

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE RESÍDUOS DE PEIXE

EVALUATION OF LIPID EXTRACTION METHODS AND FATTY ACID PROFILE FROM FISH RESIDUES

Edilene Pinheiro Ferreira¹; Árgira Mendes Amorim²; Yllana Ferreira Marinho²; Ícaro Mota Oliveira³; Carla Crislán de Souza Bery⁴; Élida Virna Rodrigues Barbosa⁴; Maria Priscila Sá Matos Ribeiro⁴; Hilton Costa Louzeiro⁴

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca (PPGEP).

² Departamento Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

³ Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos.

⁴ Núcleo de Pesquisa Bioeconomia, Ambiente, Inovação, Inteligência, Tecnologia, Educação e Saúde (BAITES), Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

*e-mail: maria.priscila@discente.ufma.br

Citação: FERREIRA, E. P., AMORIM, ÁRGIRA M., MARINHO, Y. F., OLIVEIRA, ÍCARO M., BERY, C. C. DE S., BARBOSA, ÉLIDA V. R., RIBEIRO, M. P. S.M., LOUZEIRO, H. C. (2026). Avaliação de métodos de extração de lipídios e perfil de ácidos graxos de resíduos de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 17(1), 18–32.

<https://doi.org/10.18817/repesca.v17i1.3754>

Recebido: 19 Setember 2024

Revisado: 23 April 2025

Aceito: 09 Setember 2025

Publicado: 3 January 2026



Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Resumo

Os resíduos de peixes representam uma preocupação ao setor pesqueiro devido aos potenciais impactos que podem acarretar, uma vez que são dispostos, na maioria das vezes, de maneira irregular no ambiente. Desta forma, o presente estudo teve por objetivo extrair e caracterizar os óleos de resíduos de peixes, por diferentes métodos de extração, indicando seus potenciais usos biotecnológicos e relatando os benefícios que poderiam surgir com a redução dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado. Inicialmente, cerca de 2 kg de resíduos de peixes foram coletados na feira municipal do município de Pinheiro (MA). Os resíduos foram triturados e homogeneizados e, então, em duplicatas, as amostras foram submetidas a três métodos de extração de óleo: estufa (ESF), panela de pressão (PP) e Soxhlet (SX). Realizou-se as análises por cromatografia a gás (CG) e por espectrometria de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR). Foram identificados e quantificados 16 ácidos graxos, contemplando os saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e poli-insaturados (AGPI). Os ácidos graxos mais abundantes foram o oléico (C₁₈:1n9c) e elaiídico (C₁₈:1n9t) nas amostras extraídas por estufa e pressão, enquanto no Soxhlet os majoritários foram o mirístico (C₁₄:0) e o eicosadienoíco (C₂₀:2). Em relação aos métodos, observou-se que a utilização de diferentes



metodologias afetou o percentual de ácidos graxos encontrados. Contudo, pela qualidade dos óleos observada nas vísceras dos peixes nos três métodos, a fração lipídica pôde ser recuperada e convertida para outros usos biotecnológicos na qual a metodologia empregada dependerá do uso final do óleo desejado.

Palavras-chaves: Ácidos graxos, Cromatografia a gás, Resíduos de peixes.

Abstract/

Fish residues represent a concern to the fishing industry due to the potential impacts they can cause since they are disposed of, in most cases, in an irregular manner in the environment. Thus, this study aimed to extract and characterize fish waste oils, by different extraction methods, indicating their potential biotechnological uses and reporting the benefits that could arise from the reduction of environmental impacts resulting from inappropriate disposal. Initially, about 2 kg of fish waste was collected at the municipal fair in the city of Pinheiro (MA). The residues were crushed and homogenized and then, in duplicate, the samples were submitted to three oil extraction methods: oven (ESF), pressure cooker (PP), and soxhlet (SX). Analyses were performed by gas chromatography (GC) and by Fourier transform attenuated total reflection spectrometry (ATR-FTIR). Sixteen fatty acids were identified and quantified, including saturated (AGS), monounsaturated (AGMI) and polyunsaturated (AGPI). The most abundant fatty acids were oleic ($C_{18}:1n9c$) and elaidic ($C_{18}:1n9t$) in the samples extracted by oven and pressure, while in soxhlet the majority were myristic ($C_{14}:0$) and eicosadienoic ($C_{20}:2$). Regarding the methods, it was observed that the use of different methodologies affected the percentage of fatty acids found. However, due to the quality of the oils observed in the fish's viscera in the three methods, the lipid fraction can indeed be recovered and converted to other biotechnological uses, in which the methodology used will depend on the final use of the desired oil.

Keywords: Fatty acids, Gas chromatography, Residues fish.

Introdução

Nas últimas décadas, o rápido crescimento populacional, combinado com a busca por hábitos alimentares mais saudáveis, impulsionaram a produção e o consumo de peixes em todo o mundo. Os recursos pesqueiros constituem um setor economicamente importante em nível global. De acordo com os dados mais recentes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2018, a produção mundial de pescado, incluindo captura e aquicultura, ultrapassou 179 milhões de toneladas. Dentre esse montante, 156 milhões de toneladas foram direcionadas diretamente para o consumo humano, enquanto as 22 milhões de toneladas restantes foram destinadas a usos não alimentares, principalmente na produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2020).

Na indústria pesqueira a fim de atender o mercado consumidor, estima-se que mais de 60% dos peixes capturados são processados (evisceração, preparação de filé, postas) para fins alimentares (FAO, 2020) e isso é considerado uma importante fonte de resíduos. Os materiais sólidos pós-processamento (cabeças, nadadeiras, pele, escamas, ossos, carcaças e vísceras), muitas vezes representam mais de 50% do peso total do peixe, a depender tal como se representa da espécie e também do processamento aplicada (Thuoc et al. 2019).

As elevadas quantidades de resíduos que são gerados, podem ocasionar graves problemas ambientais e sociais, principalmente porque esses resíduos não possuem uma destinação e uma aplicação direta, pois não são reconhecidos como fonte de novos compostos bioativos de interesse biotecnológico (Caruso et al. 2015; Wang et al. 2019). Isso destaca a necessidade de desenvolver métodos apropriados para aproveitar esses dejetos de peixes, oferecendo uma abordagem sustentável para a produção de substâncias valiosas, como gelatina, quitosana, hidrolisados, colágeno, peptídeos e óleo de peixe.

Como exemplo, o óleo de peixe proveniente de seus resíduos apresenta diversas fontes potenciais, como ácidos poli-insaturados (PUFA) e peptídeos bioativos (Inguglia et al. 2020), que podem ser utilizados na produção de biodiesel (Costa et al. 2013). Esses óleos têm sido empregados na fabricação de biodiesel devido às suas características atóxicas e biodegradáveis, bem como à sua capacidade de gerar menos toxinas e emitir menos CO₂ e hidrocarbonetos durante a combustão, em comparação com os combustíveis fósseis (Yuvaraj et al. 2019).

Os óleos de peixes são uma das principais vias de aproveitamento de subprodutos do processamento do pescado sendo responsáveis por cerca de 2% do consumo mundial de gorduras e óleos (Ivanovs; Blumberga, 2017). Além disso, por serem a principal fonte natural de ácidos graxos polinsaturados (PUFA), como eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), que possui comprovadamente inúmeros benefícios para a saúde, nutrição, prevenção e tratamento de doenças, em que recentemente PUFA s são sugeridos como potencial terapia adjuvante em complicações cardiovasculares e a diminuição de mortes



associadas à COVID-19 (Alammar et al. 2019; Asher et al. 2021; Torrinhas et al. 2021), estão sendo aplicados na indústria alimentícia, farmacêutica, nutracêutica, aquicultura e agricultura, e isso contribui na geração de produtos e receitas capazes de compensar os custos de processamento, descarte e danos ambientais causados pela indústria pesqueira (Ivanovs; Blumberga, 2017; Ozogul et al. 2018; Jafari et al. 2020; Zhang et al. 2021).

Contudo, a produção de óleo de peixes como fonte de ômega-3, assim como sua aplicação na indústria, envolve a procura de uma matéria-prima rica nestes ácidos graxos (subprodutos adquiridos de diferentes espécies de peixes) e o desenvolvimento de métodos rápidos e confiáveis de extração quantitativa e qualitativa destes óleos, que são imprescindíveis para a preservação de seus nutrientes (Ozogul et al. 2018).

Existem diferentes métodos de extração de óleo: a frio, a quente e prensagem mecânica, o uso desses mecanismos depende da matéria-prima a ser extraída e da eficácia do rendimento. Ao garantir condições ótimas de temperatura e pressão, é possível maximizar a eficiência dos processos, garantir a segurança e assegurar a qualidade dos produtos (Connor, 2024). No entanto, as aplicações desses métodos são pouco documentadas na literatura quando se trata da extração de óleos de peixe.

Atualmente o método soxhlet é o mais utilizado para obtenção de óleos, porém devido ao uso de grande volume de solvente o custo torna-se oneroso e geram riscos à saúde e ao meio ambiente devido sua elevada toxicidade (Sabedra, 2017). Por sua vez, a utilização da técnica por panela de pressão pode otimizar o tempo de operacionalização tanto quanto gerar um maior rendimento de obtenção desse óleo.

Outra abordagem que pode resultar em melhorias tanto na eficiência quanto no rendimento da extração é a utilização de uma estufa. Este método foi previamente adotado por Bery e colaboradores (2012) para extrair óleo de peixe a partir dos resíduos resultantes da evisceração do pescado, realizada em alto mar.

Assim, aprimorar os procedimentos convencionais para métodos mais suaves e ecologicamente corretos, empregando temperaturas mais baixas, solventes menos prejudiciais e concentrações enzimáticas reduzidas, pode representar uma estratégia sustentável e economicamente viável para a intensificação do processo.

Neste estudo, foram empregadas as técnicas da panela de pressão e da estufa, em comparação com o método convencional de Soxhlet, com o intuito de desenvolver um processo de extração que dispensasse o uso de solventes, reduzindo assim os impactos ambientais. Com o objetivo de explorar os resíduos como matéria-prima com potencial para a produção de óleo, a pesquisa buscou extrair e caracterizar o óleo a partir dos resíduos de peixes utilizando diferentes métodos de extração.



Material e Métodos

Coleta e processamento do material

Os resíduos de pescado, compostos principalmente pelas vísceras de diferentes espécies e sem a separação prévia das partes residuais, foram coletados na feira livre do município de Pinheiro (MA) e armazenados em sacos plásticos hermeticamente fechados. Em seguida, eles foram triturados e homogeneizados com o auxílio de um multiprocessador (Philco All in One Citrus 800 W), no Laboratório de Química Ambiental da Universidade Federal do Maranhão, campus de Pinheiro.

Método Soxhlet (Controle)

A extração por Soxhlet foi realizada de acordo com o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesadas amostras com 5g dos resíduos, previamente secos e moídos em cartuchos de papel filtro que foram introduzidos na câmara central do extrator Soxhlet. Cerca de 500 ml do solvente n-hexano foi adicionado em balões de fundo chato secos na estufa por 1 hora a 105 °C. Os balões foram conectados ao sifão do condensador e refluxos por aproximadamente 5 horas. Decorrido o tempo de extração, o solvente foi recuperado e os balões contendo o óleo extraído foram levados para a estufa a 80 °C por 1 h até atingir o peso constante. Depois de 12 h no dessecador, para resfriamento, os lipídios obtidos foram acondicionados em frascos âmbar a fim de evitar oxidação até as análises do óleo.

Método panela de pressão

As condições experimentais para a extração por panela de pressão foram adaptadas a partir da metodologia proposta por Fujiwara e colaboradores. (2016). Neste estudo, cerca de 0,4 kg de resíduos foram pesados e cozidos em uma panela de pressão doméstica a 110 °C durante 40 minutos. Após a cocção, o sobrenadante que corresponde à parte aquosa contendo partículas de pescado cozido e os lipídios extraídos foi retirado e posteriormente centrifugado (4000 rpm x 6 minutos). O óleo obtido foi armazenado e mantido sob refrigeração (-5 °C).

Método estufa

A extração por secagem na estufa foi de acordo com o método descrito por Bery e colaboradores (2012). Em placas de Petri, foram pesadas amostras contendo 30 g de resíduos homogeneizados. As amostras foram conduzidas para a estufa onde permaneceram por 1 hora a 100 °C para remoção da umidade e do óleo. Ao final, a gordura sobrenadante foi retirada e decantada na centrífuga a 4000 rpm por 5 minutos. O óleo adquirido neste processo foi armazenado e refrigerado (-5 °C).

Análise do óleo por Espectrometria de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR)



Os espectros de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR) foram obtidos em um espectrômetro Cary 630 FTIR (Agilent Technologies, Malásia). A faixa espectral utilizada foi de 650 a 4000 cm⁻¹, com 4 cm⁻¹ de resolução, e 256 varreduras para todas as amostras. Primeiramente, a amostra foi espalhada sobre a superfície do cristal de ATR, posteriormente, a obtenção do espectro foi realizada. Entre as amostras, o acessório ATR foi limpo com acetona P.A., e o espectro de fundo foi obtido.

Análise de FAMEs dos óleos extraídos

No preparo das amostras de óleos para a Cromatografia a Gás foi necessária a derivatização das amostras, a fim de melhorar a sensibilidade dos compostos de interesse. O procedimento utilizado foi baseado no método de Hartmann e Lago (1973). Mediram-se, aproximadamente, 50 mg do óleo em um erlenmeyer de 100 mL e foram adicionados 4 ml de solução metanólica NaOH (2 % m/v). Em seguida, acoplou-se ao erlenmeyer um condensador e deixou o sistema em refluxo por 5 minutos em ebulição. Pela parte superior do condensador foram adicionados 6 ml de NH₄Cl e a mistura permaneceu em ebulição por 3 minutos, em chapa de aquecimento com agitação, seguidos pela adição de 5 ml de solução saturada de NaHCO₃ por 2 minutos. Por último, foram adicionados 5 ml de hexano. Depois de 2 minutos, a agitação foi suspensa e a reação deixada esfriar em temperatura ambiente. A solução foi transferida para uma proveta, a fase orgânica separada e transferida para um balão volumétrico (10 ml), sendo avolumado com hexano. As soluções finais com concentrações em torno de 5000 mg.L⁻¹ foram armazenadas para posteriores análises.

Para análise dos ésteres metálicos de ácidos graxos presentes nos óleos de peixes, inicialmente, foram preparadas soluções de aproximadamente 1000 mg.L minuto⁻¹, partindo das soluções estoques de 5000 mg.L minuto⁻¹. As análises foram conduzidas em equipamento GC/MS (Shimadzu QP2010 plus, Tokyo, Japan) equipado com auto injetor (split/splitless). Uma coluna 5 % fenil – 95 % dimetilpolisiloxano, ZB-5 (53 m x 0,25 mm x 0,25 µm) foi usada para separação dos compostos, utilizando Hélio ultrapuro como gás de arraste (White Martins S.A) com fluxo de 1 ml minuto⁻¹. Uma programação de temperatura do forno iniciando em 90 °C (1,5 minuto) e aumentada até 190 °C com taxa de aquecimento de 5 °C. minuto⁻¹ (4 minutos) até a temperatura final 240 °C com taxa de aquecimento 4 °C. minuto⁻¹ (5 minutos). As temperaturas do injetor e interface foram 200 °C e 250 °C, respectivamente. O modo de injeção foi split (1:10), modo de ionização por impacto de elétrons (EI) 70 e V e tempo total de análises 43 minutos. O sistema operou no modo SCAN, permitindo a identificação qualitativa dos compostos, comparando-se os espectros com a referência apresentada pelas bibliotecas Nist 107, 21 e Wiley 8, sendo considerados os picos com similaridades acima de 80 % e área relativa acima de 0,10 %.

Resultados e Discussão

Métodos de extração dos óleos

Os métodos de extração utilizados para a remoção da gordura influenciaram na qualidade dos óleos obtidos. A extração em estufa demonstrou maior viabilidade e melhor controle do processo, resultando em percentuais mais elevados de ácidos graxos em comparação aos demais métodos. Embora os teores obtidos com a panela de pressão fossem semelhantes, o óleo apresentou alto nível de impurezas, exigindo múltiplas centrifugações para sua purificação. Já no método Soxhlet, a baixa quantidade de amostra processada e o longo tempo necessário para o refluxo com solvente tornaram o procedimento lento e pouco prático, além de gerar rendimentos abaixo do esperado e custos mais elevados, principalmente devido ao uso do solvente.

Os métodos de extração em estufa e na panela de pressão apresentaram os melhores resultados na recuperação dos compostos lipídicos. As baixas concentrações de ácidos graxos observadas no método Soxhlet podem ser atribuídas à natureza apolar do solvente hexano, que possui menor eficiência na extração de lipídeos polares, como aqueles associados aos compostos moleculares analisados neste estudo. Solventes com maior polaridade tendem a ser mais eficazes nesse tipo de extração. Além disso, o longo tempo de refluxo no Soxhlet pode favorecer reações indesejadas, como hidrólise e peroxidação, comprometendo análises subsequentes, incluindo a quantificação e identificação de componentes lipídicos específicos (Brum, Arruda, Reditano-D'Arce, 2009).

Análise de FAMES

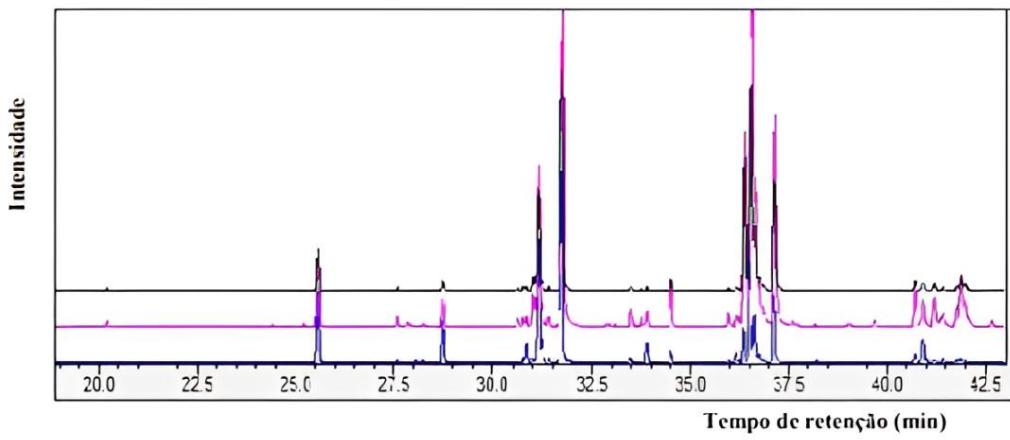


FIGURA 1. TICCs dos óleos de resíduos obtidos nos diferentes métodos de extração.

Os estudos cromatográficos apresentaram uma visão geral dos ácidos graxos presentes nos extraídos dos resíduos de peixes em diferentes métodos de extração. A figura 1 apresenta os cromatogramas da corrente total de íons (TICCS) das amostras analisadas e, nela, é possível observar que houve uma boa separação de picos com exceção de alguns picos formados nos 32 e 36 minutos devido a



concentração de ésteres da mesma série. Os resultados da análise cromatográfica para determinação do perfil de ácidos graxos constam na tabela 1.

TABELA 1. Composição de ácidos graxos dos óleos extraídos nos métodos de estufa, panela de pressão e soxhlet.

Cn:C ni	Ácidos graxos	Área relativa (%)		
		Amostras		
		Estufa	P ressão	Soxhlet
C14:0	Ácido mirístico	3,1	2,86	7,40
C15:0	Ácido pentadecílico	0,72	0,88	4,17
C16:0	Ácido palmítico	0,2	0,31	0,25
C18:0	Ácido esteárico	10,03	11,80	3,05
C18:1ω9	Ácido oleico	27,3	22,39	0,82
C18:1ω9	Ácido elaídico	8,33	6,73	2,36
C18:2ω6	Ácido linoleico	0,3	0,33	0,37
C18:3ω3	Ácido α-linolênico	0,26	0,31	1,93
C20:2ω6	Ácido eicosadienoico	0,22	0,39	15,43
C20:3ω3	Ácido di-homo α-linolênico	0,26	0,44	3,71
C20:3ω3	Ácido eicosatrienoico	0,74	1,52	0,20
C20:4ω6	Ácido araquidônico	0,23	0,50	0,94
C22:6ω3	Ácido docosahexaenóico	0,85	0,25	0,52
–	Ácido trans-10,13-octadecadienoico	0,77	0,81	0,30
–	Ácido 8,11-octadecadienoato	10,94	9,52	5,60
ΣAGS	-	13,33	14,97	10,7
ΣAGMI	-	35,63	34,19	3,18
ΣAGPI	-	2,86	3,74	23,1
ΣNI		26,42	26,11	26,32

Em primeira análise, pode-se observar uma semelhança no perfil e na composição química quanto aos ésteres identificados para os diferentes métodos de extração empregados na obtenção dos óleos, no entanto, o percentual relativo de área desses compostos, foram diferentes. Pode-se notar que alguns ácidos não

foram identificados devido à presença de compostos isômeros que co-eluíram, logo se faz necessário a utilização de padrões para melhor elucidar esses compostos.

Foram identificados e quantificados 16 ácidos graxos, contemplando os saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e poli-insaturados (AGPI). Nas amostras extraídas por estufa e panela de pressão os ácidos mais abundantes foram o oléico ($C_{18:1}n9c$), elaídico ($C_{18:1}n9t$) e o esteárico ($C_{18:0}$), enquanto nas amostras obtidos por Soxhlet os majoritários foram o mirístico ($C_{14:0}$) e o eicosadienoico ($C_{20:2}$).

Dentre os monoinsaturados (AGMI), o ácido oleico apresentou os maiores percentuais com teores de 27,3 % e 22,39 %, ambos obtidos na estufa e pressão, enquanto no Soxhlet foi encontrado menor expressividade. A predominância desse composto em óleos de peixes também foi observada por Moraes e colaboradores (2016) em peixes exóticos e nativos com teores variando entre 10,62 % a 25,29 %. De forma semelhante, Chiamaka et al. (2022). Ácido palmítico (21,21–26,63%), ácido oleico (19,78–27,11%), ácido eicosapentaenoico (6,02–9,97%) e ácido docosahexaenoico (17,00–20,83%) foram os ácidos graxos saturados e insaturados dominantes no óleo bruto de peixe.

De acordo com De Oliveira (2015), a ingestão deste ácido vem sendo associado a efeitos positivos à saúde, atuando no aumento de HDL (lipoproteína de alta densidade) e na redução da pressão arterial. Neste estudo, a presença elevada desse composto aponta o potencial dos resíduos para a obtenção de óleo de qualidade satisfatória potencializando seus usos pelas indústrias de cosméticos, fármacos e de alimentos, por exemplo.

Ácidos graxos de grande interesse e importância como o elaídico ($C_{18:1}n9$) e esteárico ($C_{18:0}$) também apresentaram concentrações elevadas nos lipídios extráridos por meio da estufa e pressão. A concentração do ácido esteárico foi evidenciada nas vísceras em ambos os métodos com valores de 8,33 % e 6,73 % diferenciando显著mente aos teores identificados por Luzia et al. (2003), para a sardinha (48,12 %) e corvina (38,2 %). Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia altamente insaturada como os ômegas 3 eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA), foram encontrados em baixas concentrações, sendo apenas o DHA identificado com valor máximo de 0,85 % na amostra obtida da estufa.

Na literatura, são vários os efeitos positivos relacionados à ingestão de ômegas 3, incluindo a melhora de sintomas de câncer, reduzindo os efeitos da asma, e de doenças cardiovasculares. Níveis mais altos de EPA e DHA, são continuamente relatados em peixes de águas marinhas, Visentainer et al. (2003) observou no olho de atum *Thunnus albacares*, 26,24 % de DHA e 10,56 % de EPA; e na espécie bonito *Katsuwonus pelamis*, 16,25 % de DHA e 9,48 % de EPA. Em um estudo realizado por Novizar et al. (2017) com extração da cabeça do atum *Thunnus albacares*, o método de extração por via úmida foi o mais eficaz e o mais potencial de ser aplicado, produzindo maior rendimento (12,80%) em relação ao processo de silagem (6,16%) e ao método de extração por solvente (8,49%).



Nessa pesquisa alguns ácidos não foram expressivamente encontrados em grandes proporções, tais como, os ácido α -linolênico (ω -3) e o ácido linoleico (ω -6). Tidos como essenciais uma vez que o organismo não consegue sintetizá-los e por conta disso devem ser incluídos na dieta. Segundo o descrito por Crexi (2009), os peixes de água doce geralmente contêm baixas proporções de ácidos poli-insaturados ω -3 e ω -6 em relação a peixes marinhos. Para os óleos de resíduos de peixe da presente pesquisa é provável explicação que os baixos níveis de poli-insaturados seja consequência baixo número de espécies marinhas processadas na feira, visto que, o consumo de pescado no município é voltado para espécies nativas da região ou cultivadas em pisciculturas sendo o tambaqui e a traíra as espécies mais comercializadas (Pereira et al. 2020).

Análise do óleo por Espectrometria de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR)

O infravermelho e demais métodos espectroscópicos modernos constituem atualmente os principais recursos para a identificação e elucidação estrutural de substâncias orgânicas. São, também, de alta relevância na determinação da pureza e quantificação de substâncias orgânicas, bem como no controle e acompanhamento de reações e processos de separação. O uso deste método físico de análise traz uma série de vantagens, destacando-se a redução no tempo de análise, diminuição substancial nas quantidades de amostra, ampliação da capacidade de identificar ou caracterizar estruturas complexas (Lopes; Fassio, 2004). A Figura 2 apresenta os espectros de absorção na região do infravermelho médio, no intervalo de 500 a 4000 cm^{-1} .

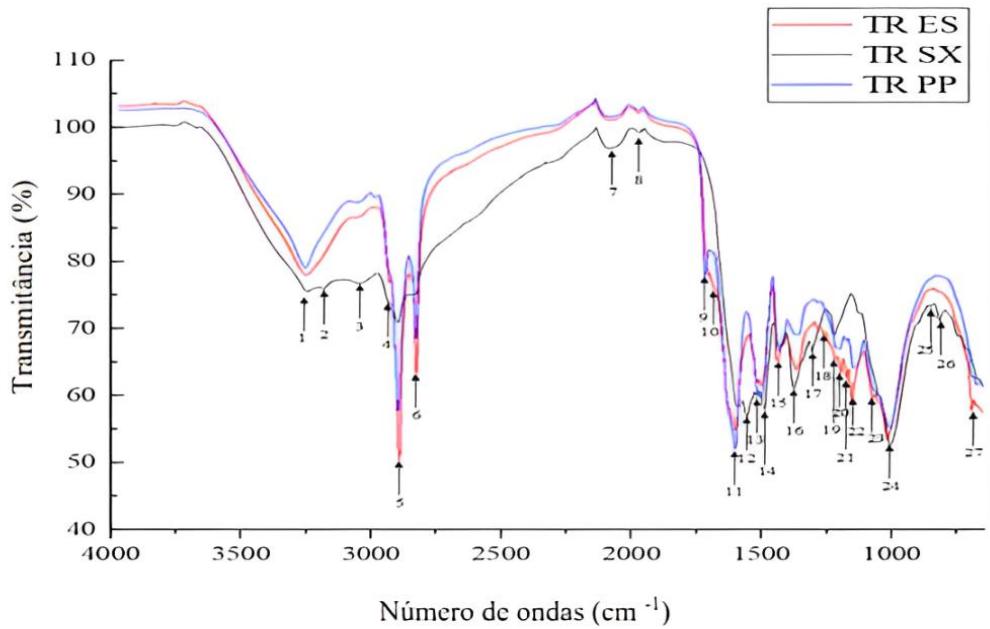


FIGURA 2. Espectros de absorção na região do infravermelho médio dos óleos de resíduos obtidos nos diferentes métodos de extração.

A espectroscopia de infravermelho é uma técnica muito utilizada na investigação de ligações de hidrogênio (Pielichowska *et al.* 2008). Em linhas gerais, a presença dessas interações intermoleculares é detectada pelas mudanças características das bandas de absorção dos grupos engajados na formação de ligações de hidrogênio. Dímeros de ácidos graxos, os quais são formados por interações de hidrogênio, exibem um deslocamento da frequência de estiramento da carbonila para menores números de onda. Assim, em ácidos graxos livres esse estiramento é observado em aproximadamente 1760 cm^{-1} , enquanto para dímeros entre $1700 - 1725\text{ cm}^{-1}$ (Pielichowska *et al.* 2008). Para tanto, o espectro de infravermelho do ácido oleico indica que este apresenta-se na forma de dímero (estiramento C=O em 1712 cm^{-1}), devido à presença de ligações de hidrogênio (Nicolau, 2009).

As bandas de frequência no intervalo $2500-3500\text{ cm}^{-1}$, pode-se notar a existência de três bandas claramente identificáveis. Estas bandas constituem-se da

junção de vários modos vibracionais relacionados a porções distintas da molécula, dentre os quais se destacam os modos de estiramento simétrico e assimétrico para a ligação C-H de grupos metílicos (vsC-H e vasC-H) ($2850-2960\text{ cm}^{-1}$) e estiramento simétrico e assimétrico das ligações C-H em grupos olefínicos (vsC-Holef e vasC-Holef) ($3000-3015\text{ cm}^{-1}$) para os derivados insaturados (18:1, 18:2 e 18:3) (Castilho-Almeida *et al.* 2012).

A banda com frequência mais alta próxima a 3000 cm^{-1} (vsC-Holef e vasC-Holef) sofre um pequeno aumento de intensidade, proporcional ao número de insaturações presentes na molécula do éster metílico, percebendo-se que existe uma identidade espectral atrelada à presença de insaturações na amostra a ser analisada.

A análise da banda de frequência entre $1500-2000\text{ cm}^{-1}$ mostra uma banda próxima a 1740 cm^{-1} atribuída ao estiramento da ligação C=O de ésteres ($\nu(\text{C=O})$). Para os derivados insaturados é também observada uma banda de absorção próxima a 1650 cm^{-1} , relativa ao estiramento da ligação dupla C=C ($\nu(\text{C=C})$). Nos espectros teóricos de ácidos graxos, estes dois modos são degenerados dando origem a uma única banda centrada em 1740 cm^{-1} (a intensidade relativa da banda $\nu(\text{C=C})$ em relação à $\nu(\text{C=O})$ para o derivado 18:1 é 0, 024:1) (Castilho-Almeida *et al.* 2012).

Nas bandas de frequência entre 1000 e 1500 cm^{-1} , o perfil do espectro é complexo e relativamente sensível para os ácidos graxos considerados. Para todos os compostos trabalhados, são observadas duas bandas muito próximas e de média intensidade entre $1430-1480\text{ cm}^{-1}$, que se relacionam aos modos de deformação angular simétrica no plano para CH₂-δs (CH₂) - e deformação assimétrica de CH₃-δas (CH₃).

Nota-se que para os ésteres insaturados essas bandas são mais sobrepostas, devido à contribuição do modo δas (C-H olefínico) próximo a 1430 cm^{-1} . Para os ésteres insaturados, é observada outra absorção característica próxima a 1280 cm^{-1} .



atribuída ao modo δ s (C-H olefínico), o qual possui intensidade semelhante ao modo assimétrico correspondente. As bandas que aparecem abaixo de 1250 cm⁻¹ se apresentam associadas às deformações angulares assimétricas e simétricas fora do plano para CH₂ – τ (CH₂) e ω (CH₂), respectivamente -, com intensidades medianas, e ao estiramento assimétrico associado ao grupamento funcional de ésteres (vas [CH₂(C=O) OCH₃]), os quais apresentam intensidades moderadas. Outra banda que merece atenção é a localizada próxima a 1000-1090 cm⁻¹, relativa ao estiramento da ligação C-O não acoplada de ésteres (Castilho-Almeida *et al.* 2012).

CONCLUSÃO

A extração de óleos ricos em constituintes químicos de interesse fármacos e alimentício, como ingredientes em rações industriais que apresentam alta aplicabilidade industrial por conta da sua riqueza em ácidos graxos. Tais nutrientes potencializam a matéria-prima que outrora era descartada, para o desenvolvimento de novos bioproductos como cosméticos, sabão ou sabonetes, ou então, suprir exigências de ácidos essenciais em rações animais ou serem convertidos para o consumo humano através de suplementos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMMAR, W. A., ALBEEESH, F. H., IBRAHIM, L. M., ALGINDAN, Y. Y., YAMANI, L. Z., & KHATTAB, R. Y. (2019). Effect of omega-3 fatty acids and fish oil supplementation on multiple sclerosis: A systematic review. Nutritional Neuroscience. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2019.1659560>
- ASHER, A., TINTLE, N. L., MYERS, M., LOCKSHON, L., BACAREZA, H., & HARRIS, W. S. (2021). Blood omega-3 fatty acids and death from COVID-19: A pilot study. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2021.102250>
- BERY, C. S. B., NUNES, M. L. N., SILVA, G. F., SANTOS, J. A. B., & BERY, C. S. (2012). Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Serioladumerillii* (arabaiana), *Thunnus* spp. (atum), *Scomberomorus cavala* (cavala) e *Carcharrhinus* spp. (cação) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel. Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias, 2(3), 297-306. <https://doi.org/10.7198/geintec.v2i3.62>
- BRUM, A. A. S., ARRUDA, L. F., & REGITANO-D'ARCE, M. A. B. (2009). Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. Química Nova, 32(4), 849-854. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000400005>
- CARUSO, G. (2015). Fishery Wastes and By-products: A Resource to Be Valorised. Journal of FisheriesSciences.com, 9(4), 80-83. Disponível em <https://www.fisheriesciences.com/fisheries-aqua/fishery-wastes-and-byproducts-a-resourceto-be-valorised.php?aid=8210>

CASTILHO-ALMEIDA, E. W., SANTOS, H. F. D., MIRANDA, A. M. D., JORIO, A., FERREIRA, E. H. M., ACHETE, C. A., ... ALMEIDA, W. B. D. (2012). Estudo teórico e experimental de espectros infravermelho de ésteres de ácido graxo presentes na composição do biodiesel de soja. *Química Nova*, 35(9), 1752-1757. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900009>

CHIAMAKA, L. M., GANG, Z., ELNALEE, B. B., HANGHAI, Z., SAMUEL, U., & OKON, C. Z. (2022). Fatty acid composition and nutritional analysis of waste crude fish oil obtained by optimized milder extraction methods. *Environmental Engineering Research*. <https://doi.org/10.4491/eer.2022.034>

CREXI, V. T., SOUZA-SOAREZ, L. A., & PINTO, L. A. A. (2009). Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: Characteristics and lipid profiles. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(8), 1642-1648. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01982.x>

DE OLIVEIRA, I. S., LOURENÇO, L. F. H., SOUSA, C. L., JOELE, M. R. S. P., & RIBEIRO, S. C. A. (2015). Composição do MSM do bagre brasileiro e propriedades tecnológicas da farinha de peixe. *Controle Alimentar*, 50, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.018>

FUJIWARA, Y., NASCIMENTO, A. F. J., LAGIOIA, S. J., SANTOS, P. F., DRUMMOND, A. R. F., GOIS, T. A., & PERES, S. (2016). Avaliação de óleo de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) para uso como biocombustível por termogravimétria e de calorimetria. In Anais do 6º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 9º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro de 2016 (pp. 1432). Anais – Artigos científicos, v. 1.

HARTMAN, L., & LAGO, R. C. A. (1973). Rapid preparation of fatty acid methyl esters. *Laboratory Practice*, 22(6), 475-494. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/18441624_Rapid_preparation_of_fatty_acid_methyl_esters

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

IVANOVS, K., & BLUMBERGA, D. (2017). Extraction of fish oil using green extraction methods: A short review. *Energy Procedia*, 128, 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.265>

JAFARI, H., LISTA, A., SIEKAPEN, M. M., GHAFFARI-BOHLOULI, P., NIE, L., ALIMORADI, H., & SHAVANDI, A. (2020). Fish collagen: Extraction, characterization, and applications for biomaterials engineering. *Polymers*, 12(10), 2230. <https://doi.org/10.3390/polym12102230>

LOPES, W. A., & FASCIO, M. (2004). Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. *Química Nova*, 27(4), 670-673. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000400025>

MORAES, S. M., ALVES, D. R., NASCIMENTO, J. E. T., CAVALCANTE, G. S., & VIEIRA ARAUJO, F. M. (2016). Composição química de lipídios de peixes nativos e exóticos em reservatórios do estado do Ceará, Brasil. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, 38(3), 243-247. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i3.31014>

NICOLAU, A. (2009). Polímeros obtidos a partir do ácido oleico: Obtenção e caracterização físico-química no estado sólido e em solução. Programa de pós-graduação em química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OZOGUL, Y., UCAR, Y., TAKADAS, F., DURMUS, M., KÖŞKER, A. R., & POLAT, A. (2018). Comparison of green and conventional extraction methods on lipid yield and fatty acid profiles of fish species. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(12), 1800107. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800107>

PEREIRA, K., CÔRREA, V., SOARES, C., LOPES, D., MOURA, R., & BORDIGNON, A. (2020). Perfil dos comerciantes de pescado no município de Pinheiro, Maranhão, Brasil. In A. Engenharia de pesca: produtividade e sustentabilidade (Ed.), 1^a ed., (cap. 8, p. 111-119). Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre.

PIELICHOWSKA, K.; GŁOWINKOWSKI, S.; LEKKI, J.; BINIAŚ, D.; PIELICHOWSKI, K.; JENCZYK, J. (2008). PEO/fatty acid blends for thermal energy storage materials. Structural/morphological features and hydrogen interactions. *European Polymer Journal*, v. 44, n. 10, p. 3344-3360. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.07.047>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014305708003686>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SABREDA, C. A. L.; LISSNER, L. A.; RODRIGUES, L. M. (2017). Avaliação do solvente empregado na extração do óleo residual do bagaço de oliva. In: III Encontro de Ciência e Tecnologia do IFSUL, 2017. Campus de Bagé - RS, 2017.

THUOC, D. V., MY, D. N., LOAN, T. T., SUDESH, K. (2019). Utilization of waste fish oil and glycerol as carbon sources for polyhydroxyalkanoate production by *Salinivibrios* sp. M318. *International Journal of Biological Macromolecules*, 17, 447–460. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-1641-4>

TORRINHAS, R. S.; CALDER, P. C.; GCERT, G. O. L.; WAITZBERG, D. L. (2021). Parenteral fish oil: an adjuvant pharmacotherapy for coronavirus disease 2019. *Nutrition*, v. 81, 110900. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110900>

VISENTAINER, J. V. (2003). Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça [Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas].

YUVARAJ, D. et al. (2019). Production of biofuels from fish wastes: An overview. Biofuels, v.10, n. 3, 301–307.

ZHANG, Y.; SUN, Q.; LIU, S.; WEI, S.; XIA, Q.; JI, H.; DENG, C.; HAO, J. (2021). Extraction of fish oil from fish heads using ultra-high-pressure pre-treatment prior to enzymatic hydrolysis. Innovative Food Science & Emerging Technologies, n. 21, p. 1466-8564. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102670>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856421000710>. Acesso em: 16 mar. 2021.

WANG, C.-H., DOAN, C.T., NGUYEN, V.B., NGUYEN, A.D., WANG, S.-L. (2019). Reclamation of fishery processing waste: A mini-review. Molecules, 24:2234. <https://doi.org/10.3390/molecules24122234>