



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, NATURAIS, SOCIAIS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

**EDILENE PINHEIRO FERREIRA**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS DE RESÍDUOS DE PEIXE DA  
FEIRA MUNICIPAL DE PINHEIRO, MARANHÃO.**

Pinheiro

2021

Centro de Ciências, Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia – CCHNST  
Estrada de Pacas, KM 10, Bairro Enseada - Pinheiro - MA - CEP: 65200-000  
Fones: (98) 3272-9743  
E-mail: eng.pesca@ufma.br

**EDILENE PINHEIRO FERREIRA**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS DE RESÍDUOS DE PEIXE DA  
FEIRA MUNICIPAL DE PINHEIRO, MARANHÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof<sup>ª</sup> Mikele Cândida Sousa de Sant'Anna

Pinheiro

2021

**EDILENE PINHEIRO FERREIRA**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS DE RESÍDUOS DE PEIXE DA  
FEIRA MUNICIPAL DE PINHEIRO, MARANHÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Aprovado em     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mikele Cândida Sousa de Sant'Anna** (Orientadora)  
Doutora em Engenharia Química  
Universidade Federal do Maranhão

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Yllana Ferreira Marinho**  
Doutora em Recursos Pesqueiros e Aquicultura  
Universidade Federal do Maranhão

---

**Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro**  
Doutorado em Ciências  
Universidade Federal de Maranhão

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde concedida, ensinamentos e por ser meu alicerce durante toda a minha jornada acadêmica;

Aos meus pais por sempre estarem meu lado, dando apoio e amor, e por todo esforço investido na minha educação;

Aos meus irmãos Neurenice, Neuriane, Elias, Natanael e, em especial, ao Mateus que me ajudou de forma extraordinária, sendo um verdadeiro amigo e companheiro, estando ao meu lado no momento que mais precisei;

À Thayara pela atenção, dedicação, conselhos, risadas, e por ser uma mulher maravilhosa, de grandeza ímpar me inspirando a ser cada dia melhor;

À Elizabethy pela parceria durante todo o curso, pelas confidências que aliavam as inseguranças sobre o futuro, sua amizade tornou-me mais forte;

A minha parceira de projeto Árgira por ser uma grande fonte de inspiração, pela amizade e companheirismo;

As minhas queridas amigas Marcia, Sandy, Ingrith, Vanessa, Cleudiane e Kerly sou imensamente grata por tê-las conhecido, saudades das fofocas, brincadeiras e dos momentos de descontração que aliavam o estresse trazendo mais leveza para a minha vida;

A minha docente e orientadora professora Mikele, pelo conhecimento repassado, pelo tempo concedido para me orientar, pelas correções e puxões de orelha, que foram sem dúvidas cruciais para a realização deste trabalho;

A minha coorientadora Professora Carla pela colaboração e todo amparo prestado nas análises realizadas deste estudo;

A minha professora Yllana que se disponibilizou para me auxiliar durante o processo de construção deste projeto, apoiando e contribuindo de forma significativa para a minha formação;

Aos professores do curso de engenharia de pesca que no decorrer dos anos contribuíram sobremaneira para o meu crescimento pessoal e profissional;

Ao grupo AMBIO que me acolheu e me deu suporte para começar no mundo da pesquisa científica;

A minha turma engenharia de pesca 2015.2 e aos demais amigos que fiz durante o período do curso sendo fundamentais para que eu chegasse até aqui.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Coleta e processamento do Material .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Métodos de extração de óleos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1 Método estufa.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1 Método soxhlet.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.3 Método panela de pressão.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Teor proteico da biomassa .....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Análise qualitativa por Cromatografia Gasosa (CG).....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Espectrometria de reflexão total atenuada no infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR) .....</b>	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Teor proteico da biomassa .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Perfil de ácidos graxos (CG) .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Espectros por infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR).....</b>	<b>16</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>19</b>
<b>ANEXOS (Espectros de absorção na região do infravermelho médio dos óleos obtidos na estufa, panela de pressão e soxhlet).....</b>	<b>24</b>

# EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS DE RESÍDUOS DE PEIXES DA FEIRA MUNICIPAL DE PINHEIRO, MARANHÃO.

Edilene Pinheiro Ferreira\*\*

## RESUMO

Com o incremento na produção e consumo de pescado, cresceu a preocupação quanto ao destino dos resíduos produzidos durante o seu processamento. Compostos por vísceras, nadadeiras, pele e escamas, os resíduos podem representar até 70% do peixe, dependendo da espécie e técnica de processamento aplicada. Estes rejeitos são, em sua maioria, despejados de maneira indevida em lixões a céu aberto ou nos próprios locais de comercialização, ocasionando graves problemas ambientais e sociais. Diante de tais problemáticas, tem-se enfatizado a necessidade de se obter valorização destes materiais e, ao mesmo tempo, contribuir para uma indústria de pescado mais sustentável. Deste modo, o presente estudo teve por objetivo extrair e caracterizar os óleos de resíduos de peixes, oriundos 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. Os resíduos foram coletados na feira livre do município de Pinheiro de forma aleatória e sem levar em conta suas respectivas espécies. As extrações foram realizadas por meio de secagem na estufa (ESF), cocção na panela de pressão (PP) e refluxo com solvente no extrator soxhlet (SX). Realizou-se as análises por cromatografia gasosa (CG) e por infravermelho com transformada de Fourier (ATR-FTIR) com a finalidade de identificar os principais constituintes presentes nesses óleos. A avaliação da composição química dos óleos evidenciou uma variedade de ácidos graxos em todas as amostras analisadas. 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 oleico (C18:1n9c), elaídico (C18:1n9t) e o esteárico (C18:0), enquanto nas amostras obtidos por soxhlet os ésteres majoritários foram o mirístico (C14:0) e o eicosadienoico (C20:2). Em relação aos métodos empregados, os tratamentos na estufa e panela de pressão apresentaram resultados mais satisfatórios em relação ao soxhlet. Contudo, devido à alta complexidade de cada amostra faz-se necessário mais estudos que avaliem os efeitos das condições experimentais de cada método sobre o rendimento, composição química e a viabilidade, de modo a direcionar o processo mais eficaz para cada aplicação desses lipídeos.

Palavras-chave: resíduos, óleo de peixe, cromatografia gasosa.

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, o acelerado crescimento populacional aliado a procura por hábitos alimentares mais saudáveis, impulsionaram a produção e o consumo de pescado em todo mundo. Segundo os dados divulgados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2018, a produção mundial de pescado atingiu o pico de 179 milhões de toneladas, desse total, o equivalente a 156 milhões de toneladas foram destinadas diretamente para o consumo humano. Diante desta expansão, a indústria pesqueira buscou implementar novas formas de comercialização baseadas na preparação de filés, formatados e embutidos com o intuito de atender à crescente demanda dos consumidores. Essas estratégias refletiram diretamente no consumo *per capita* global de peixes que registrou um crescimento de aproximadamente 3,1% entre os anos de 1971 a 2017, sobressaindo-se assim, a todas as outras fontes proteicas para o mesmo período (FAO, 2020).

A indústria de processamento de pescados é um setor amplo que inclui diversos processos, tais como, filetagem, cura, salga, defumação, enlatamento (SOUZA, 2018). Atualmente, estima-se que mais de 70% dos peixes capturados são processados, gerando uma grande quantidade de resíduos e subprodutos que compreendem cabeças, nadadeiras, pele, escamas, ossos, carcaças e vísceras, que muitas vezes representam mais de 50% do peso total do peixe, dependendo da espécie e da técnica de processamento aplicada (THUOC et al., 2019). Como resultado, grandes quantidades de resíduos são geradas sendo, em sua maioria, despejados de maneira indevida em lixões a céu aberto, córregos, rios e mares ou nos próprios locais de comercialização, ocasionando graves problemas ambientais e sociais (PINTO *et al.*, 2017; PIRES et al., 2014) que têm sido abordados pelo fato de que esses resíduos não têm aplicação direta (CARUSO 2015).

Diante de tais problemáticas, decorrentes do processamento do pescado, tem-se enfatizado a necessidade de se obter valorização destes resíduos e, ao mesmo tempo, contribuir para uma indústria de pescado mais sustentável. E uma das maneiras encontradas para mitigar o problema do descarte inadequado e os impactos decorrentes da ausência de políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, consiste em transformar estes resíduos em matéria-prima para extração de compostos de valor agregado, como exemplo, enzimas proteolíticas, hidrolisados de proteínas, colágeno, gelatina e óleos de peixe, que sejam capazes de cobrir todos os custos do processamento, descarte e danos ambientais ocasionados por esta indústria (SCHMIDT et al., 2016; FERREIRA, BRAGA, 2019; HUANG et al., 2019).

A produção de óleo de peixe é uma das principais vias de aproveitamento de subprodutos sendo requeridos pela biotecnologia industrial para a elaboração de fármacos, suplementos, cosméticos e alimentos funcionais (MEDEIROS-JUNIOR, EIRAS, ALVES, 2017). Sua composição integra uma variedade de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) em especial, os ômega-3 (eicosapentaenoico-EPA e docosaenoico-DHA), cujos benefícios à saúde são amplamente documentados (ZHANG et al., 2021). Seus efeitos benéficos têm sido associados ao tratamento de doenças graves como as, cardiovasculares (SISCOVICK et al., 2017), hepáticas (GURA et al., 2020), renais (RASHIDIA et al., 2019), entre outras. Contudo, a produção de óleo de peixes como fonte de ômega-3 envolve a procura de uma matéria-prima rica neste ácido graxo, que são os subprodutos adquiridos de diferentes espécies de peixes,

como também, o desenvolvimento de um método de extração adequado para a obtenção destes óleos.

Há diferentes métodos de extração de óleo: a frio, a quente e prensagem mecânica. O uso destes vai depender da matéria prima a ser extraída e da melhor forma de obter o melhor rendimento. O método soxhlet de extração é o mais comum empregado atualmente para obtenção de óleos, seu baixo ponto de ebulição apresenta-se como sua vantagem principal, no entanto, o grande volume de solvente utilizado aumentam os custos de produção ainda geram riscos à saúde e ao meio ambiente devido sua elevada toxicidade (SABEDRA, 2017). Por conta disso, novos métodos que promovam menos impactos vem sendo investigados. Processos que envolvem o controle de temperatura e pressão são citados na literatura como mais simples e controláveis (RODRIGUES, 2017), mas ainda são poucas as informações referentes as extrações de óleos de peixes através da utilização destes.

Diante do exposto, o município de Pinheiro, situado no estado do Maranhão, possui a feira livre como o principal ponto de comercialização de pescado. Neste ponto, os comerciantes realizam filetagem e outros tipos de cortes, lavagem dos peixes, utensílios e instalações, produzindo uma quantidade considerável de resíduos de pescado. Esses rejeitos acabam sendo descartados de maneira inadequada, seja por falta de conhecimento de boas práticas de como realizar esse descarte de forma correta ou por falta de estrutura adequada, por parte do poder público ou de locais apropriados para tal ação, corroborando para a aglomeração de diversos animais nas suas imediações, representando riscos a sanidade humana e ambiental.

Tendo em vista os potenciais da matéria-prima para produção de óleo e a ausência de informações referentes às análises de resíduos de pescado, o presente trabalho teve por objetivo extrair e caracterizar o óleo de resíduos de peixes, oriundo por diferentes métodos de extração, indicando os potenciais usos biotecnológicos e relatando os benefícios que poderiam surgir com a à redução dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Coleta e processamento do Material**

Os resíduos de pescado foram coletados na feira livre do município de Pinheiro-MA, no qual foram adquiridos cerca de 2 kg de resíduos compostos por vísceras, nadadeiras e escamas (Figura 1). O material visceral coletado foi condicionado em sacos plásticos herméticos e transportados para o Laboratório de Química, situado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Sendo triturados e homogeneizados com o auxílio de um multiprocessador (Philco All in One Citrus 800 W) e acondicionados em bandejas apropriadas para estufa e separados em quantidades ideais para a panela de pressão e soxhlet, em duplicata, para o processo de extração e consequente obtenção do óleo a partir de resíduos de peixe.

Figura 1: Resíduos de peixes coletados na Feira Municipal de Pinheiro (MA)



Fonte: Arquivo pessoal

## **2.3 Métodos de extração de óleos**

### **2.3.1 Método estufa**

A extração por secagem na estufa baseou-se no preconizado 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 foi armazenado e refrigerado.

### **2.3.1 Método soxhlet**

A metodologia para extração por soxhlet seguiu o estabelecido pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). Pesou-se 5g de amostras de 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 soxhlet e refluxados 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 hora até atingir peso constante. Depois de 12 h no dessecador, para resfriamento, os lipídeos obtidos foram acondicionados em frascos âmbar devidamente embalados a fim de evitar qualquer contato a luz e ao oxigênio.

### **2.2.3 Método panela de pressão**

As condições experimentais para a extração na panela de pressão foram determinadas modificando a metodologia proposta por Fujiwara e colaboradores (2016). Cerca de 0,4 kg de amostra foi pesada e cozida com o auxílio de uma panela de pressão doméstica a

110°C por 40 min. Após a cocção, o sobrenadante que correspondeu aos lipídios foi retirado e posteriormente centrifugado. A gordura obtida foi armazenada e mantida sob refrigeração.

## **2.4 Teor proteico da biomassa**

A identificação quantitativa do teor proteico da biomassa é importante para avaliar esse resíduo quanto ao desenvolvimento de novos produtos destinados para a alimentação animal. O teor proteico dos resíduos de pescado foi realizado segundo as normas INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

## **2.5 Análise qualitativa por Cromatografia Gasosa (CG)**

No preparo das amostras de óleos para a Cromatografia Gasosa foi necessário a derivatização das amostras, a fim de melhorar a sensibilidade dos compostos de interesse. O procedimento utilizado foi baseado no método de Hermann. Mediram-se, aproximadamente 50 mg do óleo em um erlenmeyer de 100 ml e 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 min em ebulição. Pela parte superior do condensador foram adicionados 6 ml de NH<sub>4</sub>Cl e a mistura permaneceu em ebulição por 3 min, em chapa de aquecimento com agitação, seguidos pela adição de 5 ml de solução saturada de NaHCO<sub>3</sub> por 2 min. Por último foram adicionados 5 ml de hexano. Depois de 2 minutos, a agitação foi suspensa e a reação deixada esfriar à 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<sup>-1</sup> foram armazenadas para posteriores análises.

Para análise qualitativa dos ésteres graxos presentes nos óleos de peixes, inicialmente, foram preparadas soluções de aproximadamente 1000 mg L<sup>-1</sup>, partindo das soluções estoques de 5000 mg L<sup>-1</sup>. 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 min<sup>-1</sup>. Uma programação de temperatura do forno iniciando em 90 °C (1,5 min) e aumentada até 190 °C com taxa de aquecimento de 5 °C min<sup>-1</sup>(4 min) até a temperatura final 240 °C com taxa de aquecimento 4 °C min<sup>-1</sup>(5 min). 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 eV e tempo total de análises 43 min. 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%.

## **2.6 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  $\text{cm}^{-1}$ , com 4  $\text{cm}^{-1}$  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.

## 2.7 Análise estatística

Os resultados das análises proteicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste Tukey com nível de significância estabelecido de 5%, através dos programas Microsoft Excel e Software Past.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Teor proteico da biomassa

O teor proteico constitui em um parâmetro importante a ser estudado em resíduos agroindustriais para o desenvolvimento de subprodutos alimentícios. A tabela 1 apresenta o quantitativo de cada biomassa após o processo de extração do óleo.

Ressalta-se que a amostra proveniente do extrator soxhlet foi insuficiente para análise por consequência do sistema de extração: extratores finos (menos volumosos) e cartucho para amostra menor. Nesse caso obteve amostra insuficiente para o mínimo exigido pela metodologia de teor de proteínas.

A repetição da análise/amostra não foi possível por dois motivos: 1) a análise foi realizada no município de São Cristóvão, estado de Sergipe, pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Laboratório de Tecnologias Alternativas (LTA); e 2) O isolamento social, ocasionado pela pandemia COVID-19, impossibilitou a realização da análise.

**Tabela 1:** Médias e desvios padrões do teor proteico da biomassa residual após as extrações de óleo

	<b>Estufa</b>	<b>Pressão</b>	<b>Soxhlet</b>	<b>Metodologia</b>
<b>Proteína</b>	10,66 ± 0,32 <sup>a</sup>	47,46 ± 0,48 <sup>b</sup>	Amostra insuficiente	IAL (2008)

\*valores expressos em média ± desvio padrão.

\*<sup>a,b</sup> Valores médios seguidos por letras diferentes diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Dentre as amostras analisadas, a biomassa resultante da extração em panela de pressão apresentou maior teor proteico com 47,46%, diferindo significamente da amostra obtida na estufa ( $P < 0,05$ ). Neste estudo o teor proteico foi realizado nas amostras quimicamente modificadas devido a extração dos lipídeos, o que pode ter reduzido o valor quando comparado com os resíduos.

Ao comparar o quantitativo proteico observados neste estudo aos relatados na literatura para farinhas de peixe produzidas a partir de resíduos de pescado observou-se uma variância e semelhança nos percentuais encontrados. Stevanato *et al.*, (2007) reportaram teor

de 35,5%, Santos *et al.*, (2016) 41,40%; Rodrigues (2016) 43,05 % e Souza *et al.*, (2020) de 33,95%. Rufino *et al.* (2019), afirmam que a farinha de peixes pode ser utilizada como ingrediente suplementar nas formulações de rações principalmente para organismos aquáticos como: os peixes, camarões, entre outros animais com resultados finais satisfatórios. Logo, a julgar pelo potencial proteico da biomassa demonstrado nas amostras do estudo atual e aos achados na literatura, o material residual pode ser sim útil para o desenvolvimento de outros subprodutos como farinha e rações.

### 3.2 Perfil de ácidos graxos (CG)

Os estudos cromatográficos apresentaram uma visão geral dos prováveis ácidos graxos presentes nos óleos obtidos através da extração dos resíduos de peixes em diferentes métodos de extração. A figura 2 apresenta os cromatogramas da corrente total de íons (TICCS) das amostras analisadas.

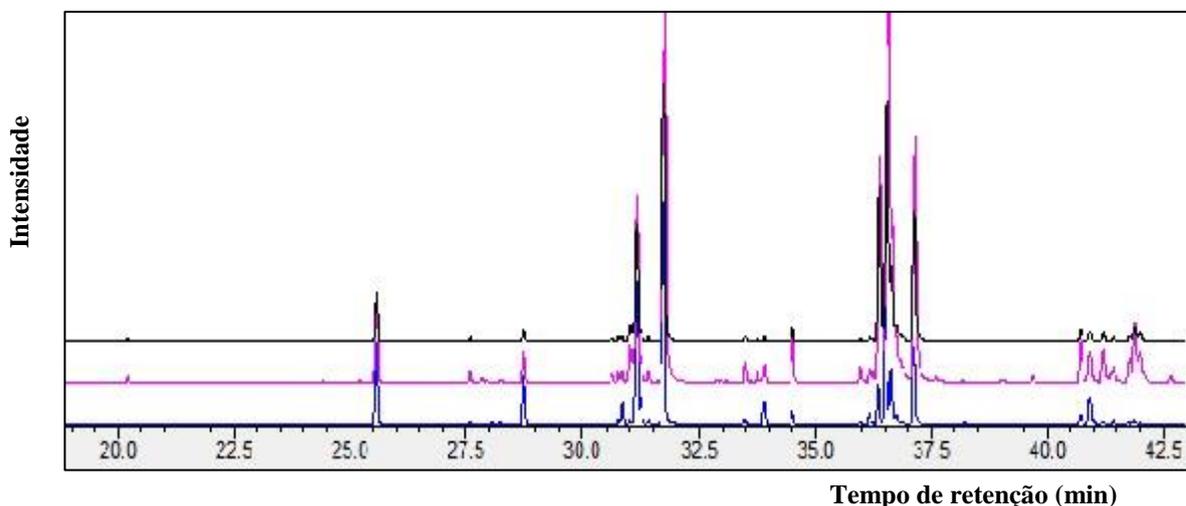


Figura 2: TICCs dos óleos de resíduos obtidos nos diferentes métodos de extração.

Após a análise dos TICCs apresentada na figura 2, pode-se observar que houve uma boa separação de picos com exceção de alguns picos formados nos 32 min e 36 min devido a concentração de ésteres da mesma série. Cada pico corresponde a um ácido graxo e seus respectivos tempos de retenção foram equiparadas com o tempo de retenção da mistura de padrões disponíveis de ácidos graxos resultantes de análises por GC-MS, tal como com a analogia dos espectros de massas gerados para cada pico com a biblioteca de espectros à disposição. O perfil cromatográfico permitiu verificar regiões dos cromatogramas semelhantes, apresentando diferença somente pela ordem de interações entre a amostra e a fase.

Os resultados da análise cromatográfica para determinação do perfil de ácidos graxos constam na tabela 1. 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 a presença

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

**Tabela 2:** Composição de ácidos graxos dos óleos extraídos nos métodos de estufa, panela de pressão e soxhlet

Cn:Cni	Ácidos graxos	Área relativa (%)		
		Amostras		
		Estufa	Pressão	Soxhlet
C14:0	Ácido mirístico	3,1	2.86	7.40
C15:0	Ácido pentadecilíco	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
C18:1 $\omega$ 9	Ácido oleico	27,3	22.39	0.82
C18:1 $\omega$ 9	Ácido elaídico	8,33	6.73	2.36
C18:2 $\omega$ 6	Ácido linoleico	0,3	0.33	0.37
C18:3 $\omega$ 3	Ácido $\alpha$ -linolênico	0,26	0.31	1.93
C20:2 $\omega$ 6	Ácido eicosadienoico	0,22	0.39	15.43
C20:3 $\omega$ 3	Ácido di-homo $\alpha$ -linolênico	0,26	0.44	3.71
C20:3 $\omega$ 3	Ácido eicosatrienoico	0,74	1.52	0.20
C20:4 $\omega$ 6	Ácido araquidônico	0,23	0.50	0.94
C22:6 $\omega$ 3	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
$\Sigma$ AGS	-	13,33	14,97	10,7
$\Sigma$ AGMI	-	35,63	34,19	3,18
$\Sigma$ AGPI	-	2,86	3,74	23,1
$\Sigma$ NI	-	26,42	26,11	26,32

Cn: n° de carbonos; ni: n° de ligas duplas; AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: ácidos graxos poli-insaturados; NI: não identificado.

Fonte: dados da pesquisa.

A avaliação da composição química dos óleos evidenciou uma variedade de ácidos graxos em todas as amostras analisadas. 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 oleico (C18:1n9c), elaídico (C18:1n9t) e o esteárico (C18:0), enquanto nas amostras obtidos por soxhlet os ésteres majoritários foram o mirístico (C14:0) e o eicosadienoico (C20:2).

Dentre os monoinsaturados (AGMI), o ácido oleico apresentou o maior percentual com teores de 27,3% e 22,39%, ambos obtidos na estufa e pressão, enquanto no soxhlet foi encontrado em menor expressividade. A predominância desse composto em óleos de peixes também foi observada Moraes et al., (2016) em peixes exóticos e nativos com teores variando

entre 13,2% a 27%. De forma semelhante Lemos (2015) avaliou a composição do óleo degomada de tilápia do Nilo e encontrou 16 ácidos graxos, os quais os ácidos majoritários foram o oleico (C18:1) seguido do Ácido Alfa-linolênico (C18:3 $\omega$ 6) e linoleico (C18:2 $\omega$ 6). De acordo com Oliveira (2016), a ingestão desse ácido vem sendo associado a efeitos positivos a saúde, atuando no aumento de HDL (lipoproteína de alta densidade) e a redução da pressão arterial. Neste estudo, a presença elevada desse composto aponta o potencial da matéria-prima para obtenção de óleo podendo ser utilizado para fins farmacêuticos como suplementos, por exemplo.

Ácidos de grande interesse e importância como os eláidico e esteárico também apresentaram concentrações elevadas na 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 significativamente aos identificados por Luzia et al., (2003) para a sardinha (48,12%) e corvina (38,2%). Vale ressaltar que os lipídeos avaliados neste trabalho são resultados da mistura do material residual de diversas espécies beneficiadas diariamente na feira, no qual, conforme Segura (2012) variam em função de fatores como tipo da espécie, estágio de desenvolvimento e principalmente alimentação.

Os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia altamente insaturada como os ômega 3 eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (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 a ingestão de ômega 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) observaram no olho de atum, 26,24% de DHA e 10,56% de EPA; e na espécie bonito, 16,25% de DHA e 9,48% de EPA.

Alguns ácidos não foram expressivamente encontrados em grandes proporções, tais como os ácido  $\alpha$ -linolênico (ômega-3) e o ácido linoleico (ômega-6). Esses ácidos são tidos como essenciais uma vez que o organismo não consegue sintetizá-los e por conta disso devem ser incluídos na dieta. Conforme o descrito por Crexi (2009), os peixes de água doce geralmente contêm baixas proporções de ácidos poli-insaturados  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 em relação a peixes marinhos. Uma provável explicação para os baixos níveis de poli-insaturados deve-se ao baixo número de espécies de águas salgadas processadas na feira municipal de Pinheiro uma vez 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, 2019).

Conforme o Departamento de Saúde da Inglaterra, HMSO (1994), os alimentos com valores da razão AGPI/AGS superiores a 0,45 são benéficos na prevenção de doenças cardiovasculares e razão n-6/n-3 inferior a 4, são vistas como saudáveis sob o aspecto nutricional para humanos. Ressaltando que a composição lipídica dos peixes é uma representação imediata da sua dieta, uma considerável espécie de peixe adquirindo alimentos com razões de AGPI/AGS e n-6/n-3 aceitáveis, como os existentes nas vísceras, manifestará uma carne com conteúdo lipídico esperado sob o ponto de vista nutricional. Nesse aspecto, os teores dos ácidos graxos linoleico e o linolênico encontrados nos óleos (Tabela 1), poderão ser utilizados para suprir as exigências de ácido graxo essencial.

Considerando a efetividade dos métodos de extração empregados, os processos de remoção do óleo na estufa e panela de pressão apresentaram maior precisão na extração de compostos. As baixas concentrações de ácidos graxos no soxhlet podem ser atribuídas ao fato do solvente hexano ser apolar não possuindo, neste caso, tanta eficiência para extrair lipídeos ligados (polares) como ocorre com outros solventes de maior polaridade. Além disso, o refluxo por longos períodos pode favorecer reações de hidrólise e de peroxidação comprometendo assim resultados analíticos posteriores, como a quantificação e determinação de certos componentes lipídicos (BRUM, ARRUDA, REDITANO-D'ARCE, 2009).

Gusso et al., (2012) relata que a complexidade de cada amostra não permite que apenas um método seja definido com o melhor sendo necessário considerar as vantagens e desvantagens que cada método apresenta e correlaciona-las com a amostra em questão. No presente estudo, os métodos de extração aplicados para remoção da gordura afetaram a qualidade dos óleos. A estufa apresentou maior viabilidade e controle dos processos com percentuais de ácidos graxos maiores em relação aos demais métodos. Mesmo com teores semelhantes, o óleo extraído na panela de pressão apresentou alto teor de impurezas precisando centrifugá-lo repetidas vezes. Em relação ao soxhlet, a quantidade baixa de amostras e o tempo em refluxo com o solvente tornaram o processo lento e menos prático resultando em teores aquém do esperado e mais caro, devido ao custo do solvente.

Como foi observado, os teores de óleos se alteram de acordo com metodologia empregada e isso sugere que diferentes frações lipídicas podem ser obtidas dependendo da tecnologia e espécie avaliada. Por se tratar de um trabalho cujo material resultou da mistura de resíduos produzidos na feira, as variações de compostos podem ter sofrido influência das espécies originárias. Por essa razão, são necessários mais estudos que analisem os efeitos de diferentes processos de extração sobre a composição e rendimento de cada espécie de peixe a fim de determinar o método mais eficaz.

Os óleos de peixes possuem larga aplicabilidade nas indústrias sendo utilizados na alimentação humana, produção de fármacos e como ingredientes em rações industriais agrícolas e aquícolas (SHEPHERD & JACKSON, 2013). Desta forma, a determinação de gordura e de ácidos graxos é fundamental. Em nosso estudo, a composição de dos óleos (tabela 2) mostrou-se rica em lipídeos com a presença de ômega essenciais, tal constatação indica que a frações lipídicas das vísceras de pescado podem ser recuperadas e usadas na fabricação de novos bioprodutos ou convertidas para o consumo humano, sendo uma solução viável de aproveitamento para os resíduos.

Rossetto & Signor (2021) justificam que a sustentabilidade têm sido uma das principais preocupações da sociedade atual e atrelado a isso, as indústrias processadoras de pescado, que atualmente geram quantidades significativas de resíduos, buscam meios tecnológicos sustentáveis que permite o aproveitamento desses resíduos, agregando valor a esta matéria prima por meio da geração de subprodutos de pescado de alto valor nutricional, utilizados para diversos fins.

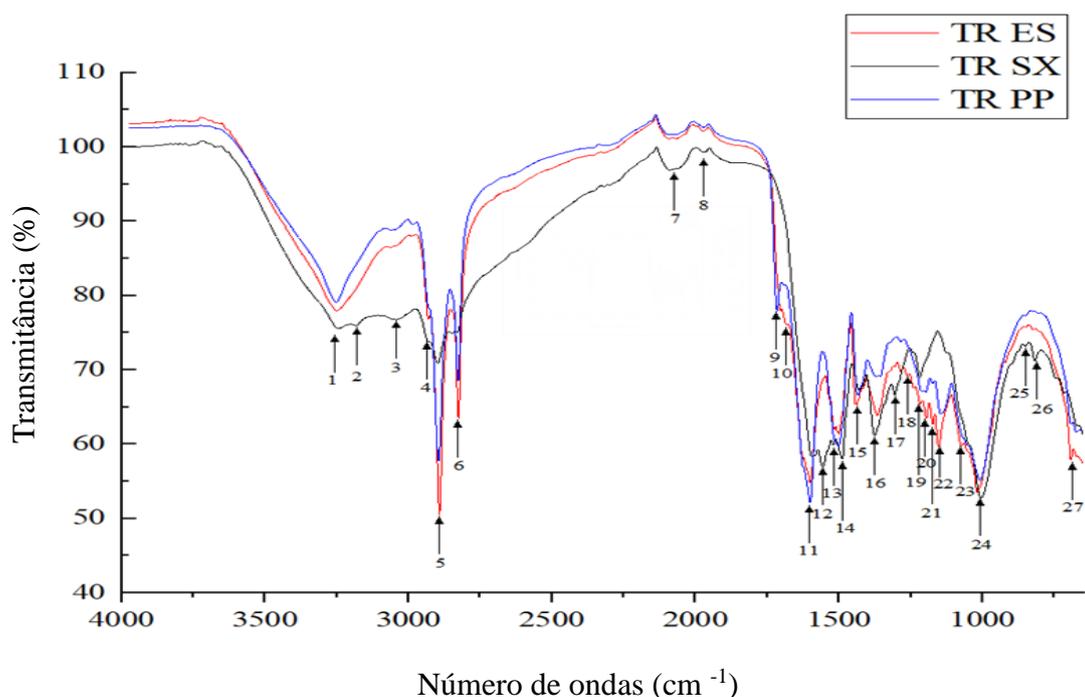
Verifica-se que com o avanço no processo de seleção dos resíduos, extração e caracterização, pode-se viabilizar a obtenção de um óleo com qualidade satisfatória, podendo assim ser utilizado como matéria-prima para diferentes fins: como alimentação animal e/ou humana, fármacos, entre outros, minimizando os recorrentes impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada desses resíduos.

### 3.3 Espectros por 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 (ONG et al., 2020).

A Figura 3 apresenta os espectros de absorção na região do infravermelho médio, no intervalo de 500 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

**Figura 3:** 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  $\text{cm}^{-1}$ , 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  $\text{cm}^{-1}$ ), devido a 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 ( $\nu_{\text{C-H}}$  e  $\nu_{\text{asC-H}}$ ) (2850-2960  $\text{cm}^{-1}$ ) e estiramento simétrico e assimétrico das ligações C-H em grupos olefínicos ( $\nu_{\text{C-Holef}}$  e  $\nu_{\text{asC-Holef}}$ ) (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  $\text{cm}^{-1}$  ( $\nu_{\text{C-Holef}}$  e  $\nu_{\text{asC-Holef}}$ ) 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  $\text{cm}^{-1}$  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  $\text{cm}^{-1}$ , 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  $\text{cm}^{-1}$  (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).

As bandas de frequência entre 1000 e 1500  $\text{cm}^{-1}$ , 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  $\text{CH}_2 - \delta_{\text{s}}(\text{CH}_2)$  - e deformação assimétrica de  $\text{CH}_3 - \delta_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ . Nota-se que para os ésteres insaturados essas bandas são mais sobrepostas, devido à contribuição do modo  $\delta_{\text{as}}$  (C-H olefínico) próximo a 1430  $\text{cm}^{-1}$ . Para os ésteres insaturados, é observada outra absorção característica próxima a 1280  $\text{cm}^{-1}$  atribuída ao modo  $\delta_{\text{s}}$  (C-H olefínico), o qual possui intensidade semelhante ao modo assimétrico correspondente. As bandas que aparecem abaixo de 1250  $\text{cm}^{-1}$  se apresentam associadas às deformações angulares assimétricas e simétricas fora do plano para  $\text{CH}_2 - \tau(\text{CH}_2)$  e  $\omega(\text{CH}_2)$ , respectivamente -, com intensidades medianas, e ao estiramento assimétrico associado ao grupamento funcional de ésteres ( $\nu_{\text{as}}[\text{CH}_2(\text{C=O})\text{OCH}_3]$ ), os quais apresentam intensidades moderadas. Outra banda que merece atenção é a localizada próxima a 1000-1090  $\text{cm}^{-1}$ , relativa ao estiramento da ligação C-O não acoplada de ésteres (CASTILHO-ALMEIDA et al., 2012).

Para este trabalho, análises (futuras) mais detalhadas das espectroscopias na região do infravermelho médio serão realizadas para maiores esclarecimentos e possíveis surgimentos de novos picos. Outras técnicas de espectroscopias, tais como RMN (Ressonância Magnética Nuclear) e Raman serão realizadas com o intuito de corroborarem com os espectros obtidos por FTIR para tais identidades moleculares.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nos aspectos abordados, os óleos apresentaram uma riqueza de compostos de grande valor comercial e nutricional que podem contribuir para a diversificação tecnológica por meio do desenvolvimento de subprodutos possibilitando, portanto, a redução dos impactos decorrentes do não aproveitamento desses materiais. Os principais ácidos graxos identificados foram o oleico, elaídico e esteárico obtidos nas amostras extraídas na estufa e pressão, e os ácidos mirístico e o eicosadienoico no soxhlet.

Em relação aos métodos empregados, a aplicação de diferentes tecnologias afetou a qualidade final dos óleos. Os tratamentos na estufa e panela de pressão apresentaram resultados mais satisfatórios em relação ao soxhlet. Contudo, devido à alta complexidade de cada amostra faz-se necessário mais estudos que avaliem os efeitos dos métodos analíticos sobre o rendimento, composição química e viabilidade de modo, para assim direcionar o processo mais confiável e eficaz para a extração de lipídeos.

## REFERÊNCIAS

BERY, C. S. B., NUNES, M. L. N., SILVA, G. F., SANTOS, J. A. B., BERY, C. S. Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Serioladumerlii* (arabaiana), *Thunnus* sp (atum), *Scomberomorus cavala* (cavala) e *Carcharrhinus* spp (cação) comercializados em Aracaju-SE para a produção de biodiesel. **Geintec: Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 3, p. 297-306, 2012. DOI: <https://doi.org/10.7198/geintec.v2i3.62>. Disponível em: <http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/62>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BORGUESI, R.; DE LIMA, L. K. F.; SANTOS, V. R. V.; LUIZ, D. B. Caracterização de resíduos Gerados no Beneficiamento Industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*). **Embrapa Pesca e Aquicultura**, 2017. 1. ed. p. 30.

BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química nova**, vol. 32 n.4, p. 849-854, fev.2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000400005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v32n4/v32n4a05.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

CREXI, V. T., SOUZA-SOAREZ, L. A.; PINTO, L. A. A. Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1642-1648, 2009. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/6702>. Acesso em: 14 jan. 2021.

CARUSO, G. Fishery Wastes and By-products: A Resource to Be Valorised. **Journal of Fisheries Sciences.com**, Italy, v. 9, n. 4, p. 080-083, nov. 2015. Disponível em: <https://www.fisheriessciences.com/fisheries-aqua/fishery-wastes-and-byproducts-a-resource-to-be-valorised.php?aid=8210>. Acesso em: 04 mar. 2021.

CHING-VELASQUEZ, J.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R.; RODRIGUES, R. C.; PLATA, V.; ROSALES-QUINTERO, A.; TORRESTIANA-SANCHEZ, B.; TACIAS-PASCACIO, V. G. production and characterization of biodiesel from oil offsh waste by enzymatic catalysis. **Renewable Energy**, v. 153, p. 1346-1354, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.100>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120302950>. Acesso em: 12 mar. 2021.

FERREIRA, A. G.; BRAGA, P. R. S. Mapeamento Tecnológico sobre as Técnicas de Obtenção de Óleo de Resíduos de Peixe. **Cadernos de Prospecção – Salvador**, v. 12, n. 5, p. 1516-1530, dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v12i5%20Especial.32986>. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/32986>. Acesso em: 23 dez. 2020.

FERREIRA, Amanda Guimarães. G. **Prospecção tecnológica sobre as técnicas de obtenção de óleo de resíduos de peixe, 2017**. Monografia Engenharia de Energia – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20205>. Acesso em: 12 dez. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture: Sustainability in action**. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

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 termogravimetria e de calorimétrica. 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. **Anais – Artigos científicos**, v. 1, p. 1432.

GURA, K. M, PREMKUMAR, M.H, CALKINS, K.L.; PUDER, M. Fish Oil Emulsion Reduces Liver Injury and Liver Transplantation in Children with Intestinal Failure-Associated Liver Disease: A Multicenter Integrated Study. **The Journal of Pediatrics**, v. 230, pag. 46-54, mar. 2021. DOI: 10.1016/j.jpeds.2020.09.068. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022347620312609>. Acesso: 03 mar. 2021.

GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; PELLEGRINI, L. G.; CASSANEGO, D. B.; RICHARD, N. S. P. S.; RIBEIRO, A. S. Comparação de diferentes métodos analíticos para quantificação de lipídios em creme de ricota. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, v. 67, n. 389, p. 51-55, nov/dez. 2012. Disponível em: <https://revistadoilct.com.br/rilct/article/viewFile/226/236>. Acesso em: 28 dez. 2020.

HUANG, T.; TU, Z-C.; SHANGGUAN, X.; SHA, X.; WANG, H.; ZHANG, L.; BANSAL, N. Fish gelatin modifications: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 260-269, abri. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417307483>. Acesso: 16 out. 2020.

HUANG, T. H.; WANG, P. W.; YANG, S. C.; CHOU, W. L.; FANG, J. Y. Cosmetic and Therapeutic Applications of Fish Oil's Fatty Acids on the Skin. **Mar Drugs**, v. 16, n. 8, p. 256, jul. 2018. DOI: 10.3390/md16080256. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30061538/>. acesso em: 22 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE, 2021**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/pinheiro.html>. Acesso em: 18 mar. 2021.

LEMOS, L.F. **Comparação do perfil de ácidos graxos de jundiás, *Rhamdia quelen*, cultivado e selvagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91609>.

MORAES, S. M.; ALVES, D. R.; NASCIMENTO, J. E. T.; CAVALCANTE, G. S.; VIEIRA-ARAÚJO, F. M. Composição química de lipídios de peixes nativos e exóticos em reservatórios do estado do Ceará, Brasil. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 38, n. 3, pág. 243-247, julho a setembro de 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i3.31014>. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86722016000300243&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86722016000300243&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 20 de fev. 2021.

DE OLIVEIRA, I. S.; LOURENÇO, L. F. H.; SOUSA, C. L.; JOELE, M. R. S. P.; RIBEIRO, S. C. A. Composição do MSM do bagre brasileiro e propriedades tecnológicas da farinha de peixe. **Controle alimentas**, v. 50, p. 38-44, abr. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713514004678> Acesso em: 01 de abril de 2021.

RASHIDIA, M.; RASHIDMAYVANB, M.; ALBOATIVIC, S.; AMIRI, F. The effect of fish oil supplements on serum levels of albumin, lipid profiles, and kidney function in patients with hypoalbuminemia admitted to an intensive care unit, Randomized controlled trial. **PharmaNutrition**, v. 13, pag. 100-197, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2020.100197>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213434420300220>. Acesso em: 22 mar. 2020.

RODRIGUES, João Socorro Lopes. **Produção e caracterização da farinha de peixe obtida a partir dos resíduos de tilápia utilizando secador solar**. 2021. Monografia – (Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – PB, 2016.

PEREIRA, K.; CÔRREA, V.; SOARES, C.; LOPES, D.; MOURA, R.; BORDIGNON, A. Perfil dos comerciantes de pescado no município de pinheiro, maranhão, brasil. **Engenharia de pesca: produtividade e sustentabilidade**. 1. ed. Piracanjuba-GO: Editora Conhecimento Livre, 2020. cap. 8, p. 111-119.

PINTO, B. V. V.; BEZERRA, A. E.; AMORIM, E.; VALADÃO, R. C.; OLIVEIRA, G. M. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**. Curitiba, PR, v.2, n.2, 15, jul./dez., 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21575/25254790rmmaa2017vol2n2223>. Disponível em: <http://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiMAA&page=article&op=view&path%5B%5D=223>. Acesso em: 05 set. 2020.

PIRES, D. R; MORAIS, A. G. N; COSTA. J. F; GOES, L.C.D.S.A; OLIVEIRA, G.M. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. **Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)**, v 9, n.5, p.34 - 46, dez. 2014. Disponível em: <http://oaji.net/articles/2015/2238-1445967088.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

ROSSETO, J. F.; SIGNOR, A. Inovações tecnológicas empregadas em coprodutos gerados pelo processamento do pescado. **Pubvet medicina veterinária e zootecnia**, v.15, n.4, p.1-11, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n04a796.1-1>. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/artigo/7735/inovaccedilotildees-tecnoloacutegicas-empregadas-em-coprodutos-gerados-pelo-processamento-do-pescado>. Acesso em: 05 fev. 2021.

RUFINO, J. P. F., CRUZ, F. G. G., GUIMARÃES, C. C., SILVA, A. F., & BATALHA, O. S. (2019). Uso de subprodutos do pescado na alimentação de aves. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v. 5, n.1, p. 001 – 014. Disponível em:

<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/RECAS/article/view/6796>. Acesso em: 25 de mar. 2021.

SABREDA, C. A. L.; LISSNER, L. A.; RODRIGUES, L. M. 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.

SANTOS, Weslei Martins. **Aproveitamento de subprodutos de resíduos de pesca para a produção de farinha**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

SANTOS, D. A., WILLY, K. A., & LIMA, D. Elaboração e perfil físico-químico e microbiológico de farinha de cabeça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: 25º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016, GRAMADO. Anais eletrônicos... Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/184.pdf>. Acesso em: maio de 2017.

SOUZA, A. C. S.; DA SILVA, R. G.; ZIMMER, F. C.; FUZINATTO, M. M. Produção e caracterização de farinha e óleo de resíduo de curimba (*Prochilodus lineatus*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 40711-40730, jun. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-564. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12193>. Acesso em: 10 de fev. 2021.

SCHMIDT, M. M., DORNELLES, R. C. P., MELLO, R. O., KUBOTA, E. H., MAZUTTI, M. A., KEMPKA, A. P. DEMIATE, I. M. Collagen extraction process. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 3, p. 913 – 922, nov. 2016. Disponível: [http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20\(03\)%202016/\(1\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(03)%202016/(1).pdf). Acesso em: 10 fev. 2021.

SOUZA, RAONÍ GONÇALVES DE. **Desenvolvimento e avaliação do hidrolisado proteico a partir da hidrólise enzimática de coprodutos de atum (*Thunnus alalunga*)**. 2018. Monografia (graduação) – CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA DE PESCA, Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Piúma, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/597>. Acesso em: 05 fev. 2021.

SISCOVICK, D.S., BARRINGER, T.A., FRETTS, A.M., WU, J.H.Y., LICHTENSTEIN, A.H.COSTELLO, R.B., KRIS-ETHERTON, P.M.; JACOBSON, T.A.; ENGLER, M.B.; ALGER, H.M.; APPEL, L.J.; MOZAFFARIAN, D. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid (Fish Oil) Supplementation and the Prevention of Clinical Cardiovascular Disease: A Science Advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v. 135, n. 15, pag. 867 – 884, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000482>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28289069/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

STEVANATO, F. B.; PETENUCCI, M. E.; MATSUSHITA, M.; MESOMO, M. C.; DE SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. E.; ALMEIDA, V. V.; VISENTAINER, J. V. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, V. 27, n. 3, p. 567-571, jul.-set. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a22v27n3.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2021.

THUOC, D. V.; MY, D. N.; LOAN, T. T.; SUDESH, K. Utilization of waste fish oil and glycerol as carbon sources for polyhydroxyalkanoate production by *Salinivibrio* sp. M318. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 141, p. 885 – 892, set. 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.09.063. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31513855/>. acesso em: 18 de abr. 2021.

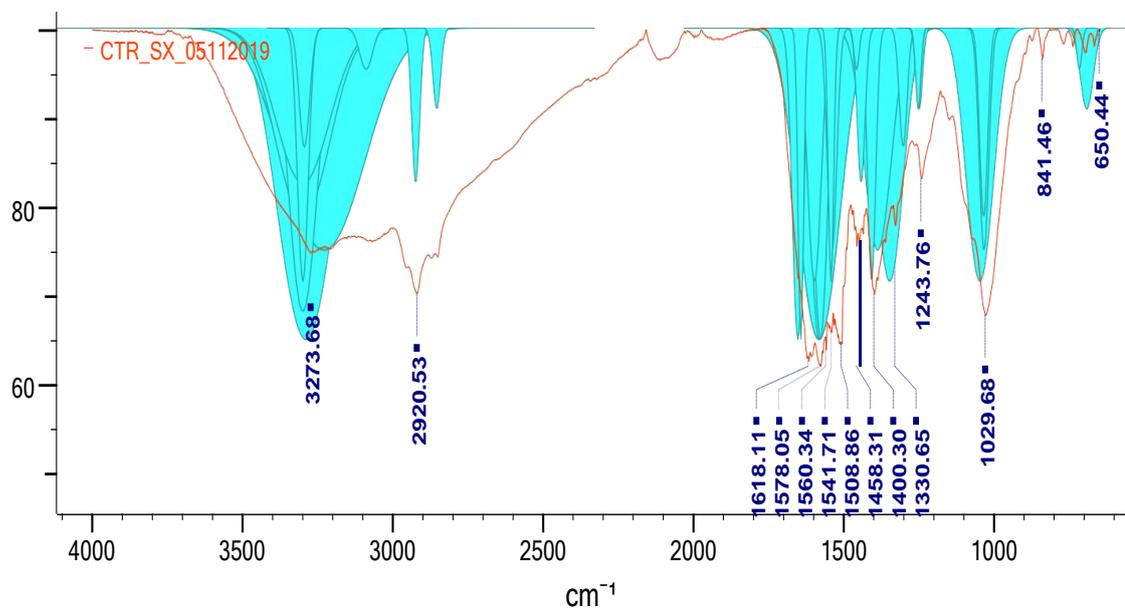
VISENTAINER, J.V. **Composição de ácidos graxos e quantificação dos ácidos LNA, EPA e DHA no tecido muscular de tilápias (*Oreochromis niloticus*), submetidas a diferentes tratamentos com óleo de linhaça.** 2003. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas,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

YAHYAEE, R.; GHOBADIAN, B.; NAJAFI, G. Waste fish oil biodiesel as a source of renewable fuel in Iran. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.17, p.312-319, 2013.

ZHANG, Y.; SUN, Q.; LIU, S.; WEI, S.; XIA, Q.; JI, H.; DENG, C.; HAO, J. 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, mar. 2021. 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.

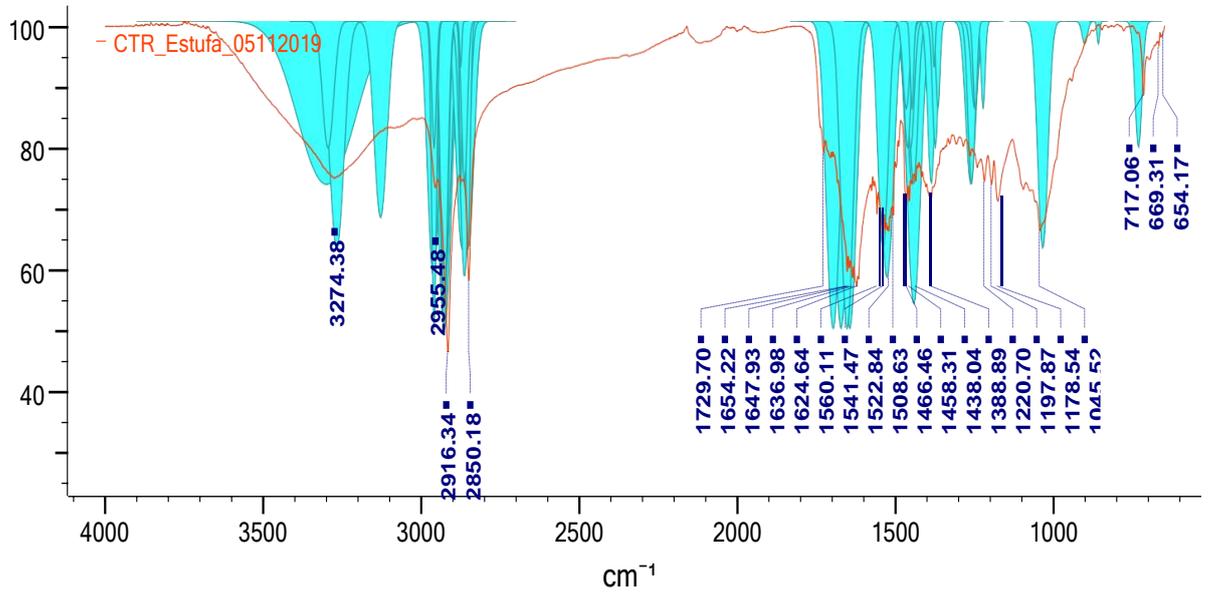
ANEXOS (Espectros de absorção na região do infravermelho médio dos óleos obtidos na estufa, panela de pressão e soxhlet)

MÉTODO SOXHLET



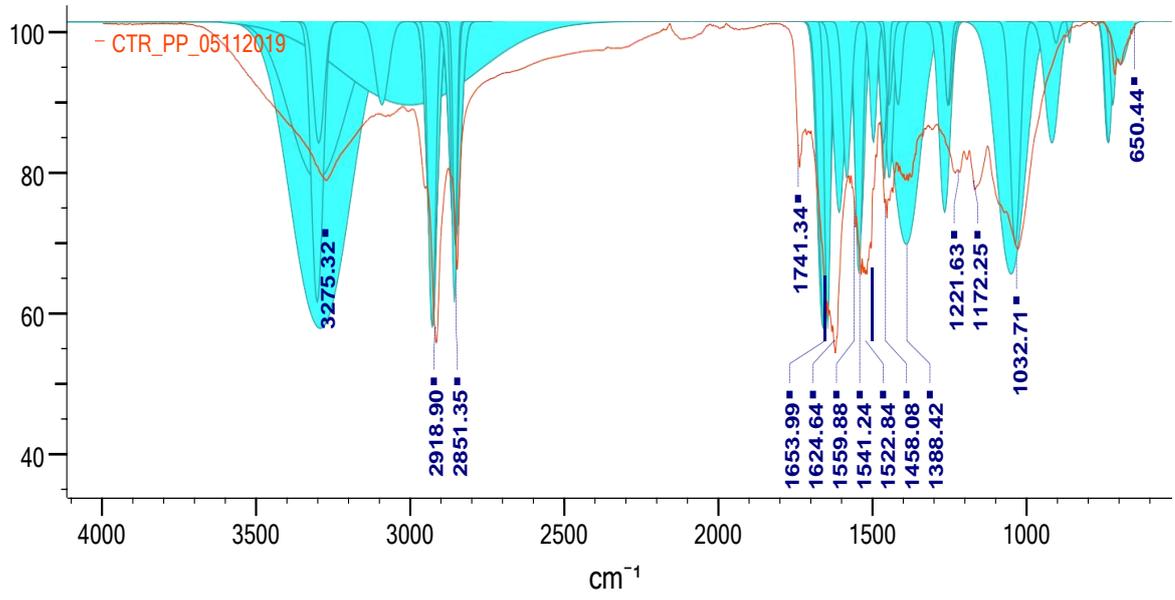
Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode	Notes
Amides						
	R-CO-NH-C					
		NH	3320-3270	medium	stretching	C=O and NH are in a tran
		C=O	1680-1630	strong	stretching	amide I
		NH	1570-1515	strong	combination	amide II, combination of
		NH	1305-1200	medium-weak	combination	amide III, combination of
Alcohols	HO-R-OH					
		OH	3300-3280	strong	stretching	hydrogen bonded, broad
		OH	1450-1330	medium	deformation	
		C-O	1100-1000	strong	stretching	
Alcohols	Ph-CHR-OH					
		OH	3400-3200	variable	stretching	hydrogen bonded, broad
		OH	1350-1260	strong	deformation	
		C-O	1075-1000	strong	stretching	
Alcohols	R-CH -OH					
		OH	3400-3200	variable	stretching	hydrogen bonded, broad
		OH	1480-1410	medium-weak	deformation	
		C-O	1075-1000	strong	stretching	
Hydrazines	NH-NH					
		NH	3350-3250	strong	stretching	
		NH	1620-1580	medium-strong	deformation	in-plane and out-of-plane
Polyamides-	Nylon 6					
		NH	3350-3250	strong	stretching	
		NH	3105-3075	weak	overtone	The weak band in the NH
		CH	2940-2910	medium	antisymmetric stretch	
		CH	2870-2840	medium-weak	symmetric stretching	
		C=O	1660-1630	strong	stretching	The Amide I band occurs
		NH	1560-1530	strong	deformation	The Amide II band occurs
		CH	1480-1440	weak	deformation	
		CN	1270-1240	weak	stretching	The Amide III band at ca.
		NH	1270-1240	weak	deformation	The Amide III band at ca.
		NH	740-650	weak	deformation	
		(CH	730-710	weak	combination	deformation rocking; (CH
Sulfur Comp	R-(C=S)-NH					
		NH	3360-3100	medium	stretching	thioamide
		NH	1650-1520	strong	deformation	
Sulfur Comp	R-NH-(C=S)-NH					
		NH	3360-3100	medium	stretching	thiourea
		NH	1650-1520	strong	deformation	
Carbo-Acids	NH RCOOH					
		C=O	1600-1560	strong	stretching	amino acids asymmetric
		C=O	1420-1400	strong	stretching	amino acids symmetric st
Carbo-Acids	RCOO					
		C=O	1610-1560	strong	stretching	salts of carboxylic acids a
		C=O	1400-1300	strong	stretching	salts of carboxylic acids s

# MÉTODO ESTUFA



Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode	Notes
Alkanes	C-(CH )					
		CH	2972-295	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2882-286	strong	symmetric stretching	
		CH	1475-143	medium	antisymmetric deform	
		CH	1395-138	medium	deformation	
		CH	1370-136	medium	deformation	
		CC	1255-124	medium	skeletal vibration	
		CC	1250-120	medium	skeletal vibration	
Amides	R-CO-NH-C					
		NH	3320-327	medium	stretching	C=O and NH are in a tra
		C=O	1680-163	strong	stretching	amide I
		NH	1570-151	strong	combination	amide II, combination of
		NH	1305-120	medium	combination	amide III, combination of
Solvent Imp	Hexane					
		CH	2964-295	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2932-292	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2880-287	medium	symmetric stretching	
		CH	2868-286	medium	symmetric stretching	
		CH	1472-146	weak	deformation	
		CH	1384-137	weak	deformation	
		CC	729-721	variable-weak	skeletal vibration	
Alkanes	R-CH -R					
		CH	2936-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2863-284	strong	symmetric stretching	
		CH	1485-144	medium	deformation	
Ureas	Cyclic NH-(C=O)-NH					
		NH	3315-322	medium	stretching	5 member ring
		C=O	1690-166	strong	stretching	
		NH	1450-144	medium-weak	deformation	
		C-N	1275-125	medium	stretching	
Alkanes	R(CH ) -C					
		CH	2936-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2863-284	strong	symmetric stretching	
		CH	1485-144	medium	deformation	
		CC	750-720	medium	skeletal vibration	
Hydrazides	PhCONHNHCOPh					
		NH	3280-298	medium	stretching	aromatic
		C=O	1730-167	variable-strong	stretching	
		C=O	1660-163	variable-strong	stretching	
		CNH	1535-152	strong	deformation	amide II
		CN	1285-124	medium	stretching	
Solvent Imp	Nujol					
		CH	2964-295	weak	antisymmetric stretchi	
		CH	2932-292	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2880-287	weak	symmetric stretching	

# MÉTODO PANELA DE PRESÃO (PP)



Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode	Notes
Amides	R-CO-NH-C					
		NH	3320-327	medium	stretching	C=O and NH are in a tra amide I
		C=O	1680-163	strong	stretching	
		NH	1570-151	strong	combination	
		NH	1305-120	medium	combination	amide II, combination of amide III, combination
Alkanes	R-CH -R					
		CH	2936-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2863-284	strong	symmetric stretching	
		CH	1485-144	medium	deformation	
Polyamides-	Nylon 11					
		NH	3350-325	strong	stretching	
		NH	3105-307	medium-weak	overtone	The weak band in theNH
		CH	2940-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2870-284	strong	symmetric stretching	
		C=O	1660-163	strong	stretching	The Amide I band occurri
		NH	1560-153	strong	deformation	The Amide II band occurr
		CH	1480-144	medium	deformation	
		CN	1270-124	medium-weak	stretching	The Amide III band at ca.
		NH	1270-124	medium-weak	deformation	The Amide III band at ca.
		NH	740-650	medium	deformation	
		-(CH	730-710	medium-weak	combination	deformationrocking; (CH
Alkanes	R(CH ) -C					
		CH	2936-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2863-284	strong	symmetric stretching	
		CH	1485-144	medium	deformation	
		CC	750-720	medium	skeletal vibration	
Carbo-Acids	COOH					
		O-H	3100-290	variable	stretching	very broad 3100 to 2500
		C=O	1670-165	strong	stretching	internal hydrogen bondin
		O-H	1440-139	weak	deformation	
		C-O	1320-121	strong	stretching	
		O-H	960-875	medium	deformation	broad out-of-plane OH...O
Solvent Imp	Cyclohexane					
		CH	2933-292	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2857-284	medium-strong	symmetric stretching	
		CH	1454-144	weak	deformation	
		Unkn	908-900	weak		
		Unkn	865-857	weak		
Alcohols	HO-R-OH					
		OH	3300-328	strong	stretching	hydrogen bonded, broad
		OH	1450-133	medium	deformation	
		C-O	1100-100	strong	stretching	

Alkanes	R(CH) -OR					
		CH	2936-291	strong	antisymmetric stretchi	
		CH	2863-284	strong	symmetric stretching	