

CHAPTER VI

POSSIBILITIES FOR OBTAINING BIOMOLECULES FROM FISH PROCESSING WASTE IN AMAZONAS/BRAZIL

POSSIBILIDADES DE OBTENÇÃO DE BIOMOLÉCULAS A PARTIR DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DO PESCADO NO AMAZONAS/BRASIL

DOI: 10.51859/ampla.sset.2124-6

Daniel de Queiroz Rocha ¹
Maria Lucy Eufrazio Bastos ²
Wyslen Isaac do Vale Said ²
Kelly Borges de Almeida Rocha ³
Renilto Frota Corrêa ⁴
Jaqueline Bezerra de Araújo ⁵

¹ Professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Avançado Manacapuru – IFAM

² Discente do Curso Técnico Integrado de Recursos Pesqueiros do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Avançado Manacapuru – IFAM

³ Assistente Social do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário, Florestal e Sustentável do Estado do Amazonas - IDAM

⁴ Pesquisador colaborador do grupo de pesquisa NECTAM do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus-Centro – IFAM

⁵ Professora EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus-Centro – IFAM.

ABSTRACT

The characterization of solid waste from fish processing represents an important action to minimize waste, evaluate the best forms of reuse and contribute to the economic and social development of populations in the Amazon Region. Therefore, knowing the waste generated and the potential biomolecules that can be obtained from these materials are relevant for the local bioeconomy. In this sense, the objective was to carry out a survey of the potential for obtaining biomolecules from the possible processing of solid waste generated by fish processing units authorized in the municipality of Manacapuru/Amazonas. There are eight authorized companies in that city, data were obtained from 03 companies through the application of questionnaires, estimating, during the harvest period and having as the main species, Pirarucu, Tambaqui and Aruanã, which are 3.6 t were processed, with 60.0% of this corresponding to the amount of waste generated, resulting in approximately 2.1 t of waste.

Keywords: Biomolecules. Fish waste. Bioeconomy.

RESUMO

A caracterização dos resíduos sólidos do beneficiamento do pescado representa uma importante ação para minimizar o desperdício, avaliar as melhores formas de reaproveitamento e contribuir no desenvolvimento econômico e social das populações da Região Amazônica. Assim, conhecer o resíduo gerado e os potenciais de biomoléculas que podem ser obtidos a partir desses materiais mostra-se relevante para a bioeconomia local. Nesse sentido, objetivou-se realizar levantamento do potencial de obtenção de biomoléculas a partir do possível processamento dos resíduos sólidos gerados pelas unidades de beneficiamento de pescado autorizadas no município de Manacapuru/Amazonas. Das 08 empresas autorizadas no município de Manacapuru/AM, foram obtidos dados de 03 empresas através da aplicação de questionários, estimando-se, durante o período de safra e tendo como as principais espécies, o Pirarucu, o Tambaqui e a Aruanã, que são beneficiados 3,6 t, sendo 60,0% disto correspondente à quantidade de resíduos gerados, resultando, aproximadamente, em 2,1 t de resíduo.

Palavras-chave: Biomoléculas. Resíduos de peixe. Bioeconomia.

1 INTRODUÇÃO

No Amazonas, no município de Manacapuru, localizado a 85 km de Manaus, o cultivo do pescado, principalmente do Pirarucu (*Arapaima gigas*) e do Tambaqui (*Colossoma macropomum*), está inserido na política pública do estado de fomento à atividade, a partir do desenvolvimento de Projetos Prioritários, os quais foram selecionados criteriosamente pelo Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM). Atualmente, no Amazonas, existem 52,15 mil pescadores – pesca artesanal e pesca manejada – envolvendo indiretamente 200 mil pessoas no sistema produtivo de pescado e seus subprodutos, contribuindo para manutenção das famílias e evitando o êxodo rural (Amazonas, 2021).

Com isso, o aumento do número e do tamanho dos empreendimentos destinados ao beneficiamento do pescado, motivado, principalmente, pela expansão da produção aquícola e crescente demanda por produtos de qualidade e conveniência, traz consigo a necessidade de se buscar alternativas para o gerenciamento e aproveitamento dos resíduos sólidos e efluentes gerados, de maneira a evitar que problemas ambientais sejam efetivados com a disposição inadequada desses resíduos no solo e nos corpos hídricos (Corrêa, 2018; Silva; Lima; Lima, 2023).

Neste sentido, a abordagem da economia circular impõe a recuperação completa de componentes, materiais e energia a partir de resíduos. Muitos compostos ativos com aplicações biomédicas e nutricionais podem ser extraídos de resíduos de peixe. A quantificação e o mapeamento da potencial disponibilidade de resíduos ao longo de toda a cadeia de valor do pescado são cruciais para promover a sua real valorização (Greggio et al., 2021).

Assim, conhecer a quantidade e a qualidade do resíduo gerado é um dos primeiros passos na busca do melhor manejo ou destino para este material que, geralmente, assim como, a matéria-prima da qual se origina, é rico em nutrientes, tais como aminoácidos e ácidos graxos da série ômega-3 (Borghesi et al., 2017) e outras potenciais biomoléculas para serem aplicados na indústria de cosméticos e farmacêutica (Murado et al., 2012).

Desta forma, observando a importância da pesca e piscicultura para o desenvolvimento do estado do Amazonas, associada à sustentabilidade e

preservação do meio ambiente, o presente artigo objetivou realizar levantamento das formas de reaproveitamento e do potencial de obtenção de biomoléculas a partir do possível processamento dos resíduos sólidos gerados pelas unidades de beneficiamento de peixe localizadas no município de Manacapuru, estado do Amazonas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bioeconomia do pescado e piscicultura no Amazonas

Os países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), assim como os em desenvolvimento deverão enfrentar uma série de desafios ambientais, sociais e econômicos nas próximas duas décadas, cujas características estão relacionados com o aumento exponencial populacional que vem sobrecarregando os recursos naturais, devido aos padrões de produção e consumo, pois, conforme projeções da (Nações Unidas, 2022), a população global pode atingir a ordem de 8,5 bilhões de habitantes em 2030, 9,7 bilhões em 2050 e 10,9 bilhões ao final do século com 97% dos nascimentos ocorrendo em países em desenvolvimento (Cgee, 2017; OECD, 2009).

Além disso, fatores como o aumento dos rendimentos nos países em desenvolvimento e as alterações climáticas fomentarão a procura por cuidados de saúde e por produtos agrícolas, florestais e pesqueiros, e evidenciam a necessidade de mudança de paradigma e de transformação do atual modelo econômico de desenvolvimento (Silva; Lima; Lima, 2023).

Neste sentido, a biotecnologia oferece soluções tecnológicas para muitos dos problemas de saúde e de recursos que o mundo enfrenta, que pode resultar numa “bioeconomia” emergente e gerar soluções possíveis para reduzir os custos na obtenção de insumos da agropecuária (Junior *et al.*, 2023).

A bioeconomia, contudo, surge como uma alternativa para o desenvolvimento de um estilo de vida mais sustentável, tornando-se imperioso pensar em alternativas econômicas que complementem, no âmbito do estado do Amazonas, o Polo Industrial de Manaus, principal modelo econômico da região metropolitana de Manaus. As alternativas devem privilegiar a biodiversidade e saberes tradicionais, com o intuito de fomentar e investir nas potencialidades encontradas no Estado (Silva; Lima; Lima, 2023).

Logo, no âmbito da pesca e piscicultura, principalmente na destinação dos resíduos das diversas cadeias produtivas, sob o enfoque de uma economia inclusiva, é preciso implementar políticas que estimulem ações voltadas para comunidades indígenas, mulheres e organizações solidárias, como associações e cooperativas, tendo o contexto de reciclagem e de redução do desperdício alimentar para ajudar a remediar o impacto negativo da acumulação de resíduos (Ceccotti *et al.*, 2022).

2.2 *Produção e beneficiamento do pescado no Amazonas*

As principais atividades econômicas na Amazônia são a pesca, extração de madeira e agricultura, as quais possuem sazonalidade e relação direta com a sustentabilidade (Ferreira, 2016). A Lei nº 11.959/2009 (Brasil, 2009), que dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, define a pesca, em seu artigo 2º, como “toda operação, ação ou ato tendente a extrair, colher, apanhar, apreender ou capturar recursos pesqueiros”, destaca ainda, no artigo 8º, a natureza da pesca em duas esferas: Comercial e Não-Comercial.

O Estado do Amazonas é o maior mercado consumidor per capita de pescado no Brasil, cerca de 100 espécies são capturadas para consumo dos ribeirinhos e para comercialização. Na época da seca dos rios, aumenta a quantidade de peixes, provocando o aumento da oferta e da redução do preço do produto, mas 15% dessa quantidade é desperdiçada, em razão da falta de locais adequados de armazenagem, transporte precário e falta de logística para exportar o excedente que é produzido (Barbosa; Moro; Mello, 2018).

Neste sentido, a indústria de processamento de pescado integra a cadeia produtiva do pescado para suprir a necessidade de redução dos desperdícios, sendo essa indústria, no Brasil, inserida dentro do ramo de processamento de alimentos, dentro do agronegócio. Na cadeia produtiva do pescado, a indústria processadora de pescado representa uma conexão com os pescadores comerciais ou não, sendo o setor responsável pela transformação, absorvendo os insumos e a matéria-prima e as repassando para a comercialização. A transformação engloba as atividades de corte, filetagem, salga, secagem, defumação, cozimento, congelamento e enlatamento de matéria-prima, aumentando a produtividade e a rentabilidade da atividade pesqueira (Barros, 2008).

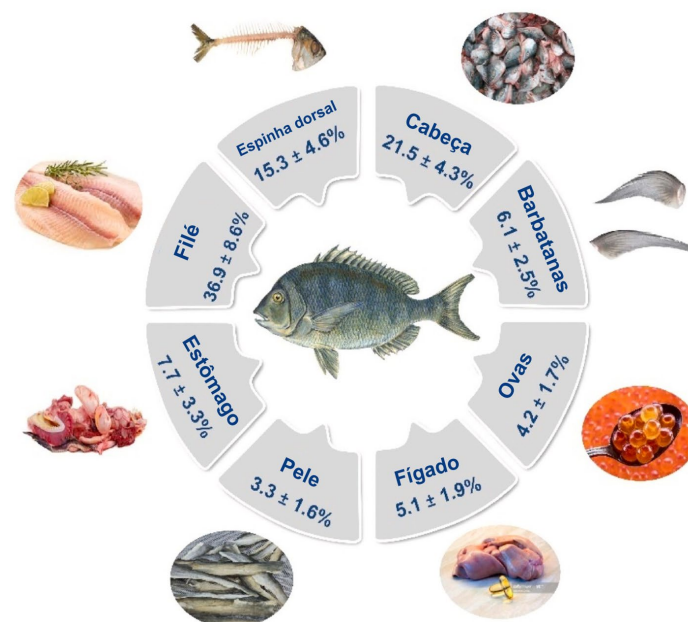
Por conseguinte, devido aos novos padrões de comportamento do consumidor, que deseja mais praticidade e facilidade de manuseio dos produtos consumidos (filés

ou pedaços empanados e congelados de peixes, dentre outros), essa indústria apresenta um crescimento significativo no Brasil (Barbosa; Moro; Mello, 2018).

2.3 Resíduos sólidos de peixe

Os resíduos de peixes, como ossos, cabeça, pele, escamas, nadadeiras, caudas, vísceras e vísceras, ocorrem em proporções variáveis e são encontradas em todas as fases da cadeia produtiva do pescado, conforme Figura 1. À medida que estas frações ricas em conteúdo orgânico são despejadas em aterros sanitários e em corpos d'água, as ameaças ambientais associadas à contaminação da terra e da água tornam-se grande motivo de preocupação (Thirukumaran *et al.*, 2022).

Figura 1 - Principais subprodutos de peixe. Os valores são uma média de diferentes espécies de peixes (por porcentagem do peso corporal) e em base seca.



Fonte: Adaptado de Thirukumaran *et al.*, 2022.

Os tipos e as quantidades de resíduos gerados dependem da espécie utilizada e das fases de processamento da matéria-prima, obtendo-se o produto final desejado. Assim, há a presença de resíduos em diversas etapas do processamento, dependendo do tipo de produto a ser comercializado (filé, laminado, enlatado, em postas, dentre outras). Desta forma, quanto mais diversificada a linha de produção ou maior o beneficiamento pelo qual o pescado é submetido, maiores são as etapas geradoras de resíduos (Silva; Lima; Lima, 2023; Thirukumaran *et al.*, 2022).

2.4 Biomoléculas obtidas de resíduos de peixe

Avanços recentes na valorização de resíduos indicam que essa biomassa representa uma fonte abundante de biomoléculas de alto valor, incluindo enzimas, proteínas funcionais, peptídeos bioativos, polissacarídeos e óleos ricos em ômega-3, entre outras (Khiari, 2022).

2.4.1 Óleos de peixe ricos em Ômega-3

Os ácidos graxos da série ômega-3, particularmente o EPA (ácido eicosapentenoico) e o DHA (ácido docosahexenoico), são essenciais na dieta humana para o crescimento adequado, desenvolvimento e boa saúde e espera-se que o tamanho do mercado de produtos de ômega-3 cresça de 44,4 bilhões de dólares americanos em 2023 para 64,0 bilhões em 2028, sendo o ômega-3 obtido de óleo de peixes um pilar da bioeconomia emergente (Ciriminna *et al.*, 2017; Intelligence, 2024).

Os óleos do resíduo de peixe consistem em frações de ácidos graxos saturados, insaturados, entre esses o ômega-3 (ω -3), vitaminas lipossolúveis, esqualano, fosfolipídios e colesterol, variando de 19% a 21% nas vísceras dos peixes (Iuliano *et al.*, 2023; Naseem *et al.*, 2023; Thirukumaran *et al.*, 2022).

Neste sentido, estudo realizado com resíduos de pescado em feiras da cidade de Campânia/Itália demonstrou que o rendimento do óleo extraído desse material foi de aproximadamente $30 \pm 2,0\%$, em massa fresca. Os teores de EPA e DHA foram 1,49% e 8,06%, respectivamente (Iuliano *et al.*, 2023).

Estudo com resíduos de cabeça de salmão apresentou melhor rendimento de óleo (15,7% em base fresca) quando o material foi hidrolisados usando protease do *Bacillus subtilis* (Protex 30L) a 55 °C, sem ajuste de pH ou adição de água. A concentração, em %mol, de EPA foi de $6,1 \pm 0,09$ e de DHA foi de $8,4 \pm 0,07$ (Mbatia *et al.*, 2010; Nges; Mbatia; Björnsson, 2012).

2.4.2 Colágeno

Essa proteína estrutural básica é essencial nos tecidos e sistema esquelético, sendo constituinte da pele, tendões, cartilagens, ossos e tecido conectivo. Contém cerca de 30% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina, 10% de hidroxiprolina, 1% de hidroxilisina e pequenas quantidades de aminoácidos polares e carregados (Prestes *et al.*, 2013).

Os tipos de colágeno variam de diâmetro, locais onde são encontrados, composição de aminoácidos, comprimento, além de suas propriedades funcionais. Sendo o tipo de colágeno mais conhecidos nos resíduos de peixes o tipo I (Ferreira; Gomes; Gozzo, 2015).

O colágeno extraído da pele, escamas e ossos de peixes é amplamente explorado para ser utilizado como suporte e transportador na indústria de alimentos e farmacêutica (Lionetto; Corcione, 2021; Muhammad *et al.*, 2017; Prestes *et al.*, 2013).

2.4.3 Outras biomoléculas obtidas a partir de resíduos de peixes

Em estudo realizado com espinhas de peixe obteve-se o hidróxido de fosfato de cálcio (CPH), avaliando sua atividade fotocatalítica na decomposição de corantes venenosos sintéticos industriais antes de sua descarga nos corpos d'água (Moulick *et al.*, 2023).

Pode-se obter, também, antioxidantes, geralmente, os aminoácidos mais reativos (como taurina, cisteína e metionina ou cadeias laterais aromáticas como triptofano, tirosina e fenilalanina), além de enzimas e peptídeos antioxidantes, ácido ascórbico, carotenóides, bem como ácido N-acetil-glutâmico e outros compostos fenólicos (Behera *et al.*, 2022; Yusoh *et al.*, 2022).

Um biopolímero de enorme valor agregado com potencial biotecnológico é o ácido hialurônico que pode ser obtido a partir do humor vítreo do globo ocular da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a partir da hidrólise enzimática, podendo ser aplicado devido a sua qualidade ser adequada para amplas aplicações biomédicas (Alcântara *et al.*, 2023).

Assim, a aplicação de processos biotecnológicos de extração, separação e isolamento de moléculas com alto valor agregado a partir de resíduos oriundos da indústria pesqueira e piscicultura mostra-se um bionegócio com elevado potencial econômico dentro do conceito da bioeconomia circular, gerando renda e possibilidade de desenvolvimento para as comunidades amazônicas.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho objetivou realizar o levantamento da quantidade de empresas que realizam o beneficiamento do pescado no Amazonas e realizar a estimativa de resíduos gerados por essa empresa em um dos principais municípios do estado com vocação pesqueira. Após isso, realizou-se o estudo bibliográfico para

o levantamento de possibilidades de obtenção de biomoléculas a partir desse resíduo estimado.

Para o levantamento da relação de Unidades de Beneficiamento, foram obtidas informações na relação de estabelecimentos, com cadastro atualizado no Sistema de Inspeção Estadual (SIE), autorizadas pela Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas (ADAF), disponibilizadas em documentos oficiais constantes do site oficial, bem como, na relação do Sistema de Inspeção Municipal (SIM), consolidada pela Secretaria Municipal de Produção Rural e Abastecimento – SEMBRA, de Manacapuru, e, por fim, a visita em campo para a localização dos estabelecimentos.

Os dados necessários para a concretização do presente artigo foram provenientes do levantamento documental, em produções técnicas de órgãos de assessoria técnica, e bibliográfico, através da plataforma de periódicos Capes e no Google Acadêmico, que abrangem a utilização de resíduos da indústria do pescado para o reaproveitamento e obtenção de biomoléculas com alto valor agregado.

Estes dados foram, posteriormente, analisados e comparados com os tipos de pescado que são beneficiados nas unidades de processamento do município de Manacapuru, sendo este levantamento realizado através da aplicação de questionário nas unidades de beneficiamento, em Manacapuru/AM, contendo questões abertas, e utilizando, para isso, o aplicativo Google Forms.

As informações abordadas no questionário estão relacionadas à identificação do posto de beneficiamento, com as informações administrativas e gerenciais pertinentes; Levantamento dos tipos de pescado recebidos e quantidades estimadas; Levantamento das quantidades de resíduos geradas no período de safra do pescado (Julho a Novembro) na região; Levantamento do procedimento de descarte dos resíduos e destinação final.

As informações obtidas foram tabuladas e agrupadas em planilha de Excel (Microsoft) para a realização do estudo qualitativo e levantamento do potencial estimado de substâncias e produtos que podem ser obtidos a partir dos resíduos gerados nas unidades de beneficiamento do pescado no município de Manacapuru, no estado do Amazonas.

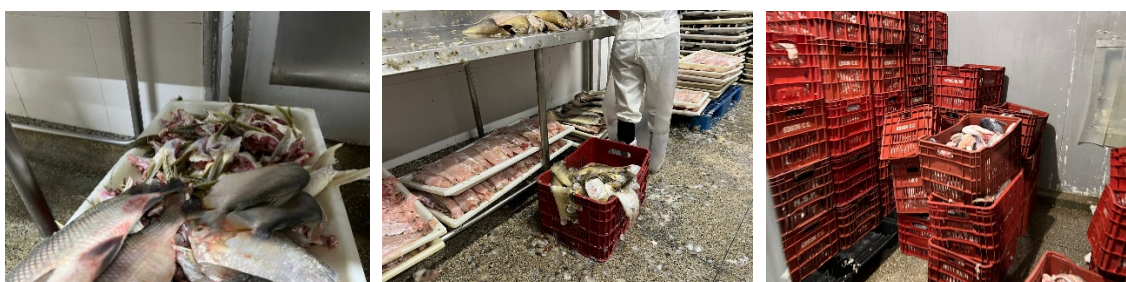
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No cadastro oficial do SIE, atualizado em 22/08/2023, são autorizadas 156 empresas, sendo 45 estabelecimentos (28,8%) com finalidade relacionada ao Beneficiamento de pescado e produtos de pescado, no Amazonas. Dessas, 06 (seis) empresas encontram-se localizadas no município de Manacapuru/AM. No cadastro municipal, disponibilizado pelo SIM, são cadastradas 04 (quatro) empresas de beneficiamento do pescado, estando, apenas, 02 (duas) com a autorização atualizada em 2023. No total, atualmente, são 08 empresas autorizadas pelos órgãos estadual e municipal. A partir disto, foram visitadas e coletadas informações em 3 empresas, correspondendo 37,5% do total autorizadas em Manacapuru/AM, sendo uma de grande porte, uma de médio porte e outra de pequeno porte.

Os dados obtidos nos questionários e visitas aos locais de beneficiamento do pescado, mostram que resíduos gerados são relacionados às partes cabeça, espinha dorsal, pele/escamas, barbatanas e vísceras (Figura 2), e a quantidade estimada de resíduos gerados durante o processo de beneficiamento corresponde a 60 % do material processado, sendo este dado coincidente ao valor apresentado por (Thirukumaran *et al.*, 2022).

Sobre o descarte dos resíduos gerados, levantou-se que são realizados diretamente no rio ou destinados à viveiros para serem utilizados como alimentação na criação de peixes ou para compostagem na produção de adubos orgânicos.

Figura 2 - Resíduos gerados no processo de beneficiamento do pescado.



Fonte: Autoria própria.

As quantidades estimadas de resíduos gerados nas três empresas de beneficiamento avaliadas são apresentados na Tabela 1, considerando o período da safra do pescado na região. Os principais tipos de pescado processados, conforme as informações obtidas através dos questionários realizados com os responsáveis técnicos da empresas entrevistadas, são o Tambaqui, Curimatá, Pirarucu e Surubim,

dentro os outros tipos também beneficiados como o Pacú, Matrinxã, Aruanã e Dourado.

Tabela 1 - Informações dos tipos de pescado processados e da estimativa de quantidades processadas e de resíduos gerados durante o processo de beneficiamento.

Porte da Empresa	Tipos de Pescado	Capacidade de Beneficiamento (kg/dia) ¹	Qtd Beneficiada / Mês (Kg) ²	Qtd Beneficiada / Safra (Kg) ³	Resíduo Gerado (% em massa)	Qtd Resíduos/ Safra (Kg)
Grande	Tambaqui, Pacu, Sardinha, Matrinxã, Curimatá, Aruanã, Aracú, Surubim e Dourado.	5.000	20.000	100.000		60.000
Médio	Surubim, Mapará, Pirarara, Dourado, Piraíba, Pirarucu, Tambaqui, Jaraqui e Sardinha.	15.000	200.000	1.000.000	60%	600.000
Pequeno	Aruanã, Pirarucu e Tambaqui	40.000	500.000	2.500.000		1.500.000
Total		60.000	720.000	3.600.000	-	2.160.000

¹Considera a capacidade da planta de produção; ²Considera 20 dias úteis por mês; ³Safra corresponde aos meses de Julho até Novembro

Fonte: Autoria Própria.

Assim, estima-se que cerca de 2,0 (duas) toneladas de resíduos são gerados em apenas 3 empresas que realizam o beneficiamento do pescado em Manacapuru, durante o período de safra anual. Dependendo do tipo de processamento e pescados beneficiados, a quantidade de resíduos pode variar significativamente, pois alguns processos aplicam apenas a limpeza do pescado, retirando barbatanas e vísceras para o congelamento do produtos e posterior comercialização (Borghesi *et al.*, 2017).

Com isso, observa-se que as quantidade de resíduos levantados neste estudo apresentam grande potencial para a obtenção de biomoléculas com relevância para a biotecnológica nutricional, alimentar e farmacêutica. Ao avaliar as biomoléculas que podem ser extraídas dos diferentes tipos de resíduos gerados na indústria de beneficiamento do pescado, verificou-se que vários estudos apresentam os métodos de obtenção e caracterização de diversas moléculas com alto potencial biotecnológicos, como o ômega-e, colágeno, enzimas, sais minerais etc.

Estudo importante realizado com os resíduos das espécies Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) apresentou, em % massa, respectivamente, 0,39 e 0,21 de ácidos graxos do grupo ômega-3, sendo a molécula mais comum, o ácido linolênico (C18:3). Pela qualidade observada na composição em ácidos graxos, principalmente pela presença de ácidos graxos da

série ômega-3, a fração lipídica das vísceras de pescado pode ser recuperada e convertida em óleo para consumo humano (Borghesi *et al.*, 2017; Rustad; Storrø; Slizyte, 2011; Thirukumaran *et al.*, 2022).

Em estudo realizado por Santana *et al.*, 2023 foi preparada silagem a partir de vísceras de peixes, cujo resultado nutricional para a nutrição de tambaqui (*Colossoma macropomum*), apresentou relevantes teores dos lipídios EPA e DHA, de 5,4 a 17,8 e de 1,7 a 8,9 mg/g, respectivamente. Assim, a bioconversão das vísceras dos peixes em silagem torna-o um ingrediente energético para a alimentação aquática que é bem digerido pelos juvenis de tambaqui.

Outro estudo com foco na obtenção de hidroxiapatita foi realizado por Renda *et al.*, 2023, que propõe o uso de materiais adsorventes à base de hidroxiapatita de “baixo custo”, preparados a partir de resíduos do tambaqui (ou seja, ossos) por moagem e recozimento térmico.

Potencial relevante para utilização do resíduo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a possibilidade de obtenção da enzima tripsina, a qual foi purificada a partir do ceco pilórico (evaginações digiformes da parede intestinal) encontrado nas vísceras do peixe, através de tratamento térmico, fracionamento com sulfato de amônio, Sephadex® G-75 e cromatografia de afinidade com p-aminobenzamidina-agarose. Diversas aplicações biotecnológicas podem ser propostas para esta enzima, tripsina, principalmente na indústria alimentícia (Marcuschi *et al.*, 2010).

Para estudos realizados com o pirarucu (*Arapaima gigas*) foram obtidos resultados que mostram esse pescado rico em cálcio, ferro, potássio, vitamina D e possui gorduras poli-insaturadas, conhecidas como gorduras boas que são essenciais para a saúde, pois apresenta alto teor de ômega 3. A carcaça é um resíduo pouco aproveitado, porém por ser um peixe grande e pela sua crescente comercialização, o beneficiamento do pirarucu (*Arapaima gigas*) gera muitos resíduos como, por exemplo, cabeça, vísceras, nadadeiras, escamas e couro, os quais podem ser reaproveitados como subprodutos a fim de agregar valor à produção e proporcionar novos produtos provenientes de pescado (Guida, 2019).

Resultados relevantes obtidos com resíduos de pescado, especificamente no tecido da pele do pirarucu (*Arapaima gigas*), mostraram-se significativos para a extração de colágeno do Tipo I, com rendimento de 27,8%, aplicando o processo de extração com hidróxido de sódio, álcool butílico e ácido acético, a temperatura de 20°C, sendo possível a utilização dessa biomolécula em diversos produtos

biotecnológicos destinado à saúde e produção e conservação de alimentos (Carpio *et al.*, 2023).

As escamas do pirarucu (*Arapaima gigas*) apresentam grande potencial para a obtenção de hidroxiapatita, a qual pode ter a aplicação como material de deposição para processamento de ligas metálicas com foco na obtenção de próteses ou implantes no corpo humano. O material foi obtido por Silveira *et al.*, 2023, além de outros processos, a partir da calcinação a 500 e 750 °C das escamas e depositado em substrato de aço inoxidável AISI 316 pelo processo de aspersão térmica. A partir de análises por difração de raios X (DRX) observou-se que o revestimento depositado apresentou característica homogênea.

Em outro estudo, foi obtida hidroxiapatita a partir dos ossos de diversos peixes da Amazônia oriundos dos resíduos de empresas de beneficiamento e feiras da cidade de Macapá, estado do Amapá. Após limpeza para completa remoção de material orgânico, os resíduos foram submetidos à temperatura de 900°C em forno mufla e moídos por meio de um almofariz até se obter um pó, os quais foram caracterizados por Difração de Raios-X (DRX) e análise de Fluorescência de Raios X (Oliveira *et al.*, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado demonstrou a importância da utilização dos resíduos gerados nas várias etapas da cadeia produtiva de peixe na região Amazônica, visto que a obtenção de biomoléculas com alto valor agregado a partir do processamento biotecnológico desses materiais desponta como um novo modelo de negócio na bioeconomia regional e que pode contribuir para a preservação e conservação do ecossistema Amazônico. Proporciona, também, aos habitantes da região a possibilidade de fomentar uma indústria biotecnológica disruptiva que gere renda e melhoria das condições da qualidade de vida das comunidades ribeirinhas e povos tradicionais.

AGRADECIMENTOS

Ao IFAM devido ao fomento de bolsas de iniciação científica júnior, por meio do edital N° 005/2022/DPI/PPGI/IFAM/IC, de 29 de junho de 2022.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, L. O. et al. Extraction and characterization of hyaluronic acid from the eyeball of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 226, p. 172–183, May. 2023.
- AMAZONAS. **INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS**. 01. ed. Manaus: INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS, 2021.
- BARBOSA, N. M.; MORO, R. D. C. L.; MELLO, A. M. Cadeia produtiva do pescado no amazonas: a perspectiva dos resíduos sólidos. In: **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, p. 11, 2018.
- BARROS, Leandro Cruz. **A indústria de processamento de pescado no amazonas: uma análise competitiva e suas limitações**. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Faculdade de Estudos Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- BEHERA, A. et al. A review on fish peptides isolated from fish waste with their potent bioactivities. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**, v. 10, n. 3. p. 195-209. Maio. 2022.
- BORGHESI, R. et al. **Caracterização de Resíduos Gerados no Beneficiamento Industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*)**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.
- BRASIL. **Lei n. 11.959, de 29 de Junho de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei no 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 30 jun. 2009.
- CARPIO, K. C. R. et al. Extraction and characterization of collagen from the skin of Amazonian freshwater fish pirarucu. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 56, p. 4–11, 2023.
- CECCOTTI, C. et al. New value from food and industrial wastes – Bioaccumulation of omega-3 fatty acids from an oleaginous microbial biomass paired with a brewery by-product using black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Waste Management**, v. 143, p. 95–104, abr. 2022.
- CGEE. **Panorama da Bioeconomia no Brasil em Temas Estratégicos em Bioeconomia**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017.
- CIRIMINNA, R. et al. Enhancing and improving the extraction of omega-3 from fish oil. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 5, p. 54–59, Março, 2017.

- CORRÊA, R. O. **Qualidade da água na piscicultura continental**. Brasília/DF: Embrapa, 2018.
- FERREIRA, Gleriani Torres Carbone. **Competitividade da cadeia produtiva do Arapaima gigas, o pirarucu da Amazônia brasileira**. 2016. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- FERREIRA, M. C. M.; GOMES, A. F.; GOZZO, A. M. Extração e Caracterização de Gelatina a partir de Subprodutos de Tilápia Do Nilo (*Sarotherodon niloticus*). In: **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. Campinas, São Paulo. p. 1786–1792, 2015.
- GREGGIO, N. et al. Quantification and mapping of fish waste in retail trade and restaurant sector: Experience in Emilia-Romagna, Italy. **Waste Management**, v. 135, n. 04, p. 256–266, 1 nov. 2021.
- GUIDA, Lara Milhomem. **Extração de Colágeno Obtido a partir de Subprodutos do Pirarucu (Arapaima gigas)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.
- INTELLIGENCE, M. **Tamanho do mercado produtos ômega-3: Análise de participação de mercado - Tendências de crescimento e previsões (2023 - 2028)**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/omega-3-product-market>>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- IULIANO, M. et al. Wax esters from waste fish oil catalysed by immobilized *Candida rugosa* lipase. **Process Biochemistry**, v. 130. p. 386–400, 2023.
- JUNIOR, O. B. et al. **Bioeconomia: um caminho para o futuro ou um padrão de subordinação renovado?** Disponível em: <<https://opeb.org/2021/06/28/bioeconomia-um-caminho-para-o-futuro-ou-um-padro-de-subordinacao-renovado/>>. Acesso em: 05 jan. 2024.
- KHIARI, Z. Sustainable Upcycling of Fisheries and Aquaculture Wastes Using Fish-Derived Cold-Adapted Proteases. **Frontiers in Nutrition**. v. 09. 7 abr. 2022.
- LIONETTO, F.; CORCIONE, C. E. Recent applications of biopolymers derived from fish industry waste in food packaging. **Polymers**. v. 13. p. 2337. 2 jul. 2021.
- MARCUSCHI, M. et al. Purification, characterization and substrate specificity of a trypsin from the Amazonian fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 396, n. 3, p. 667–673, 2010.
- MBATIA, B. et al. Enzymatic oil extraction and positional analysis of ω -3 fatty acids in Nile perch and salmon heads. **Process Biochemistry**, v. 45, n. 5, p. 815–819, 2010.

- MUHAMMAD, N. et al. Investigation of ionic liquids as a pretreatment solvent for extraction of collagen biopolymer from waste fish scales using COSMO-RS and experiment. **Journal of Molecular Liquids**, v. 232, p. 258–264, abr. 2017.
- MURADO, M. A. et al. Optimization of extraction and purification process of hyaluronic acid from fish eyeball. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 3, p. 491–498, 2012.
- NAÇÕES UNIDAS. **World population prospects. 2022**. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- NASEEM, S. et al. Trends in fisheries waste utilization: a valuable resource of nutrients and valorized products for the food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 15 Mai. 2023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2211167>
- NGES, I. A.; MBATIA, B.; BJÖRNSSON, L. Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction. **Journal of Environmental Management**, v. 110, p. 159–165, nov. 2012.
- OECD. What External Factors Will Drive the Bioeconomy to 2030? In: **The Bioeconomy to 2030**. OECD, p. 31–49. 2009.
- OLIVEIRA, L. B. A. et al. Obtenção e Caracterização de Hidroxiapatita a partir de Ossos de Peixe da Amazônia. In: **XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. p. 1–7. Belo Horizonte-MG, 2019.
- PRESTES, R. C. et al. Caracterização da Fibra de Colágeno, Gelatina e Colágeno Hidrolisado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 375–382, 2013.
- MOULICK, S. P. et al. Characterization of waste fish bones (*Heteropneustes fossilis* and *Otolithoides pama*) for photocatalytic degradation of Congo red dye. **Results in Engineering**, v. 20. p. 101418. 1 dez. 2023.
- RENDA, C. G. et al. A “Zero-Cost” Adsorbing Hydroxyapatite-Based Material from Amazon Fishery Waste for Water Remediation and Nutrient Release for Agriculture. **Physchem**, v. 3, n. 1, p. 34–60, 2023.
- RUSTAD, T.; STORRØ, I.; SLIZYTE, R. Possibilities for the utilisation of marine by-products. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 10, p. 2001–2014, 5 out. 2011.
- SANTANA, T. M. et al. Fish Viscera Silage: Production, Characterization, and Digestibility of Nutrients and Energy for Tambaqui Juveniles. **Fishes**, v. 8, n. 2, 1 fev. 2023.
- SILVA, J. A. R.; LIMA, R. A.; LIMA, J. P. S. DE. BIOECONOMIA NA CADEIA PRODUTIVA DO PESCADO: UMA REVISÃO INTEGRATIVA. **Revista Valore**, v. 8044, n. 8, p. 8044–8044, 2023.

THIRUKUMARAN, R. et al. Resource recovery from fish waste: Prospects and the usage of intensified extraction technologies. **Chemosphere**, v. 299, n. March, p. 134361, 1 jul. 2022.

YUSOH, N. A. M. et al. Recovery of antioxidant from Decapterus Macarellus waste using wet rendering method. **Materials Today: Proceedings**, v. 57, p. 1382–1388, 2022.