi testado em dietas de juvenis de tainha *M. liza* com inclusões de 4, 8 e 12% na formulação, com este estudo, os autores recomendaram o tratamento de 4% pois os níveis com maiores concentrações de goma guar comprometeram parâmetros de crescimento e além de modular a composição final das carcaças das tainhas (RAMOS *et al.* 2015).

Além da fração de fibra bruta presente no RB desengordurado, na forma de celulose, hemicelulose e lignina, com o processo de fermentação essa fração aumentou devido a produção de compostos como a quitina, que podem ter comprometido aproveitamento lipídios pelos juvenis de *M. liza*. O aumento da concentração de fibra bruta do RB fermentado se deu pelo crescimento da biomassa do fungo filamentosos, uma vez que sua parede celular é composta de quitina, um polissacarídeo constituído de polímero de cadeia longa (N-acetilglicosamina) com ligações do tipo β glicosídicas (RUIZ-HERRERA 1992) e como citado anteriormente, os peixes possuem capacidade limitada de quebrar este tipo de ligação no processo digestivo se demonstrando potencial antinutricional.

Observando o teor de cinzas das carcaças evidencia-se aumento nesta fração conforme o aumento da inclusão do RB fermentado e a. De acordo com Christ-Ribeiro (2017) a fermentação do RB desengordurado com *R. oryzae* ocasionou maior disponibilidade de diversos minerais como o fósforo, zinco, enxofre e manganês, em

comparação ao farelo desengordurado. Possivelmente esta condição de maior disponibilidade mineral acarretou na maior concentração de cinzas encontradas nas carcaças dos peixes alimentados com inclusão de 30 e 40% de RB fermentado.

Em relação a avaliação de peroxidação lipídica (TBARS), não foram encontradas diferenças significativas nos tecidos de fígado e intestino dos tratamentos. Provavelmente as condições de fermentação não tenham influenciado na biodisponibilidade de substâncias antioxidantes como compostos fenólicos, a fim de reduzir danos lipídios nos órgãos analisados. Apesar do menor crescimento dos juvenis e o baixo aproveitamento dos tratamentos com mais de 20% de RB fermentado, o dano oxidativo lipídico foi semelhante para todos os tratamentos.

De modo geral, a fermentação do RB desengordurado pelo fungo *R. oryzae* não apresentou características de modo a possibilitar inclusões maiores que 10% em dietas de juvenis de *M. liza* quando comparados as dietas isentas deste produto. Contudo, o tratamento utilizando 20% de RB desengordurado sem fermentação, demonstrou desempenho zootécnico, índices somáticos e composição proximal de carcaças similares ao tratamento controle. Estes resultados corroboram a aplicabilidade do RB na alimentação de organismos aquáticos, principalmente na região de Rio Grande do Sul que conta com significativa produção de arroz beneficiado e inevitável produção massiva de RB e outros subprodutos da orizicultura. Apesar destes resultados, a técnica de fermentação possibilita a obtenção de ingredientes com melhores propriedades nutricionais e diversas pesquisas foram conduzidas demonstrando seu potencial na aquicultura (DAWOOD, KOSHIO 2020).

CONCLUSÃO

As dietas formuladas para este estudo permitiram inclusão máxima de 10% de RB desengordurado fermentado por *Rhizopus oryzae* sem prejuízos no desempenho. Apesar disso, os tratamentos com inclusão, a partir, de 20% deste alimento testado demonstraram prejuízos nos parâmetros de crescimento como ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente. Foi verificado que crescentes níveis de inclusão do subproduto fermentado modularam a composição proximal das carcaças de juvenis, alterando concentrações de lipídios e cinzas destas. Cabe salientar que a técnica de fermentação em estado sólido demanda recursos e mão de obra, o que pode inviabilizar a formulação de dietas utilizando RB fermentado nas condições utilizadas neste estudo, pois foi possível alcançar índices de crescimento similares a dieta controle sem a fermentação no tratamento AR20%. Sob o ponto de vista produtivo, a dieta controle e o tratamento AR20% que utilizou RB desengordurado sem fermentação podem ser mais desejáveis para dietas de juvenis de tainha *M. liza*.

O RB é considerado um subproduto de baixo valor, principalmente em regiões com produção de arroz, portanto sua utilização em dietas para aquicultura é uma alternativa interessante a ser explorada nessas localidades, de modo a fortalecer e otimizar a economia local. Futuros estudos são necessários para identificar e avaliar diferentes condições de fermentação do RB desengordurado, de modo a possibilitar melhor aproveitamento deste subproduto na forma fermentada. Aspectos como microrganismo utilizado, temperatura ou tempo de fermentação podem alterar a biomassa final, permitindo ingredientes com propriedades nutricionais mais desejáveis de modo a obter maiores inclusões em dietas de juvenis de *M. liza*.

REFERÊNCIAS

AHMADIFAR, E.; YOUSEFI, M.; KARIMI, M.; RAIENI, R.; DADAR, M.; YILMAZ, S.; DAWOOD, M.; ABDEL-LATIF, H. (2020). Benefits of dietary polyphenols and polyphenol- rich additives to aquatic animal health: an overview. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 1-34;

AIDOO, K. E.; HENDRY, R.; WOOD, B. J. B. (1982). Solid substrate fermentations. **Advances in Applied Microbiology**, 28, 201-237;

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. (1983). **Manual des analyses chimiques en milieu marin**. CNEXO, Paris, 395pp.;

AOAC (2000). **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis of AOAC International, 14th ed. Washington;

APHA, (2012). Standard methods for the examination of water and waste water, 22nd ed. APHA/AWWA/WEF, Washigton;

BRAZ, R. S.; SILVA, I. O.; TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A.; RODRIGUES, R. V. (2018). Benzocaine, MS-222, eugenol and menthol as anesthetics for juvenile *Mugil liza*. **Boletim do Instituto de Pesca**, 43(4), 605-613;

CARVALHO, C. V. A.; BIANCHINI, A.; TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A. (2010). The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, 41(4), 511-518;

CROSETTI, D. (2016). Current State of Grey Mullet Fisheries and Culture, In: CROSETTI, D.; BLABER, S. J. M. (Ed.), **Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)**. New York, 398–350;

CHRIST-RIBEIRO, A. (2017). Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. **Research & Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology**, 6(2), 45-42;

CHRIST-RIBEIRO, A.; GRAÇA, C. S.; KUPSKI, L.; BADIALE-FURLONG, E.; SOARES, L. A. S. (2019) Cytotoxicity, antifungal and anti mycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and *Spirulina sp.* **Process Biochemistry**, 80, 190-196;

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO, S. (2020). Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, 12(2), 987-1002;

DESWAL, D; KHASA, Y. P.; KUHAD, R. K. (2011). Optimization of cellulase production by a brown rot fungus *Fomitopsis sp.* RCK2010 under solid state fermentation. **Bioresource Technology**, 102(10), 6065-6072;

GALVÃO, M. S. N.; YAMANAKA, N.; FENERICH-VERANI, N.; OLIVEIRA, I. R. (1997). Estudos preliminares sobre enzimas digestivas proteolíticas da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (*Osteichthyes, Mugilidae*) durante as fases larval e juvenil. **Boletim do Instituto de Pesca**, 24, 101-110;

GONZÁLEZ-CASTRO, M.; GHASEMZADEH, J. (2016) Morphology and morphometry based taxonomy of *Mugillidae*. In: CROSETTI, D.; BLABER, S. (eds) **Biology, ecology and culture of Grey Mullet (*Mugillidae*)**. CRC Press, Taylor and Francis Group, 1-21;

JENSEN, A. J. (1979). Energy content analysis from weight and liver index measurements of immature pollock (*Pollachius virens*). **Journal of the Fisheries Board of Canada**, 36(10), 1207-1213;

KUMAR, S.; SAHU, N. P.; RANJAN, A. (2018). Feeding de-oiled rice bran (DORB) to Rohu, *Labeo rohita*: effect of varying dietary protein and lipid level on growth, body composition, and insulin like growth factor (IGF) expression. **Aquaculture**, 492, 59-66;

KUPSKI, L.; CIPOLATTI, E.; ROCHA, M.; OLIVEIRA, M. S.; SOUZA-SOARES, L. A.; BADIALE-FURLONG, E. (2012). Solid-state fermentation for the enrichment and extraction of proteins and antioxidant compounds in rice bran by *Rhizopus oryzae*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 55(6), 937-942;

LAMBERT, Y.; DUTIL, J. D. (1997). Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*)? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 54(1), 104–112;

LIE, Ø. (2001). Flesh quality - the role of nutrition. **Aquaculture Research**, 32(1), 341-348;

LONDOÑO-HERNÁNDEZ, L.; RAMÍREZ-TORO, C.; RUIZ, H. A.; ASCACIO-VALDÉS, J. A.; AGUILAR-GONZALEZ, M. A.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; AGUILAR, C. N. (2017). *Rhizopus oryzae* - Ancient microbial resource with importance in modern food industry. **International Journal of Food Microbiology**, 257, 110-127;

MASSAROLO, K. C.; DE SOUZA, T. D.; RIBEIRO, A. C.; BADIALE-FURLONG, E.; DE SOUZA SOARES, L. A. (2016). Influence of cultivation *Rhizopus oryzae* on rice bran on lipid fraction: fatty acids and phospholipids. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 8, 204-208;

MAURYA, D. P.; SINGH, D.; PRATAP, D.; MAURYA, J. P. (2012). Optimization of solid-state fermentation conditions for the production of cellulase by *Trichoderma reesei*. **Journal of Environmental Biology**, 33(1), 5-8;

MENDONÇA, A. J. C.; ROSAS, V. C.; MONSERRAT, J. M.; ROMANO, L. A.; TESSER, M. B. (2019). The inclusion of algae *Gracilaria domingensis* in the diet of mullet juveniles (*Mugil liza*) improves the immune response. **Journal of Applied Aquaculture**, 31(3), 210-223;

MENEZES, N. A.; OLIVEIRA, C.; NIRCHIO, M. (2010). An old taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet Teleostei: Perciformes: Mugilidae. **Zootaxa**, 2519, 59-68;

MENNEN, L. I.; WALKER, R.; BENNETAU-PELISSERO, C.; SCALBERT, A. (2005). Risks and safety of polyphenol consumption. **The American journal of clinical nutrition**, 81(1), 326–329;

MIRANDA-FILHO, K. C.; TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A.; GODINHO, H. M. (2013). Tainha. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (eds.), **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Editora UFSM, Brasil, 521-536;

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2016). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, 376 pp.;

NETO, J. D.; DIAS, J. F.O. (2015). **O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca**. Ibama, Brasília, 292 pp.;

OAKES, K. D.; VAN DER KRAAK, G. J. (2003). Utility of the TBARS assay in detecting oxidative stress in white sucker (*Catostomus commersoni*) populations exposed to pulp mill effluent. **Aquatic Toxicology**, 63(4), 447-463;

OLIVEIRA, M. S.; KUPSKI, L.; FEDDERN, V.; CIPOLATTI, E. P.; BADIALE-FURLONG, E.; SOUZA-SOARES, L. A. (2010). Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass. **CyTA – Journal of Food**, 8(3), 229-236;

PANDEY, A. (2003). Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, 13(2-3), 81-84;

PANFILI, J.; ALIAUME, C.; ANASTASOPOULOU, A.; BERREBI, P.; CASELLAS, C.; CHANG, C.; DIOUF, P. S.; DURAND, J.; HERNANDEZ, F.; LEÓN, F. J. G.; LALÈYÈ, P.; MORALES-NIN, B.; MIRANDA, J. R. (2016). Grey Mullet as possible indicator of coastal environmental changes: the MUGIL Project, In: CROSETI, D.; BLABER, J. S. M. **Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)**. CRC Press, Boca Ranton, 539 pp.;

RAMOS, L. R. V.; ROMANO, L. A.; MONSERRAT, J. M.; ABREU, P. C.; VERDE, P. E.; TESSER, M. B. (2015). Biological responses in mullet *Mugil liza* juveniles fed with guar gum supplemented diets. **Animal Feed Science and Technology**, 205, 98-106;

RANJAN, A.; SAHU, N. P.; DEO, A. D.; KUMAR, H. S.; KUMAR, S.; JAIN, K. K. (2018). Comparative evaluation of fermented and non-fermented de-oiled rice bran with or without exogenous enzymes supplementation in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). **Fish Physiology and Biochemistry**, 44(4), 1037-1049;

RANJAN, A.; SAHU, N. P.; DEO, A. D.; KUMAR, S. (2019). Solid state fermentation of de-oiled rice bran: Effect on in vitro protein digestibility, fatty acid profile and anti-nutritional factors. **Food Research International**, 119, 1–5;

ROSAS, V. T.; MONSERRAT, J. M.; BESSONART, M.; MAGNONE, L.; ROMANO, L. A.; TESSER, M. B. (2019). Fish oil and meal replacement in mullet (*Mugil liza*) diet with Spirulina (*Arthrospira platensis*) and linseed oil. **Comparative Biochemistry and Physiology PART C: Toxicology & Pharmacology**, 218, 46-54;

RUIZ-HERRERA, J. (1992). **Fungal Cell Wall: Structure, Synthesis, and Assembly**. CRC Press, Boca Ratón, 256 pp.;

SANTOS-CIPRIANO, F.; LIMA, K. S.; BEVITÓRIO-PASSINATO, E.; JESUS, R. M.; MAGALHÃES JUNIOR, F. O.; TELES-TONINI, W. C.; TAVARES-BRAGA, L. G. (2015). Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Latin American Journal of Aquatic Research**, 43(4), 786-791;

SICCHA-RAMIREZ, R.; MENEZES, N. A.; NIRCHIO, M.; FORESTI, F.; OLIVEIRA, C. (2014). Molecular identification of mullet species of the Atlantic South Caribbean and South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, 22(1), 86-96;

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. (2009). **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235 p;

SILVA, E. C.; STERZELECKI, F. C.; MUSIALAK, L. A.; SUGAI, J. K.; CASTRO, J. J. P.; PEDROTTI, F. S.; MAGNOTTI, C.; CIPRIANO, F. S.; CERQUEIRA, V. R. (2020). Effect of feeding frequency on growth performance, blood metabolites, proximate composition and digestive enzymes of Lebranche mullet (*Mugil liza*) Juveniles. **Aquaculture Research**, 51(3), 1162– 1169;

SILVEIRA, C. M.; BADIALE-FURLONG, E. (2009). Sperathe effects of solid-state fermentation in the functional properties of defatted rice bran and wheat bran. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 52(6), 1555-1562;

UNESCO - Intergovernmental Oceanographic Commission (1983). **Chemical methods for use in marine environmental monitoring: manual and guides 12**. Unesco, France, 53 pp;

VIEIRA, J. P.; SCALABRIN, C. (1991). Migração reprodutiva da "Tainha" (*Mugil platanus* (GÜNTHER, 1980) no sul do Brasil. **Atlântica**, 13(1), 131-141;

YANTO, H.; JUNIANTO; ROSTIKA, R.; ANDRIANI, A.; TANUWIRIA, U. H. (2018). Effect of different levels of fermented rice bran for the growth of jelawat, *Leptobarbus hoevenii*. **Nusantara Bioscience**, 10(2), 81-86;

ZAMORA-SILLERO, J.; RAMOS, L. R. V.; ROMANO, L. A.; MONSERRAT, J. M.; TESSER, M. B. (2013). Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood chemistry, body composition, hepatic triglicerides and glycogen of Lebranche mullet juveniles (*Mugil liza* Valenciennes 1836, Mugilidae). **Journal of Applied Ichthyology**, 29(6), 1342–1347.