



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
NÚCLEO UNIVERSITÁRIO DE CURUÇÁ
FACULDADE DE QUÍMICA

LAYLTON DAS MERCÊS SANTANA

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS ÓLEOS DO MUCAJÁ (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)
Lood. ex Mart) EM MEMBRANAS POLIMÉRICAS**

CURUÇÁ - PA
2022

LAYLTON DAS MERCÊS SANTANA

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS ÓLEOS DO MUCAJÁ (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)
Lood. ex Mart) EM MEMBRANAS POLIMÉRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Química, *Campus* Universitário de Ananindeua da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Emmerson Ferreira da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Alcy Favacho Ribeiro

CURUÇÁ - PA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

S231e Santana, Laylton das Mercês.
Estudo da aplicação dos óleos do mucajá (*Acrocomia
aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart) em membranas poliméricas /
Laylton das Mercês Santana. — 2022.
56 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Emmerson Ferreira da
Costa

Coorientador(a): Prof. Dr. Alcy Favacho Ribeiro
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de
Ananindeua, Curso de Química, Ananindeua, 2022.

1. *Acrocomia aculeata*. 2. Óleo vegetal. 3. Ácidos
graxos. 4. Biopolímero. I. Título.

CDD 547.77

LAYLTON DAS MERCÊS SANTANA

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DOS ÓLEOS DO MUCAJÁ (*Acrocomia aculeata* (Jacq.)
Lood. ex Mart) EM MEMBRANAS POLIMÉRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Química,
Campus Universitário de Ananindeua da
Universidade Federal do Pará, como
requisito parcial para obtenção do título de
Licenciado em Química.

DATA DE APROVAÇÃO: 05 /12 /2022

CONCEITO: _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Emmerson Ferreira da Costa
Orientador – UFPA

Prof. Dr. Alcy Favacho Ribeiro
Coorientador – UFPA

Profa. Ma. Katiane Cunha de Melo
Membro – UFPA

Prof. Dr. Mozaniel Santana de Oliveira
Membro – Museu Paraense Emílio Goeldi

Dedico este trabalho aos meus pais
Nazaré Silva e Lázaro Santana pelo
incentivo e apoio nessa caminhada
vitoriosa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pelas suas infinitas graças derramadas, que permitiu a realização dessa conquista em minha vida, por me fortalecer nos momentos difíceis ao longo dessa caminhada acadêmica.

Agradeço imensuravelmente aos meus pais **Nazaré Silva** e **Lázaro Santana**, foram essenciais para a concretização deste sonho. Obrigado por tudo que fizeram em minha vida, por acreditarem na minha capacidade, pelo incentivo e apoio durante essa caminhada para que nunca desistisse. Aos meus irmãos **Lucas Santana** e **Nayara Santana** que foi colega, amiga e companheira de turma ao longo dessa trajetória.

Agradeço aos meus companheiros de graduação **Magno Sousa**, **Warley Campos** e **Rosenilda Neves**, pelos trabalhos árduos no decorrer da formação acadêmica, pelas trocas de conhecimentos e aprendizados, pelos momentos de distrações.

Agradeço ao Laboratório de Óleos da Amazônia da Universidade Federal do Pará. A Doutoranda **Katiane Melo**, as Bolsistas **Adla Moura** e **Thaysa Reis** e a todos que ajudaram desde a preparação da amostra do mucajá à caracterização do óleo, obrigado pelo companheirismo e trocas de conhecimentos.

Agradeço a Mestranda **Sandryne Guimarães** na síntese e caracterização do biopolímero.

Agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. **Emmerson Costa** pela disponibilidade e confiança depositada.

Agradeço ao meu Coorientador Prof. Dr. **Alcy Favacho** pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

“Todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico.”

(BACHELARD, 1996)

RESUMO

O mucajá (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart) é uma palmeira oleaginosa, do fruto são extraídos óleos da polpa e amêndoa, ambos com potencial uso em biocombustíveis, cosméticos, alimentos funcionais entre outros. A interação de óleos vegetais em biopolímeros à base quitosana podem potencializar propriedades. Neste sentido, o mucajá também pode ser utilizado devido as propriedades presentes nos seus óleos. O presente trabalho tem como objetivo extrair óleos do fruto do mucajá, caracterizar e estudar sua aplicação em biopolímero. Os frutos foram coletados no município de Curuçá-PA, e óleos foram extraídos por solvente utilizando hexano pelo método soxhlet no Laboratório de Óleos da Amazônia (LOA) da Universidade Federal do Pará (UFPA). A caracterização físico-química dos óleos foi realizada de acordo com as normas oficiais da American Oil Chemists' Society (AOCS) foram determinados a composição em ácidos graxos, índice de acidez, índice de peróxido, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa. O biopolímero foi sintetizado à base de quitosana e óleo de mucajá. A caracterização do biopolímero foi realizada através das técnicas de termogravimetria (TG/DTG) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). O estudo do rendimento em função do tempo de extração, o maior resultado foi de 34,86% na polpa e amêndoa 16,40%. O perfil em ácidos graxos o óleo da polpa predominantemente constituído de ácidos graxos insaturados (82,71%). Para o óleo da amêndoa foi observado o contrário, tendo uma predominância nos ácidos graxos saturados (67,04%). Os índices de acidez e peróxido do óleo da polpa apresentaram acima do recomendado pela RDC nº 270/2005 da ANVISA. Quanto à matéria insaponificável, o óleo da polpa apresentou maior percentual (1,08%). A estabilidade oxidativa, o óleo da polpa apresentou período de indução 0,08 h e a amêndoa 8,18 h. No estudo da aplicabilidade dos óleos em biopolímero se mostra promissor, uma vez que o biopolímero sintetizado apresentou uma estrutura homogênea, estável e resistente.

Palavras-chave: *Acrocomia aculeata*. Óleo vegetal. Ácidos graxos. Biopolímero.

ABSTRACT

The mucajá (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart) is an oleaginous palm tree, whose pulp and almond oils are extracted from the fruit, both with potential use in biofuels, cosmetics, functional foods, among others. The interaction of vegetable oils in chitosan-based biopolymers can enhance properties. In this sense, mucajá can also be used due to the properties present in its oils. The present work aims to extract oils from the mucajá fruit, characterize and study its application in biopolymer. The fruits were collected in the city of Curuçá-PA, and oils were extracted by solvent using hexane by the soxhlet method at the Laboratory of Amazonian Oils (LOA) of the Federal University of Pará (UFPA). The physicochemical characterization of the oils was carried out in accordance with the official standards of the American Oil Chemists' Society (AOCS) where the fatty acid composition, acid value, peroxide value, unsaponifiable matter and oxidative stability were determined. The biopolymer was synthesized based on chitosan and mucajá oil. The characterization of the biopolymer was performed using thermogravimetry (TG/DTG) and scanning electron microscopy (SEM) techniques. The study of yield as a function of extraction time, the highest result was 34.86% in the pulp and almond 16.40%. The fatty acid profile of the pulp oil predominantly consists of unsaturated fatty acids (82.71%). For almond oil, the opposite was observed, with a predominance of saturated fatty acids (67.04%). The acidity and peroxide indexes of the pulp oil were above the recommended by RDC nº 270/2005 of ANVISA. As for the unsaponifiable matter, the pulp oil had the highest percentage (1.08%). The oxidative stability, the pulp oil presented an induction period of 0.08 h and the almond 8.18 h. The study of the applicability of oils in biopolymer shows promise, since the synthesized biopolymer presented a homogeneous, stable and resistant structure.

Keywords: *Acrocomia aculeata*. Vegetable oil. Fatty acids. Biopolymer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Palmeira do mucajá.....	19
Figura 2 – Fruto do mucajá.....	20
Figura 3 – Reação de esterificação formando triglicerídeo.....	21
Figura 4 – Estrutura dos ácidos graxos.....	22
Figura 5 – Estrutura dos principais ácidos graxos da polpa do mucajá, palmítico (16:0) (a), oleico (18:1) (b) e linoleico (18:2) (c).....	23
Figura 6 – Estrutura dos principais ácidos graxos da amêndoa do mucajá, caprílico (8:0) (a), cáprico (10:0) (b), láurico (12:0) (c) e mirístico (14:0) (d).....	24
Figura 7 – Estruturas da quitina e quitosana.....	27
Figura 8 – Localização do município de Curuçá – PA.....	29
Figura 9 – Local da coleta do fruto do mucajá.....	29
Figura 10 – Extrator soxhlet.....	30
Figura 11 – Concentração do óleo.....	31
Figura 12 – Cromatógrafo gasoso.....	32
Figura 13 – Rancimat.....	35
Figura 14 – Cromatograma obtido em CG do óleo da polpa do mucajá.....	38
Figura 15 – Cromatograma obtido em CG do óleo da amêndoa do mucajá.....	38
Figura 16 – Curvas TG/DTG da quitosana.....	42
Figura 17 – Curvas TG/DTG do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá.....	42
Figura 18 – Biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá.....	44
Figura 19 – Micrografias de MEV do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá: ampliação de 1KX (a), 5KX (b), 5KX (c), 10KX (d) e 10KX (e).....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimento do óleo da polpa.....	37
Tabela 2 – Rendimento do óleo da amêndoa.....	37
Tabela 3 –Composição em ácidos graxos do óleo da polpa e amêndoa do mucajá.	39
Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos dos óleos da polpa e amêndoa do mucajá..	41
Tabela 5 – Etapas da decomposição do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

LOA – Laboratório de Óleos da Amazônia

OACS – American Oil Chemists' Society

PA – Pará

UFPA – Universidade Federal do Pará

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem;
cm – Centímetro;
g – Gramas;
h – Hora;
Kg – Quilograma;
L – Litro
m/m – Massa por Massa;
mEq – Miliequivalente;
mg – Miligrama;
min – Minuto;
mL – Mililitro;
mm – Milímetro;
O₂ – Gás Oxigênio;
ppm – Partes por milhão;
p/v – Peso por Volume;
µm – Micrometro;
µL – Microlitro;
°C – Graus Celsius;
v/v – Volume por Volume.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo geral.....	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1 Mucajá (<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart).....	19
3.1.1 Características botânicas.....	19
3.2 Óleos vegetais.....	21
3.2.1 Ácidos graxos.....	22
3.2.2 Ácidos graxos presentes nos óleos do mucajá.....	23
3.3 Parâmetros de qualidade do óleo vegetal.....	25
3.4 Extração dos óleos vegetais.....	26
3.5 Biopolímeros.....	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
4.1 Coleta e preparação da matéria-prima.....	29
4.2 Extração dos óleos.....	30
4.3 Cálculo do rendimento dos óleos.....	31
4.4 Caracterização físico-química dos óleos do mucajá.....	31
4.4.1 Composição em ácidos graxos.....	32
4.4.2 Determinação do índice de acidez.....	32
4.4.3 Determinação do índice de peróxido.....	33
4.4.4 Matéria insaponificável.....	34
4.4.5 Estabilidade oxidativa.....	34
4.5 Síntese do biopolímero à base de quitosana e óleo de mucajá.....	35
4.6 Caracterização do biopolímero.....	35
4.6.1 Análise termogravimétrica (TG/DTG).....	36
4.6.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1 Rendimento dos óleos.....	37
5.2 Determinação da composição em ácidos graxos.....	38

5.3 Caracterização físico-química dos óleos do mucajá.....	40
5.4. Termogravimetria (TG/DTG).....	42
5.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e imagem fotográfica.....	43
6 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXOS.....	57

1 INTRODUÇÃO

Materiais derivados da indústria petroquímica serviram de base durante anos para a produção de bens de consumo da sociedade, no entanto, a descoberta dos impactos ambientais ocasionados pelo uso desses produtos impulsionaram a busca por alternativas sustentáveis. Dessa forma, os polímeros naturais também conhecidos como biopolímeros os quais são oriundos de recursos naturais se apresentam como uma alternativa para produção de materiais biodegradáveis (FARIAS et al., 2016).

A quitosana é um biopolímero muito utilizado na fabricação de géis, filmes, películas e membranas, possui uma estrutura química com características únicas como: biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixa toxicidade e facilidade de reprocessamento, quando acrescido de óleos vegetais formam filmes e emulsões com características distintas, podendo ser utilizados em setores diversos, como fármacos, embalagens e proteção a produtos (AMARAL et al., 2017; BENVENUTTI, 2020; SOUSA et al., 2019).

A Região Amazônica possui várias espécies oleaginosas, das quais se extraem óleos vegetais de composição química e propriedades físico-químicas variadas e apresentam potencial econômico, tecnológico e nutricional, despertando o interesse do meio científico em diversificadas áreas, como na fabricação de produtos farmacêuticos, cosméticos, alimentícios, combustíveis renováveis, entre outros (SARQUIS et al., 2020; SILVA et al., 2018).

Entre as várias espécies oleaginosas, destaca-se a família Arecaceae (Palmáceas) por apresentarem elevado percentual de óleo em seus frutos, estão entre elas o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), buriti (*Mauritia flexuosa*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*), dendê (*Elaeis guineensis*) açaí (*Euterpe oleracea*), inajá (*Maximiliana maripa*), bacaba (*Oenocarpus bacaba*); mucajá (*Acrocomia aculeata*) e babaçú (*Orbygnia phalerata*) (AGUIAR, 2021; BARBOSA et al., 2009; FURTADO, 2014).

Dentre as espécies estudadas da família Arecaceae o mucajá (*Acrocomia aculeata*) destaca-se devido ao seu elevado potencial de produtividade e amplas possibilidades para o uso dos óleos extraídos do fruto, apresenta um bom potencial como matéria-prima para a produção de biodiesel, além de ser muito utilizado na

indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica (ABREU et al., 2011; CARDOSO; RODRIGUES; SANTOS, 2016). Callegari (2015) utilizou os óleos do mucajá na formulação de cremes e loções hidratantes para a pele humana.

Diante do pressuposto, o objetivo deste trabalho foi extrair óleos do mucajá, coletados no município de Curuçá - PA, e fazer um estudo preliminar na aplicação em biopolímero.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Sintetizar biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o rendimento em função do tempo de extração dos óleos da polpa e da amêndoa;
- Determinar o perfil em ácidos graxos dos óleos;
- Caracterizar os óleos segundo os parâmetros de qualidade;
- Realizar a análise termogravimétrica (TG/DTG) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) no biopolímero obtido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mucajá (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart)

O mucajá assim popularmente conhecido na Região Norte, também conhecido na Região do Cerrado como macaúba, possui nome científico *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart (CARGNIN; JUNQUEIRA; FOGAÇA, 2008). De acordo com Cerratinga (2021) o mucajá possui vasta sinonímia popular no Brasil: macaúba, mocujá, mocajá, macaíba, macaiúva, bacaiúva, bocaiúva, umbocaiúva, imbocaiá, coco-de-catarro ou coco-de-espinho.

Figura 1 - Palmeira do mucajá



Fonte: <https://agro20.com.br/macauba/>

O mucajá é uma palmeira que tem povoamento principalmente em áreas abertas com alta incidência solar (BHERING, 2010; COSTA, 2009). No Brasil, estendem-se desde os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Centro-Oeste, Nordeste e Norte do Brasil (AQUINO et al., 2008). Essa palmeira possui maior ocorrência na Região do Cerrado, com destaque os estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (BHERING, 2009).

3.1.1 Características botânicas

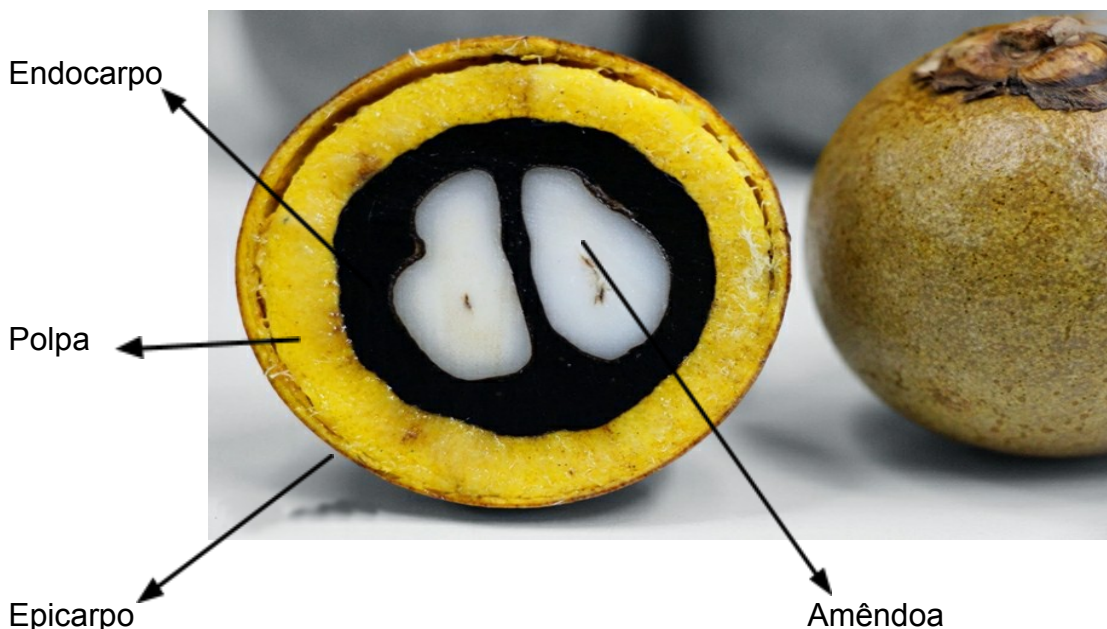
As palmeiras são robustas cujo estipe atinge de 10 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro (LORENZI, 2006). Uma de suas principais características é a presença de espinhos ao longo do estipe, folhas, folíolos, cacho e inflorescência (MOTA et al., 2011). Entre as folhas destacam-se a espata de até 2 m de comprimento, as inflorescências amarelas e os cachos de frutos marrom-amarelado (LORENZI; NEGRELLE, 2006).

De acordo com Mota et al., (2011):

As fases de floração e frutificação possuem grande variação, causada pelos fatores climáticos de cada região. A fase de desenvolvimento do fruto inicia-se no final do período chuvoso, contudo, é no período de seca que os frutos completam seu desenvolvimento, culminando com sua queda entre outubro e março, dependendo da localização geográfica. Os frutos são dispersos por vários animais silvestres, tais como roedores, aves e animais domésticos como gado.

Os frutos são formados por cerca de 20% de casca (epicarpo), 40% de polpa (mesocarpo), 33% de tegumento (endocarpo) e 7% de castanha (amêndoa) Figura 2 (BERTON, 2013; BHERING, 2009; CICONINI et al., 2013).

Figura 2 - Fruto do mucajá



Fonte: Adaptado de Portal Macaúba, 2020.

O epicarpo possui uma coloração verde, quando em seus estádios iniciais de desenvolvimento, passando a verde-amarela, amarela ou castanha quando maduro. Essa variação de cor é dependente da região de ocorrência e da planta. O formato do fruto é globoso, sendo que seu tamanho pode variar de 2,0 a 3,5 cm. O mesocarpo é fibroso e

mucilaginoso, de cor amarela ou branca, dependente ou não do estágio de desenvolvimento do fruto, tal variação está relacionada com a localização geográfica da planta, assim como há variação em um mesmo aglomerado de plantas (MOTA et al., 2011).

De acordo com Machado et al. (2010) do fruto mucajá são extraídos óleos da polpa e amêndoa, com uma quantidade de óleo maior na polpa, ambos utilizados para a fabricação de ceras, biocombustível e cosméticos, bem como para a alimentação humana e animal.

3.2 Óleos vegetais

Os óleos e gorduras fazem parte do grupo de compostos de lipídios e são substâncias hidrofóbicas, de origem animal ou vegetal, constituídos principalmente por triglicerídeos (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005; NUNES, C. 2013). Os triglicerídeos ou triacilgliceróis resultam da esterificação de uma molécula de glicerol com três moléculas de ácidos graxos (Figura 3), são considerados os principais responsáveis pelo desenvolvimento do ranço (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; KOWALSKI; MORESCO; RITT, 2017).

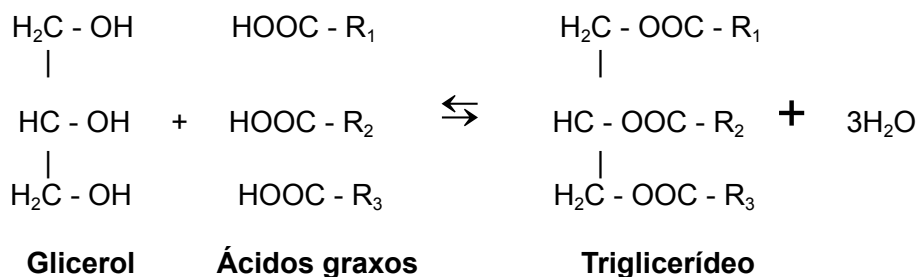


Figura 3 - Reação de esterificação formando triglicerídeo.

Fonte: Adaptado de MERÇON, 2010.

As propriedades físicas e químicas dos óleos e gorduras dependem dos tipos e proporções dos ácidos graxos que os constituem, bem como do modo em que se distribuem na molécula de glicerol (JORGE, 2009).

Além dos triglicerídeos, os óleos e gorduras contêm compostos minoritários, tais como: fosfolipídios, cerídeos, clorofilas, constituintes insaponificáveis

(hidrocarbonetos, esteróis, carotenóides e vitaminas lipossolúveis) e produtos de alteração (aldeídos e cetonas) (CARVALHO, 2011; PESSOA, 2017).

Os triglicerídeos líquidos a temperatura ambiente são denominados óleos, com conteúdo de ácidos graxos insaturados elevado, os sólidos ou pastosos são referidos como gorduras com a predominância de ácidos graxos saturados (GARCIA, 2006; GAUTO; ROSA, 2013; LUZ; SOUZA, 2014).

3.2.1 Ácidos graxos

Os ácidos graxos são cadeias alifáticas saturadas ou insaturadas formam uma classe de compostos que contêm uma longa cadeia hidrocarbonada e um grupamento carboxila terminal e apresentam diferentes tamanhos de cadeias (Figura 4) (BELL et al., 1997; JORGE, 2009; FERREIRA et al., 2012).

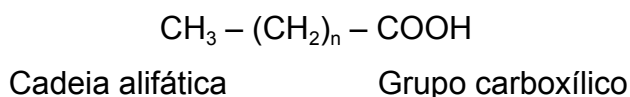


Figura 4 - Estrutura dos ácidos graxos

Fonte: JORGE, 2009.

As cadeias classificam-se em cadeia curta de 4 a 8 átomos de carbono (gorduras de laticínios); cadeia média, de 8 a 12 carbonos (óleo de coco e de palmeira) e os de cadeia longa, mais de 12 átomos de carbono (muitos tipos de gorduras de origem animal). A presença ou não de duplas ligações na cadeia determina o grau de saturação do ácido graxo (NOVELLO; FRANCESCHINI; QUINTILIANO, 2008; RAPOSO, 2010).

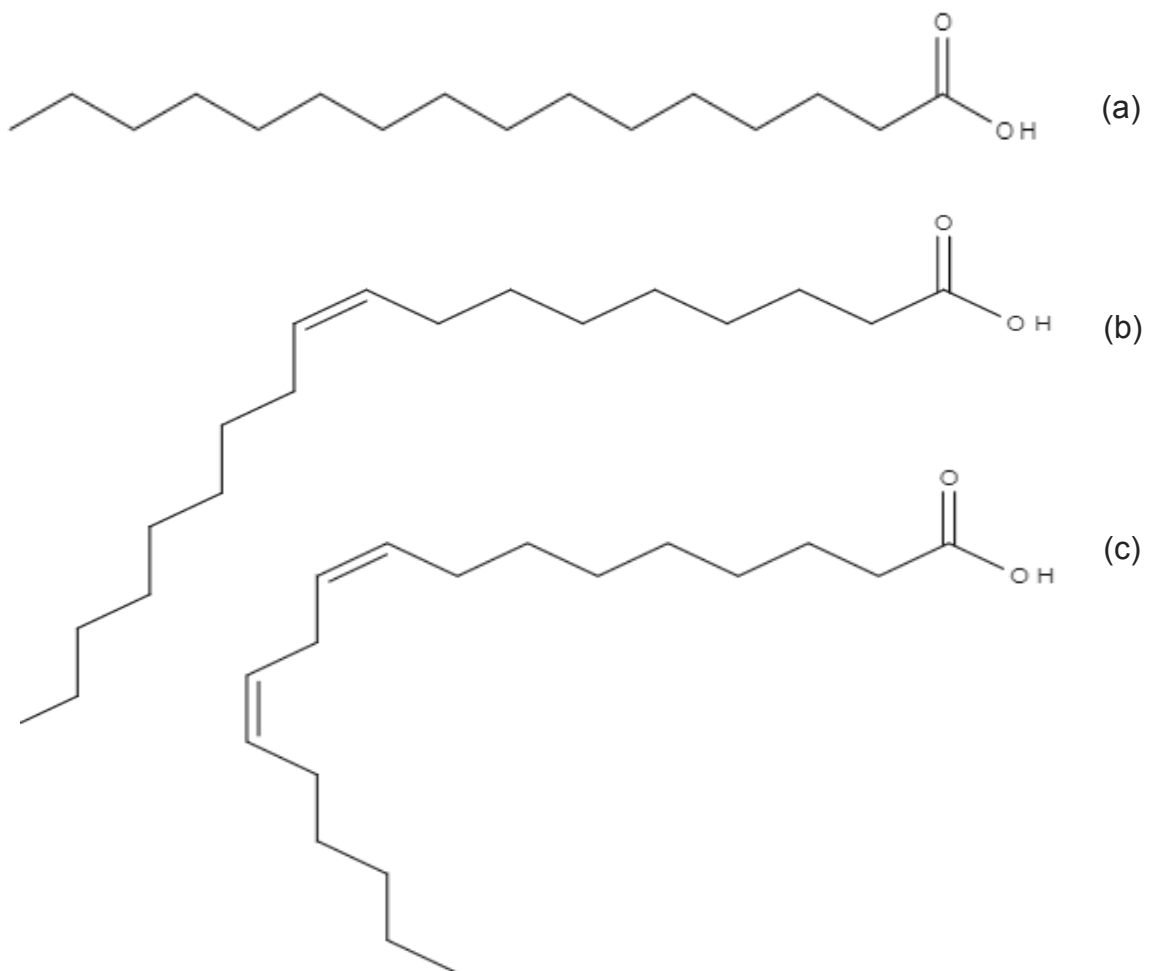
Ácidos graxos saturados são aqueles cuja cadeia hidrocarbonada apresenta apenas ligações simples entre os átomos de carbono. Quando ocorre uma ou mais ligações duplas, o ácido graxo é denominado insaturado (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005). Os insaturados classificam-se em monoinsaturados quando apresentam em sua cadeia uma dupla ligação e poliinsaturados duas ou mais duplas ligações (SOUZA; MATSUSHITA; VISENTAINER, 1998).

Segundo Lolos, Oreopoulou e Tzia (1999) os óleos vegetais que possuem uma grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados estão mais sujeitos à oxidação do que óleos que possuem maior quantidade de ácidos graxos saturados, devido a ligação ser mais forte.

3.2.2 Ácidos graxos presentes nos óleos do mucajá

O óleo da polpa é constituído principalmente por três ácidos graxos, palmítico, oleico e linoleico, juntos correspondem cerca de 80% a 95% de todos os ácidos graxos presentes no óleo, é encontrado ainda ácido linolênico, (Figura 5) (ANTONIASSI et al., 2013; MOTA et al., 2011).

Figura 5 - Estrutura dos principais ácidos graxos da polpa do mucajá, palmítico (16:0) (a), oleico (18:1) (b) e linoleico (18:2) (c).



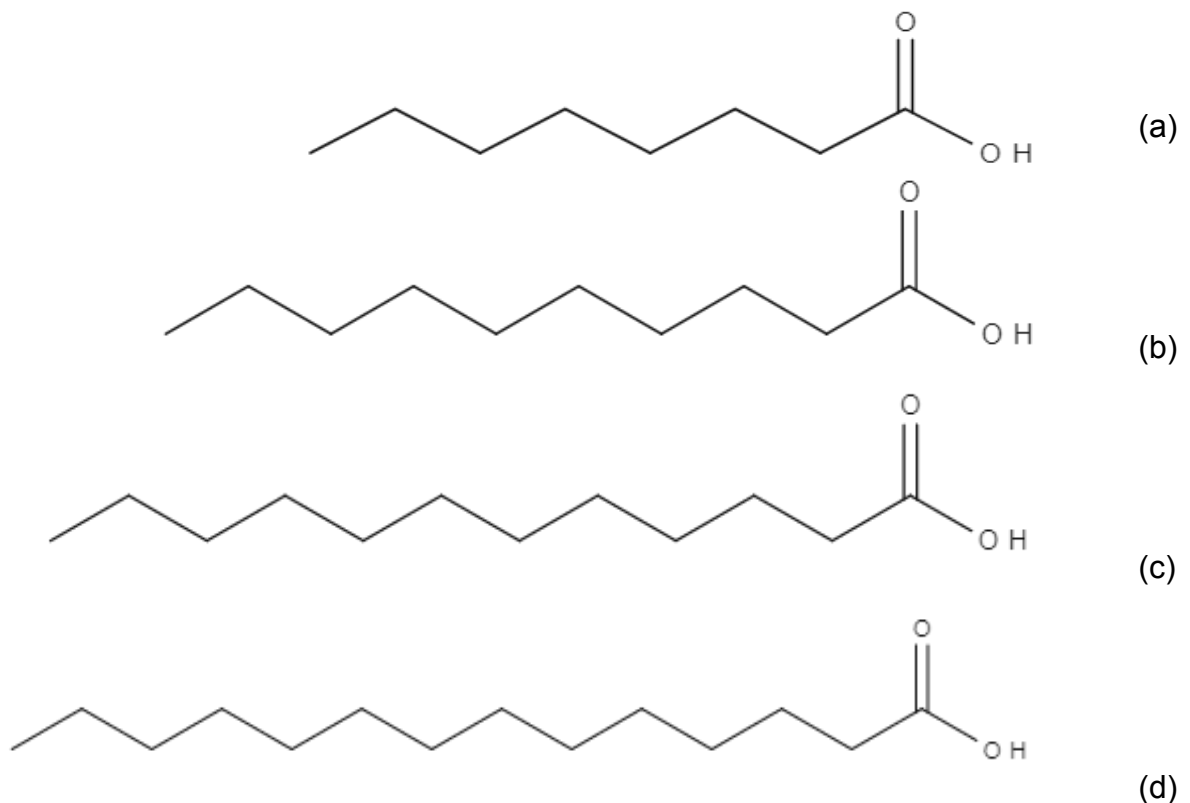
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al., 2012.

A presença de ácidos graxos insaturados, principalmente os essenciais das famílias (ômega 3, 6 e 9), que estão inclusos os ácidos oleico e linoleico, torna o óleo vegetal interessante do ponto de vista medicinal e fitoterápico (SILVA L., 2018).

Segundo Cardoso (2004), em alimentos funcionais, o ácido oleico diminui acentuadamente o colesterol não benéfico a saúde (LDL), tão quanto os ácidos poliinsaturados, e proporciona um aumento do bom colesterol (HDL), além disso é menos susceptível à oxidação do que os ácidos poliinsaturados, que resulta em menor risco a doenças cardiovasculares e acidentes cerebrovasculares.

O óleo da amêndoa é composto por ácidos graxos de cadeia curta, os principais ácidos graxos encontrados são: caprílico, cáprico, láurico e mirístico (Figura 6), juntos compõem entre 56% e 71%, de toda gordura da amêndoa, ressaltando, maior composição em ácidos graxos saturados (MOTA et al., 2011).

Figura 6 - Estrutura dos principais ácidos graxos da amêndoa do mucajá, caprílico (8:0) (a), cáprico (10:0) (b), láurico (12:0) (c) e mirístico (14:0) (d)



Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2017.

As gorduras saturadas, constituídas principalmente pelo ácido láurico possuem propriedades anti-inflamatórias através da inibição da síntese local de prostaglandinas e interleucina que são substâncias pró-inflamatórias presentes em quadros reumáticos, artrites e inflamações musculares, o ácido láurico, também

apresenta propriedades antimicrobiana e antibactericida (Melo et al., 2017; PREUSS et al., 2005).

3.3 Parâmetros de qualidade do óleo vegetal

De acordo Resolução nº 270 da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) os óleos e gorduras prensados a frio e não refinados devem apresentar índices máximos de acidez 4 mg KOH/g e peróxido 15 mEq O₂/kg (BRASIL, 2005).

O índice de acidez é indicativo da rancidez hidrolítica resultante da hidrólise dos triglicerídeos presentes nos óleos e gorduras, com formação do glicerol e ácidos graxos livres que causam sabor e odor desagradável, promovida por umidade e catalisada por enzimas lipases e pode ser acelerada por luz e calor (NHATAVE, 2015; RABÊLO, 2007).

A acidez é um parâmetro variável que está relacionado a diferentes fatores, tais como, a natureza e qualidade da matéria-prima, pureza do óleo, procedimento de obtenção e as condições de conservação (HUI, 1996; ROVERE; RODRIGUES; TELEKEN, 2020).

O índice de peróxido está relacionado a rancidez oxidativa, também chamada de autooxidação é uma reação do oxigênio atmosférico com as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados produzindo peróxidos e hidroperóxidos (TIRITAN; BEUX, 2006). A autooxidação tem como consequência a destruição das vitaminas lipossolúveis, ácidos graxos essenciais, pigmentos e proteínas, além da formação de subprodutos com sabor e odor forte e desagradável (ALENCAR, 2006; FILHO; VASCONCELOS, 2016).

A matéria insaponificável determina nos óleos vegetais a presença de pequenas quantidades de substâncias como esteróis, tocoferóis, pigmentos e hidrocarbonetos, além de compostos fenólicos que retardam a oxidação (COSTA-SINGH; BIITENCOURT; JORGE, 2012; FARHOOSH; TAVASSOLI-KAFRANI, 2010; O'BRIEN, 2010).

A estabilidade oxidativa é um importante parâmetro de qualidade, sendo a maior causa de deterioração de óleos e gorduras é uma característica intimamente relacionada ao grau de insaturação, quanto maior a concentração de ácidos graxos insaturados, menor a estabilidade oxidativa (CORSINI; JORGE, 2006;

HILDEBRAND; COLLINS, 1998; PORTELA; SANTOS; HERNÁNDEZ-TERRONES, 2009).

A quantidade de antioxidantes naturais como vitaminas e pigmentos naturais, é um fator que também influencia a estabilidade dos óleos e gorduras, levando em consideração que os antioxidantes naturais retardam a oxidação lipídica (GARCIA et al., 2012; MASUCHI et al., 2008).

Entretanto, a estabilidade oxidativa não apenas depende da composição química em ácidos graxos insaturados ou antioxidantes naturais, mas também da qualidade da matéria-prima, condições submetidas durante o processamento e armazenamento (ANTONIASSI, 2001).

3.4 Extração dos óleos vegetais

Existem diferentes métodos para extração de óleos vegetais, com suas vantagens e desvantagens, porém os métodos usuais são a extração por prensagem com escalas e ordens de investimento menores e extração por solvente, com escalas e investimentos maiores (BEZERRA, 2000; COELHO FILHO, 2015; SARTORI et al., 2009).

Como regra geral, sementes oleaginosas com menores teores de óleo (< 20 – 25%) são diretamente submetidas à extração por solvente. Os materiais com maiores teores de óleo (> 25%) são pré-prensados, obtendo-se tortas com 10 – 15% de óleo, que posteriormente é extraído por solvente (JORGE, 2009).

A extração por prensagem é um método que se destaca por ser simples, rápido, além da combinação deste com o método de extração por solvente (BENTO et al., 2017). Este método divide-se em duas maneiras: prensagem contínua onde existe um cilindro ou parafuso que esmaga o grão/semente liberando o óleo, e a descontínua que apresenta um embolo que faz pressão na matéria prima (TRENTINI et al., 2016).

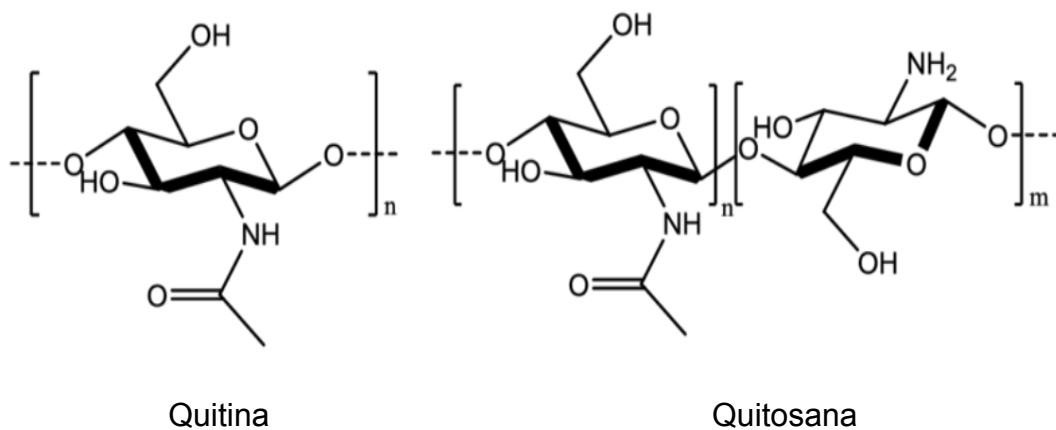
O método de extração por solvente consiste em colocar um solvente orgânico em contato com a matriz vegetal. Após um intervalo de tempo, suficiente para que ocorra a transferência dos constituintes solúveis presentes no material, efetua-se a separação das fases sólida e líquida. O óleo é obtido pela evaporação do solvente presente na fase líquida (STEFFANI, 2003). Neste método o hexano é o principal solvente orgânico utilizado, preferido por apresentar várias vantagens, entre elas o

seu baixo ponto de ebulição que diminui a decomposição do óleo (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

3.5 Biopolímeros

Os biopolímeros são polímeros naturais produzidos por seres vivos ou obtidos a partir de recursos naturais renováveis (SANTOS, 2021). Um biopolímero em destaque é a quitosana, encontrado de modo natural em alguns fungos, em nível comercial é obtido do processo de desacetilação da quitina, que constitui a maior fração dos exoesqueletos de insetos e crustáceos, este processo desacetilação consiste na transformação parcial dos grupos acetamina ($R-NHCOCH_3$) da quitina em grupos amina ($R-NH_2$) (KANMANI et al., 2017; NAZ et al., 2018; RATHKE; HUDSON, 1994). As estruturas da quitina e quitosana estão ilustradas na Figura 7.

Figura 7 - Estruturas da quitina e quitosana



Fonte: Adaptado de Elgadir et al., 2015.

A quitosana é considerada o polissacarídeo mais utilizado na confecção de filmes, revestimentos e membranas, possui várias propriedades desejáveis: é biocompatível, biodegradável, antimicrobiana, antifúngica, atóxica e produzida por fontes naturais renováveis (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2011; THEVARAJAH et al., 2017). Quando acrescido de ácidos graxos, formam filmes e emulsões com

características distintas, podendo ser utilizados em setores diversos, como fármacos, embalagens e proteção a produtos (AMARAL et al., 2017).

Paranhos et al. (2022) sintetizaram membrana à base de quitosana e óleo de copaíba (*Copaifera* spp.), quanto à caracterização da membrana, revelaram características que favorecem o tratamento de feridas. No estudo de Ferreira (2022) sintetizou membranas de quitosana com extrato de casca de banana verde e óleo de andiroba (*Carapa guianensis*) para aplicação em lesões epiteliais, concluiu que a membrana sintetizada apresentou características de absorção de líquidos, hidrofobicidade e interação entre seus componentes, com maior possibilidade de eficácia para cicatrização de lesões epiteliais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta e preparação da matéria-prima

Os frutos do mucajá foram coletados no município de Curuçá - PA (Figura 8) no bairro Umarizal (Latitude $0^{\circ}43'07.0''\text{S}$, Longitude $47^{\circ}51'22.7''\text{W}$) no dia 18 de dezembro de 2021, às 17h (Figura 9). Os frutos foram coletados diretamente do chão, escolheram-se os que estavam maduros, firmes e que não apresentavam aparência de apodrecimento. Após a coleta, os frutos foram transportados para o Laboratório de Óleos da Amazônia (LOA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Figura 8 – Localização do município de Curuçá - PA



Fonte: Google maps, 2022.

Figura 9 – Local da coleta do fruto do mucajá



Fonte: Autor, 2022.

A preparação do material para extração foi realizada a seleção e higienização em água corrente e solução 200 ppm de hipoclorito de sódio. Em seguida, o fruto foi descascado e despulpado, o endocarpo quebrado para a obtenção da amêndoa. Seguiu-se com a secagem das amostras em estufa a 60 °C. Após secagem as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e mantidas em freezer até a extração.

4.2 Extração dos óleos

Os óleos foram extraídos da polpa e amêndoa do mucajá pelo método de extração por solvente, utilizando o extrator soxhlet e hexano. As extrações foram realizadas em diferentes tempos, com durações de 8, 10 e 12h, com intuito de avaliar o rendimento dos óleos em função do tempo de extração. A Figura 10 apresenta o extrator soxhlet utilizado nas extrações dos óleos.

Figura 10 – Extrator soxhlet



Fonte: Autor, 2022.

O processo de concentração do óleo ou recuperação do hexano foi realizado em rotaevaporador (Figura 11) com temperaturas controladas e vácuo constante. Por aproximadamente 15 minutos, até a total separação do hexano, posteriormente, os óleos foram misturados e armazenados em recipiente para análises de caracterização.

Figura 11 - Concentração do óleo



Fonte: Autor, 2022.

4.3 Cálculo do rendimento dos óleos

O rendimento dos óleos obtidos foi calculado pela relação da massa inicial da amostra e massa de óleo extraído, expressados em porcentagem, conforme a equação 1.

$$\text{Rendimento dos óleos, \%} = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{amostra}}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$m_{\text{óleo}}$ = massa do óleo extraído em gramas;

m_{amostra} = massa de amostra em gramas.

4.4 Caracterização físico-química dos óleos do mucajá

A caracterização físico-química foram determinados os seguintes parâmetros: a composição em ácidos graxos, índice de acidez, índice de peróxido, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa, segundo os métodos oficiais da American Oil Chemists' Society (AOCS).

4.4.1 Composição em ácidos graxos

A composição em ácidos graxos dos óleos foi determinada pelo método AOCS Ce 2-66. A análise foi realizada em um cromatógrafo gasoso da Shimadzu GC-2010 equipado com Detector de Ionização de Chama (FID), com coluna capilar TG-WAX MS com 30 m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme.

Figura 12 – Cromatógrafo gasoso



Fonte: Autor, 2022.

4.4.2 Determinação do índice de acidez

O índice de acidez é expresso como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para neutralizar os ácidos livres de 1 g de amostra (MACHADO; CHAVES; ANTONIASSI, 2006). Esse índice revela o estado de conservação dos óleos (TOFANINI, 2004). O índice de acidez foi determinado

conforme o método da AOCS Ca 5a-40. Foram pesados em erlenmeyer aproximadamente 7,05 g da amostra e adicionados 75 mL de álcool etílico 95%, além de 3 gotas do indicador fenolftaleína 1%. A mistura foi titulada com solução padronizada de NaOH a 0,25 mol L⁻¹ até o ponto de viragem. A solução titulante de NaOH foi padronizada com o padrão primário biftalato de potássio (KHC₈H₄O₄). Para o cálculo do índice de acidez aplicou-se a equação 2.

$$\text{Acidez, \%} = \frac{V \cdot M \cdot 28,2}{\text{massa da amostra (g)}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V = volume (mL) gasto na titulação da amostra;

M = concentração (mol/L) da solução padrão de NaOH.

4.4.3 Determinação do índice de peróxido

O índice de peróxido é determinado como o número de miliequivalentes de oxigênio ativo (ou peróxido) por quilograma de óleo (MALACRIDA, 2009). Esse índice indica o grau de oxidação do óleo (NHATAVE, 2015). Baseado no procedimento descrito AOCS Ja 8-87. O índice de peróxido foi determinado pela titulação de aproximadamente 5 g de amostra, na qual foi adicionada 30 mL de ácido acético-clorofórmio (3:2, v/v), posteriormente, adicionou-se 0,5 mL de iodeto de potássio KI saturado, 30 mL de água destilada e 0,5 mL de solução de indicador de amido. A mistura foi titulada com o tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃.5H₂O) 0,1 N padronizada com dicromato de potássio. Para cálculo aplicou a equação 3.

$$IP = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{W} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

S = volume em mL de tiosulfato de sódio usado na titulação da amostra;

B = volume em mL de tiosulfato de sódio usado no ensaio em branco;

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

W = massa em gramas de amostra.

4.4.4 Matéria insaponificável

A matéria insaponificável corresponde à quantidade total de substâncias dissolvidas nos óleos e gorduras que após saponificação com álcalis são insolúveis em solução aquosa, mas solúveis em solventes comuns de gorduras (KOBORI; JORGE, 2005). A matéria insaponificável foi determinada conforme método da AOCS Ca 6a-40. Utilizou-se a equação 4 para o cálculo do percentual de matéria insaponificável.

$$\text{Matéria insaponificável, \%} = \frac{A - (B + C)}{\text{massa da amostra de teste (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

A = massa do resíduo em gramas

B = massa de ácidos graxos em gramas

C = massa do branco em gramas

4.4.5 Estabilidade oxidativa

A oxidação é a principal causa da degradação dos óleos vegetais, sendo a estabilidade oxidativa um dos principais indicadores desta deterioração, além de ser um importante parâmetro utilizado para se determinar o tempo de prateleira de produtos contendo óleos ou gorduras (MASUCHI et al., 2008).

No equipamento Rancimat, a determinação da estabilidade oxidativa é baseada no aumento da condutividade elétrica. Neste aparelho, o fluxo de ar passa através do óleo (mantido sob aquecimento em temperatura que varia de 100 a 140

°C), depois borbulha em água deionizada, arrastando os ácidos carboxílicos voláteis, gerados do processo de oxidação, que se solubilizam, aumentando a condutividade elétrica da água (ANTONIASSI, 2001). A estabilidade oxidativa dos óleos do mucajá foi determinada de acordo com o método da AOCS Cd 12b-92. O equipamento utilizado foi o Rancimat, marca Metrohm, modelo 873. A análise foi realizada com 5 g de óleo, aquecido à temperatura de 110 °C, com o fluxo de ar 10 L/h.

Figura 13 – Rancimat



Fonte: Autor, 2022.

4.5 Síntese do biopolímero à base de quitosana e óleo de mucajá

Baseada na metodologia de Silva et al. (2020) a solução de quitosana 1% (p/v) foi preparada em solução de ácido acético 1% (v/v). A solução foi deixada para homogeneizar durante 12 horas em agitador magnético. Foi utilizado 200 µL de óleo da polpa de mucajá na solução de quitosana 1% e 10 mL de solução de quitosana e homogeneizado a 15.500 rpm por 10 min em dispersor. A emulsão formadora do biopolímero foi colocada em placa de Petri e seca a 37 °C durante 48 horas.

4.6 Caracterização do biopolímero

4.6.1 Análise termogravimétrica (TG/DTG)

A análise termogravimétrica ou termogravimetria é uma técnica que determina a variação da massa da amostra em função da temperatura. Porém a TG não é suficiente para interpretar perda de massa da amostra (PARTHASARATHY; NARAYANAN; AROCKIAM, 2013). A termogravimetria derivada (DTG) fornece a primeira derivada da curva termogravimétrica da perda de massa em função da temperatura ou tempo (VIDAL, 2017). A DTG possibilita uma melhor visualização dos intervalos de perda de massa e permite quantificar as etapas de decomposição das amostras (DENARI & CAVALHEIRO, 2012). A análise termogravimétrica foi realizada TG/DTG da quitosana, do óleo da polpa de mucajá e do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá com 4.479 mg de amostra a uma taxa de aquecimento de $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ na faixa de temperatura 25 - 800 $^{\circ}\text{C}$ sob fluxo de N_2 a uma vazão de 50 mL min^{-1} foi utilizado o equipamento da marca Shimadzu modelo DTG-60H.

4.6.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma técnica que permite analisar o material através da interação de sua superfície com um feixe de elétrons, originando uma série de radiações, que fornece informações morfológica e topográfica necessárias para se entender o comportamento das superfícies dos sólidos. Através das imagens obtidas é possível visualizar possíveis imperfeições, porosidades, separação de componentes e estrutura da superfície (HOLANDA, 2011; VASQUES, 2007). A superfície do polímero foi observada usando um microscópio eletrônico de varredura com intensidade de 10 KV.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Rendimento dos óleos

Conforme as Tabelas 1 e 2, os resultados obtidos nas extrações de ambas as amostras do mucajá, a extração com duração de 8 horas apresentou maior resultado, com rendimento na polpa (34,86%) e amêndoa (16,40%), porém a diferença dos rendimentos em relação ao tempo é muito pequena e não significativa. Na literatura foram encontrados valores superiores aos obtidos neste estudo. Conforme Cetec (1983) o rendimento em óleo da polpa pode atingir 70% e a amêndoa 58% em base seca. Bhering (2009) a polpa 60% e amêndoa 55%. Segundo os estudos de Conceição et al (2013) o percentual de óleo da polpa a base seca atingiu 69,6% e 42,9% base úmida e a amêndoa 50,6% base seca e 40,5% base úmida, frutos coletados na região de Lavras - MG, método de extração por solvente, realizada por 16 horas com solvente éter.

Tabela 1 - Rendimento do óleo da polpa

Duração	Massa da amostra (g)	Massa do óleo (g)	Rendimento (% m/m)
Extração/8h	130,07	45,34	34,86
Extração/10h	130,57	42,77	32,76
Extração/12h	130,00	42,18	32,45

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 2 - Rendimento do óleo da amêndoa

Duração	Massa da amostra (g)	Massa do óleo (g)	Rendimento (% m/m)
Extração/8h	138,15	22,66	16,40
Extração/10h	200,30	29,48	14,72
Extração/12h	200,08	30,87	15,43

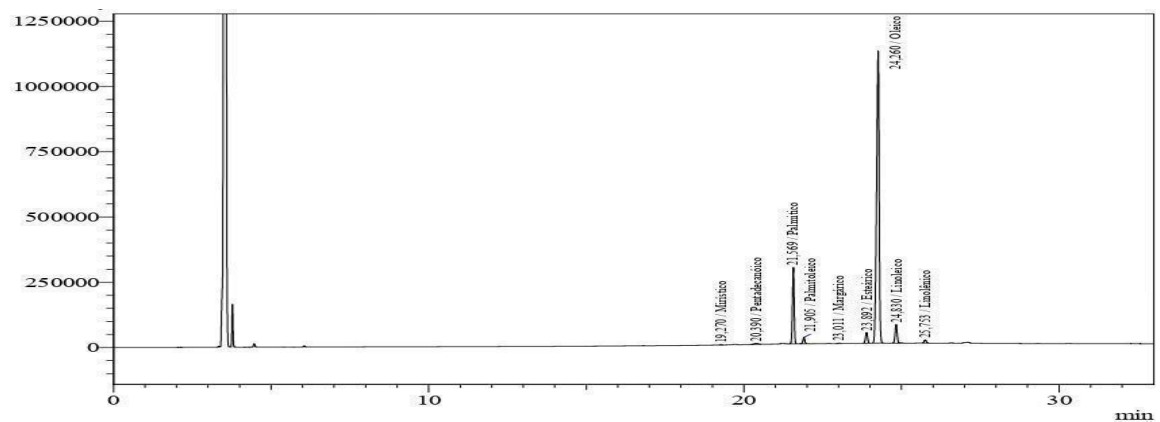
Fonte: Autor, 2022.

Os rendimentos inferiores encontrados neste trabalho, podem estar relacionados a diferentes fatores, como a umidade presente na amostra, a granulometria, tempo e temperatura da extração, propriedades do solvente, a maturação irregular, método de colheita, ressaltando que uma colheita única inclui frutos maduros, semimaduros e imaturos (BRUM; ARRUDA; REGITANO-D'ARCE, 2009; CLEMENT; LLERAS; VAN LEEUWEN, 2005; LUTHRIA, 2004).

5.2 Determinação da composição em ácidos graxos

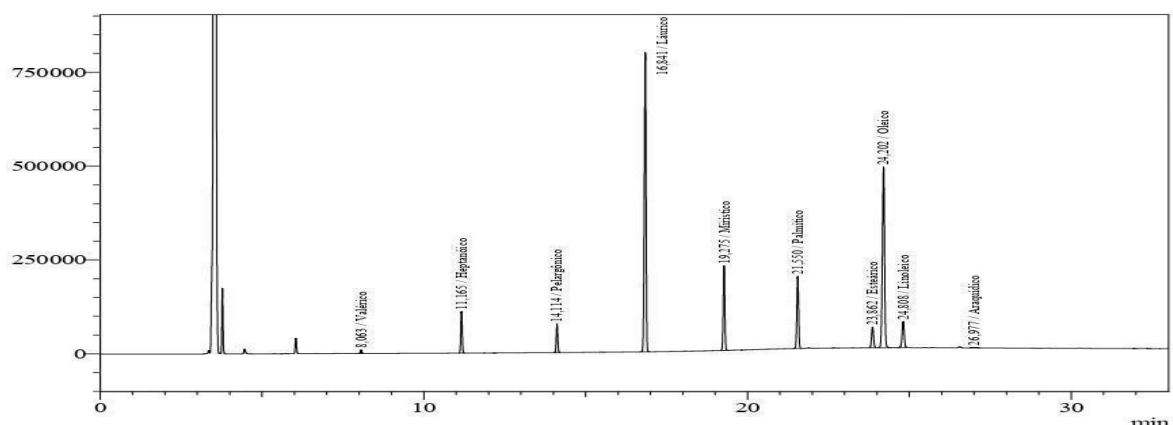
Através da cromatografia gasosa (CG) obteve os cromatogramas dos óleos da polpa (Figura 14) e amêndoa do mucajá (Figura 15), foram identificados vários ácidos graxos, porém no estudo foram consideradas apenas concentrações a partir de 1%.

Figura 14 – Cromatograma obtido em CG do óleo da polpa do mucajá



Fonte: Autor, 2022.

Figura 15 – Cromatograma obtido em CG do óleo da amêndoa do mucajá



Fonte: Autor, 2022.

O perfil em ácidos graxos (Tabela 3) do óleo da polpa é constituído de ácidos graxos insaturados (82,71%), apresentando como ácidos graxos majoritários os ácidos oleico (77,60%), palmítico (13,61) e linoleico (3,93%). Em relação a amêndoa, é constituído principalmente de ácidos graxos saturados (67,04%), apresentando como ácidos graxos majoritários os ácidos láurico (37,58%), oleico (28,36%) e mirístico (9,93%). Estes resultados do perfil em ácidos graxos dos óleos do mucajá foram semelhantes aos reportados por Amaral (2007) obteve no óleo da polpa maior composição em ácidos graxos insaturados, apresentou majoritariamente os ácidos oleico, palmítico e linoleico. No óleo da amêndoa em ácidos graxos saturados, obteve majoritariamente os ácidos láurico, oleico e mirístico.

Ainda de acordo com a Tabela 3 é possível verificar variações na composição dos ácidos graxos entre os resultados do estudo e os reportados por Amaral. Segundo Achten et al. (2008) a composição em ácidos graxos é dependente do tipo de espécie oleaginosa e pode ser influenciada por fatores climáticos e regionais, assim como o estágio de maturação das sementes.

Os resultados do estudo, verificou que o óleo da polpa não apresentou os ácidos heptanóico (C7:0), pelargônico (C9:0) e láurico (C12:0) em sua composição. Quanto ao ácido palmitoleico (C16:1) foi verificado somente no óleo da polpa.

Tabela 3 - Composição em ácidos graxos do óleo da polpa e amêndoa do mucajá

Ácidos graxos	Concentração (%)			
	Polpa ^(a)	Amêndoa ^(a)	Polpa ^(b)	Amêndoa ^(b)
Heptanóico (C7:0)	-	4,27	-	-
Ácido Caprílico (C8:0)	-	-	-	5,22
Pelargônico (C9:0)	-	3,09	-	-
Ácido Cáprico (C10:0)	-	-	-	4,56
Láurico (C12:0)	-	37,58	1,56	44,14
Mirístico (C14:0)	0,09	9,93	0,49	8,45
Palmítico (C16:0)	13,61	9,19	12,18	6,57
Palmitoleico (C16:1)	1,18	-	1,36	-
Esteárico (C18:0)	2,31	2,98	2,64	2,11
Oleico (C18:1)	77,60	28,36	69,07	25,76

Linoleico (C18:2)	3,93	4,07	6,77	3,19
Saturados	16,01	67,04	16,87	71,05
Insaturados	82,71	32,43	77,20	28,95

^(a) Resultados do trabalho; ^(b) Resultados obtidos por Amaral (2007).

Segundo Chao-hsuan et al (2011) os ácidos graxos são conhecidos por sua importância para o sistema imunológico e para o processo de cicatrização, apresentam atividades antimicrobianas, atuando por meio de adesão às membranas destes microrganismos de modo a danificar a estrutura de sua parede celular. O ácido oleico, reconhecido por sua atividade bactericida frente a *S. aureus* é capaz de inibir diversas bactérias Gram-positivas, dentre elas *Staphylococcus aureus* resistentes à metilina. A elevada concentração em ácido oleico no óleo da polpa demonstra um potencial de aplicação em membranas poliméricas para estudos de cicatrização cutânea. Callegari, Cren e Andrade (2014) a predominância do ácido láurico, apresenta potencial uso deste óleo vegetal em cosméticos na formulação de compostos para limpeza, tais como os utilizados em sabonetes, sabonetes líquidos e shampoos.

5.3 Caracterização físico-química dos óleos do mucajá

O índice de acidez do óleo da amêndoa (0,99 mg KOH/g) apresentou de acordo com a RDC nº 270/2005 da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece limite máximo para óleos não refinados 4 mg KOH/g. Enquanto o óleo da polpa apresentou índice de acidez elevado (9,73 mg KOH/g), maior que o estabelecido. O elevado índice de acidez do óleo da polpa revelou maior grau de deterioração, indicando maior concentração de ácidos graxos livres que pode ser atribuída à ação enzimática de hidrólise das lipases sobre os triglicerídeos, considerando que a polpa está mais exposta que a amêndoa.

O índice de peróxido do óleo da polpa (21,80 mEq O₂/kg) apresentou maior que o recomendado pela legislação (15 mEq O₂/kg). Enquanto o óleo da amêndoa apresentou índice dentro do estabelecido (3,98 mEq O₂/kg). Este resultado revela que o óleo da polpa se encontra em maior grau de oxidação que o óleo da amêndoa,

pode-se inferir que este elevado grau de oxidação se deve a exposição da polpa, propiciando a reação com oxigênio atmosférico, ressaltando que este óleo apresentou maior composição em ácidos graxos insaturados.

Quanto à matéria insaponificável, o percentual encontrado para o óleo da polpa (1,08%) foi maior em relação ao óleo da amêndoa (0,69%) indicando que o óleo da polpa apresenta maior quantidade de substâncias insaponificáveis como esteróis, tocoferóis, pigmentos e hidrocarbonetos. Conforme os estudos de Coimbra e Jorge (2011) obtiveram na polpa (0,93%) valor semelhante ao resultado do estudo e amêndoa (0,06%). Prates-valério, Celayeta e Cren (2019) reportou no óleo da polpa (1,5%).

Com relação a estabilidade oxidativa, o óleo da polpa apresentou período de indução 0,08 h relativamente baixa estabilidade oxidativa comparados com a literatura. Coimbra e Jorge (2011) reportaram valor superior na polpa (11,32h). Pimenta, Cano Andrade e Antoniassi (2012) obtiveram (9,5h). Enquanto Melo et al. (2011) reportaram (1,23h). Esse resultado do estudo revela que o óleo encontra-se oxidado, verificado que o mesmo também apresentou índices elevados de acidez e peróxido.

Quanto ao óleo da amêndoa apresentou período de indução de 8,08 h apresentando uma estabilidade oxidativa inferior do reportado por Coimbra e Jorge (2011) obtiveram (30,39h) e Melo et al. (2011) reportaram (12h). É esperada uma maior estabilidade oxidativa do óleo da amêndoa, considerando maior composição em ácidos graxos saturados, menores índices de acidez e peróxidos.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos dos óleos da polpa e amêndoa do mucajá.

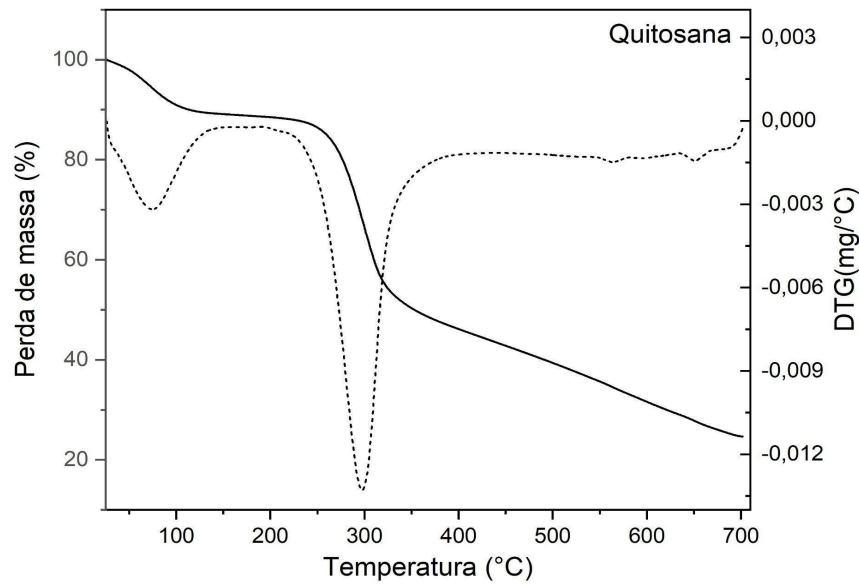
Parâmetros	Polpa	Amêndoa
Índice de acidez (mg KOH/g)	9,73	0,99
Índice de peróxido (mEq O ₂ /Kg)	21,80	3,98
Matéria insaponificável (%)	1,08	0,69
Estabilidade oxidativa (h)	0,08	8,18

Fonte: Autor, 2022.

5.4. Termogravimetria (TG/DTG)

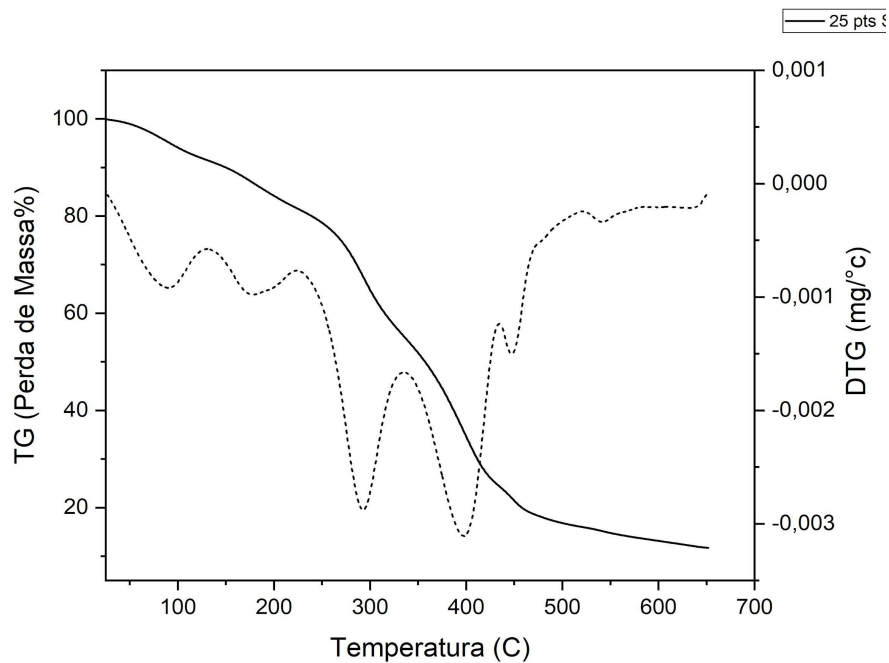
A Figura 16 apresenta as curvas TG/DTG da quitosana e a Figura 17 a TG/DTG do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá.

Figura 16 – Curvas TG/DTG da quitosana



Fonte: Autor, 2022.

Figura 17 – Curvas TG/DTG do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá



Fonte: Autor, 2022.

Através da Figura 17, das curvas TG/DTG do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá foi elaborada a Tabela 5, que apresenta as perdas de massas do biopolímero.

Tabela 5 – Etapas da decomposição do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá

Etapas	Faixa de temperatura (°C)	Perda de massa (%)	Perdas de massa
1ª	55 - 110	8,6	Evaporação de água
2ª	154 - 205	10	Evaporação de água
3ª	267 - 310	26,5	Quitosana
4ª	369 - 417	30,6	Decomposição do óleo
5ª	442 - 467	8,3	Matéria orgânica
6ª	530 - 608	4,2	Matéria orgânica

Fonte: Autor, 2022.

No biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá foi verificado um perfil de perda de massa de seis etapas. A 1ª e 2ª Etapa apresentaram perdas de massa de aproximadamente 8,6% e 10%, respectivamente, possivelmente atribuída à evaporação de água (ANJOS, 2017; MARQUES, et al., 2016). A 3ª e 4ª Etapa ocorre entre 267 - 310 °C e 369 - 417 °C com perda de massa de aproximadamente 26,5% e 30,6%, respectivamente, referente a desacetilação da quitosana e decomposição do óleo (MACHADO, 2021; NUNES, A. 2013). A 5ª e 6ª Etapa ocorre na faixa de temperatura de 442 - 467 °C e 530 - 608 °C com perda de massa de 8,3% e 4,2%, respectivamente, possivelmente está associado a decomposição do restante da matéria orgânica.

5.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e imagem fotográfica

A Figura 17 apresenta biopolímero obtido à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá. As micrografias obtidas na análise MEV (Figura 18) revelam uma superfície lisa, homogênea e porosa. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Amaral et al. (2017) ao analisarem as micrografias do filme de

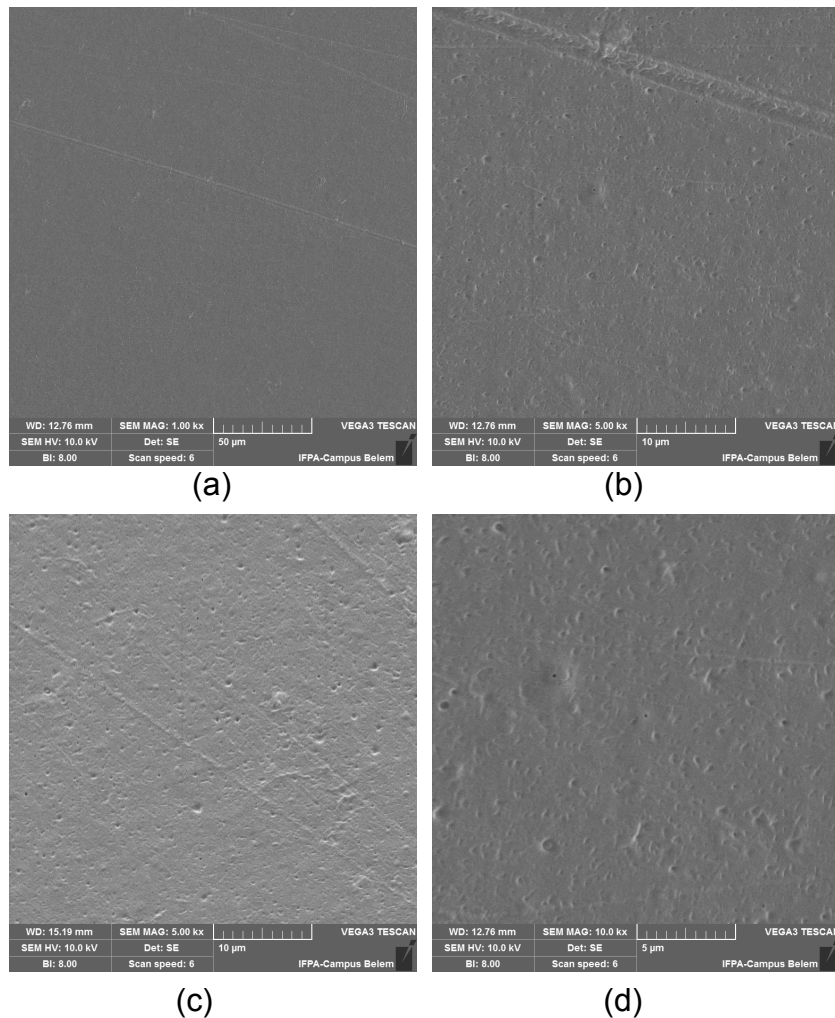
quitosana à base de óleo do mucajá encontraram a formação de intervalos e pequenos poros.

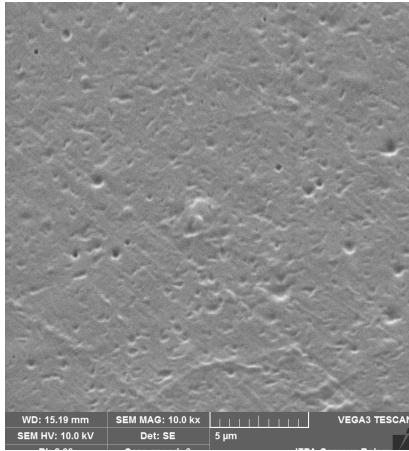
Figura 18 – Biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá



Fonte: Autor, 2022.

Figura 19 – Micrografias de MEV do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa de mucajá: ampliação de 1KX (a), 5KX (b), 5KX (c), 10KX (d) e 10KX (e)





(e)

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados do estudo do rendimento em função do tempo de extração não verificou grande variação nos resultados, os maiores rendimentos foram de 34,86% na polpa e amêndoa 16,40%.

O perfil em ácidos graxos verificou que o óleo da polpa é rico em ácidos graxos insaturados, majoritariamente o ácido oleico, apresenta um potencial de aplicação em membranas poliméricas para estudos de cicatrização cutânea. Quanto ao óleo da amêndoa apresentou maior composição em ácidos graxos saturados, tendo como o principal o ácido láurico atestando um potencial uso no setor cosmético.

A caracterização físico-química dos óleos do mucajá a amêndoa apresentou índices de acidez e peróxido dentro do recomendado pela legislação estabelecida pela ANVISA. Enquanto a polpa apresentou índices maiores que o estabelecido. Quanto à matéria insaponificável verificou maior percentual na polpa de 1,08% e amêndoa 0,69%. Com relação a estabilidade oxidativa a polpa apresentou período de indução 0,08 h e amêndoa 8,18 h, revelou que o óleo da polpa se encontra degradado.

A síntese do biopolímero à base de quitosana e óleo da polpa do mucajá, apresentou uma estrutura homogênea, firme e resistente.

REFERÊNCIAS

ABREU, I.S. et al. First karyotype, DNA C-value and AT/GC base composition of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) – a promising plant for biodiesel production. **Australian Journal of Botany**, v. 59, n.2, p. 149-155, 2011.

ACHTEN, W .M. J. et al. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and bioenergy**, v. 32, p.1063–1084, 2008.

AGUIAR, D. C. **Oleaginosas amazônicas usadas na produção de biodiesel**. 2021. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2021.

ALENCAR, E. R. **Effects of storage conditions on the quality of soybean grains (*Glycine max (L.) Merrill*) and crude oil**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Construções rurais e ambiência). Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produção - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

AMARAL, F. P. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart]**, 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

AMARAL, I. B. C. et al. Análise do processo difusivo de filmes de quitosana contendo óleo de palmeiras (Aracaceae) do cerrado brasileiro. **Revista Unimontes Científica**, v. 19, n. 2, p. 13-26, 2017.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society.

ANJOS, F. F. **Preparo e caracterização de membranas de quitosana com incorporação do extrato hidroalcoólico liofilizado do *Chenopodium ambrosioides* para aplicação como biomaterial**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, Piauí, 2017.

ANTONIASSI, R. **Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras**. Boletim do CEPPA, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001.

ANTONIASSI, R. et al. **Ácidos graxos em frutos de macaúbas**. In *Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 1., 2013, Patos de Minas. Consolidação da cadeia produtiva: anais. Brasília, DF: MAPA, 2013.

ANTONIASI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. Boletim CEPPA, v.19, n.2, p.353-380, 2001.

AQUINO, F. de G.; SILVA, M. R. da; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; VILELA, M. de F.; OLIVEIRA, M. C. **Distribuição geográfica das espécies *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. e *Caryocar brasiliense* cambess. no bioma cerrado.** In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADOS, IX, 2008, Brasília. Disponível em: < www.macroprograma1cnptia.embrapa.br> Acesso em: 15 maio. 2012.

BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality.** CRC press, 2011.

BARBOSA, Banny Silva et al. Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 371-376, 2009.

BELL, S. J. et al. **The new dietary fats in health and disease.** J. Am. Diet. Assoc., Chicago, v.97, p.280-286, 1997. Disponível: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(97\)00072-2](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(97)00072-2)

BENTO, et al. **Avaliação das Metodologias de Prensagem a Frio, Soxhlet e Bligh Dyer, na Extração do Óleo de Pinhão Manso.** Revista Processos Químicos, v. 11, n. 21, p. 47-50, 2017.

BENVENUTTI, J. V. A. S. **Biopolímero quitosana, Nanopartículas de ouro e APTMS, um sistema para revestimentos para atividade antibacteriana.** In: FEIRA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA UFRGS - FINOVA, 2020.

BERTON, L. H. C. **Avaliação de populações naturais, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite de macaúba (*Acrocomia aculeata*).** Campinas, SP Brazil: Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, 2013.

BEZERRA, R. T. R. **Extração do óleo de babaçu (*Orbignia martiana*) por prensagem contínua.** 2000. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

BHERING, L. L. O potencial da macaúba como oleífera para biocombustíveis. **Biodieselbr**, v. 3, n. 18, p. 60-1, 2010.

BHERING, L. **Macaúba: matéria-prima nativa com potencial para produção de biodiesel,** Embrapa Agroenergia (CNPAE), 2009. Disponível em: <https://www.abihpec.org.br/conteudo/macauaba-materia-prima.doc>. Acessado: 28 Mar. 2022.

BRASIL. Resolução RDC/ANVISA/MS nº 270, de 22 setembro de 2005. **Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil,. Brasília, DF, 2005.

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, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009.

CALLEGARI, F. C. **Desenvolvimento e avaliação físico-química e microbiológica de cosméticos para a pele humana contendo óleos de Macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

CALLEGARI, F. C.; CREN, E. C.; ANDRADE, Maria Helena Caño. Perspectivas da utilização dos óleos da macaúba (*acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd. Ex mart) no desenvolvimento de cosméticos. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, Florianópolis. 2014.

CARDOSO, A. N.; RODRIGUES, T. O.; SANTOS, G. (2016). Inventário do Ciclo de Vida do óleo de Macaúba (*Acrocomia aculeata*). In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 6.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 9., 2016, Natal, RN. Biodiesel: 10 anos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil: anais. Lavras: UFLA, 2016.

CARDOSO, J. Nutrição e doença cardiovascular: 2ª parte. Medicina Interna, v. 11, n. 3, p. 123-131, 2004.

CARGNIN, A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FOGAÇA, C. M. **Potencial da macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel**. Embrapa Cerrados. Planaltina - DF. 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571923/1/doc217> Acessado: 17 maio 2022.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre Métodos de Extração do Óleo de *Mauritia Flexuosa* L.F. (Arecaceae - Buriti) para o Uso Sustentável na Reserva de Desenvolvimento Tupé: Rendimento e Atividade Antimicrobiana**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais) – Escola Superior de Ciência da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, 2011.

CARVALHO, M. D. F. **Equilíbrio sólido líquido aplicado aos sistemas biocombustíveis**. 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

CERRATINGA. Macaúba. Disponível em: <https://www.cerratinga.org.br/macauaba/>. Acessado: 28 Mar. 2022.

CETEC. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Relatório final do Convênio STI- MIC / CETEC. v. 1. CETEC. Belo Horizonte, 1983.

CICONINI, G. et al. Biometry and oil contents of *Acrocomia aculeata* fruits from the Cerrados and Pantanal biomes in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 45, p. 208-214, 2013.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencia, Montevideo**, v.9, n.1/2, p.67-71, 2005.

COELHO FILHO, A. C. A. **Extração sólido-líquido a quente de lipídios de alimentos industrializados**. 2015. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2015.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the pulp and kernel oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of food science**, v. 76, n. 8, p. C1156-C1161, 2011.

CONCEIÇÃO, L. et al. **Potencial da macaúba e avaliação de maciços**. In: Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MACAÚBA, 1., 2013, Patos de Minas. Consolidação da cadeia produtiva: anais. Brasília, DF: MAPA, 2013.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 27-32, 2006.

COSTA, C.F. **Solos e outros fatores ambientais associados à diversidade fenotípica de macaubais no estado de São Paulo**. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico de Campinas-IAC, Campinas, 2009.

COSTA-SINGH, T.; BIITENCOURT, T. B.; JORGE, N. Caracterização e compostos bioativos do óleo da castanha-de-cutia (*Couepia edulis*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 61-68, 2012.

CHAO-HSUAN, C. et al. An innate bactericidal oleic acid effective against skin infection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: A therapy concordant with evolutionary medicine. **J. Microbiol. Biotechnol.**, v.21, n.4, p.391-399, 2011.

DENARI, G. B., CAVALHEIRO, E. T. G. Princípios e aplicações de análise térmica. São Carlos: 1QSC, 2012.

ELGADIR, M. et al. Impact of chitosan composites and chitosan nanoparticle composites on various drug delivery systems: A review. **Journal of food and drug analysis**, v. 23, n. 4, p. 619-629, 2015.

FARHOOSH, R.; TAVASSOLI-KAFRANI, M. H. Polar compounds distribution of sunflower oil as affected by unsaponifiable matters of Bene hull oil (BHO) and tertiary-butylhydroquinone (TBHQ) during deep-frying. **Food Chemistry, Filadelfia**, v. 122, n. 1, p. 381-385, 2010.

FARIAS, S. S. et al. Biopolímeros: uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista Geonorte**, v. 7, n. 26, p. 61-77, 2016.

FERREIRA, A. M. et al. Utilização dos ácidos graxos no tratamento de feridas: uma revisão integrativa da literatura nacional. **Revista da Escola de Enfermagem da USP** [online]. v. 46, n. 3 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0080-62342012000300030>> Acessado: 17 Maio 2022.

FERREIRA, E. D. S. **Síntese e caracterização de membrana de quitosana com extrato de banana verde e andiroba para cicatrização de lesões epiteliais**. 2022. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

FILHO, A. B. M.; VASCONCELOS, M. A. S. Química dos alimentos. 2016.

FURTADO, Matheus Braga. **Produção de biodiesel a partir do processamento das oleaginosas amazônicas compadre-do-azeite (*Plukenetia polyadenia*) e comadre-do-azeite (*Onphalea diandra*)**. 2014. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

GARCIA, C. E. R. et al. Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (*Bixa orellana* L.) como antioxidantes em produtos cárneos. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1510-1517, 2012.

GARCIA, C. M. **Transesterificação de óleos vegetais**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

GAUTO, M. ROSA, G. Química Industrial. Porto Alegre. Ed. Bookman, 2013.

HILDEBRAND, D.; COLLINS, G., Manipulation of linolenat and other fatty acids in soybean oil. Soybean. Research Documents Online, 1998.

HOLANDA, A. L. **Membranas de quitosana para uso em sistema de liberação controlada de insulina: síntese e caracterização**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

HUI, Y. H.; Bailey's Industrial Oil & Fat Products, 5th ed., Wiley: New York, v. 4, 1996.

JORGE, N. **Química e Tecnologia de Óleos Vegetais**. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, São Paulo. 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/download/45602240/Quimica_e_Tecnol_de_oleos_Vegetais.pdf Acessado: 25 maio 2022.

KANMANI, P. et al. Environmental applications of chitosan and cellulosic biopolymers: a comprehensive outlook. **Bioresource Technology**, v. 242, p. 295-303, 2017.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, p. 1008-1014, 2005.

KOWALSKI, G. T.; MORESCO, K.; RITT, A. B. B. **Triglicerídeos-relação da hipertrigliceridemia e risco para aterosclerose**. In: XXIII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 2017.

LOLOS, M.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and oxidants. **Journal of Science of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 79, p. 1.524-1.528, 1999.

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o Extrativismo Sustentável**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LORENZI, G. M. A. C.; NEGRELLE, R. R. B. **Acrocomia aculeata (JACQ.) Lodd. ex Mart.: aspectos ecológicos**. Visão Acadêmica, v. 7, n. 1, 2006.

LUTHRIA, D. L. Oil Extraction and Analysis: Critical Issues and Competitive Studies AOCs Pabing Ted. 2004.

LUZ, J. A. M.; SOUZA, I. A. M. Propriedades de óleos empregados em flotação. **HOLOS**, [S. l.], v. 3, p. 227–233, 2014. DOI: 10.15628/holos.2014.1800.

MACHADO, C. A. C. et al. **Modelo de Viabilização da Produção do Consórcio: Macaúba (Acrocomia Aculeata) e Cana-De-Açúcar (Saccharum Officinarum)**. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP, São Carlos, 11p, 2010.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P.; ANTONIASSI, R. **Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu**. Revista Ceres, v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006.

MACHADO, M. L. Q. **Síntese e Caracterização de Biofilme à base de quitosana e glicerol para aplicação em embalagens de alimentos**. 55 f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

MALACRIDA, C. R. **Caracterização de óleos extraídos de sementes de frutas: Composição de ácidos graxos, tocoferóis e carotenóides**. 2009. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2009.

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. T. Óleos: **alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468843> Acessado: 20 Abr. 2022.

MARQUES, J. S. et al. **Comparing homogeneous and heterogeneous routes for ionic crosslinking of chitosan membranes. Reactive and Functional Polymers**, v. 103, p. 156-161, 2016.

MASUCHI, M. H. et al. Quantificação de TBHQ (terc butil hidroquinona) e avaliação da estabilidade oxidativa em óleos de girassol comerciais. **Química nova**, v. 31, p. 1053-1057, 2008.

MELO, L. G. et al. Caracterização espectroscópica de cristais de ácidos láurico e mirístico. **Scientia Plena**, v. 3, n. 1, 2017.

MELO, P. G. et al. Estudos da estabilidade oxidativa dos óleos de macaúba (mesocarpo e amêndoa) visando a produção de biodiesel. In: 34ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2011.

MERÇON, F. O que é uma gordura trans. **Química nova na escola**, V. 32, n. 2, p. 78-83, 2010.

MOTA, C. S. et al. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: Colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, v. 32, p. 41-51, 2011.

NAZ, F. et al., —Synthesis and characterization of chitosan-based waterborne polyurethane for textile finishesII, **Carbohydrate Polymers**, v. 200, p. 54-62, 2018.

NHATAVE, A. M. **Estudo da estabilidade oxidativa e hidrolítica de vários tipos de óleos vegetais produzidos na fasorel sarl. 2015. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso** - Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2015.

NOVELLO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D. A. A importância dos ácidos graxos ω -3 e ω -6 para a prevenção de doenças e na saúde humana. *Salus*, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 80, 2008. Disponível em: <http://revistas.unicentro.br/index.php/salus/article/view/694> Acessado: 6 Maio 2022.

NUNES, A. A. **Óleo da polpa de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lood. ex Mart.) com alta qualidade: processo de refino e termoestabilidade**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2013.

NUNES, C. A. **Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos. Ed. UFLA. Lavras, 2013.

O'BRIEN, R. D. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 680 p. 2010.

OLIVEIRA, D. M. et al. Avaliação da estabilidade à oxidação e do ponto de entupimento de filtro a frio de biodiesel derivados de blendas de sebo bovino com óleo de soja. **Revista de iniciação científica da ULBRA**, n. 10, p. 51-56, 2012.

PARANHOS, S. B. et al. Chitosan Membrane Containing Copaiba Oil (*Copaifera* spp.) for Skin Wound Treatment. **Polymers**, v. 14, n. 1, p. 35, 2021.

PARTHASARATHY, P.; NARAYANAN, K. S.; AROCKIAM, L. Study on kinetic parameters of different biomass samples using thermo-gravimetric analysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 58, p. 58-66, 2013.

PESSOA, P. A. P. **Avaliação das propriedades do óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e sua aplicação em creme vegetal**. 2017. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São José do Rio Preto, 2017. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/150837> Acessado: 25 maio 2022.

PIMENTA, T. V.; CANO ANDRADE, M. H.; ANTONIASSI, R. **Extração, neutralização e caracterização dos óleos do fruto da macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Búzios, 2012.

PORTELA, F. M.; SANTOS, D. Q.; HERNÁNDEZ-TERRONES, M. G. **Estudo da estabilidade oxidativa de óleos vegetais para a produção de Biodiesel**. In: 49º Congresso Brasileiro de Química, Porto Alegre, 2009.

PRATES-VALÉRIO, P.; CELAYETA, J. M. F.; CREN, E. C. Quality parameters of mechanically extracted edible macauba oils (*Acrocomia aculeata*) for potential food and alternative industrial feedstock application. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 5, p. 1800329, 2019.

PREUSS, H. G. et al. Minimum inhibitory concentrations of herbal essential oils and monolaurin for gram-positive and gram negative bacteria. **Molecular and Cellular Biochemistry**, Washington, n. 272, p. 29-34, 2005

RABÊLO, A. M. da S. **Avaliação da secagem, torrefação e estabilidade da castanha de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2007.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20130002> Acessado: 10 Maio 2022.

RAPOSO, H. F. **Efeito dos ácidos graxos n-3 e n-6 na expressão de genes do metabolismo de lipídeos e risco de aterosclerose**. Revista de Nutrição, n.23, n.5, p.871-879, 2010.

RATHKE, T. D.; HUDSON, S. M. Review of chitin and chitosan as fiber and film formers. **Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews**, v. 34, n. 3, p. 375-437, 1994.

ROVERE, B. O.; RODRIGUES, J. H.; TELEKEN, J. G. Redução do índice de acidez através da neutralização e esterificação para produção de biodiesel. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24678-24686, 2020.

SANTOS, J. D. A. Biopolímeros aplicados a sustentabilidade: uma revisão de literatura. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, [S. l.], v. 2, n. 2, 2021.

SARQUIS, I. R. et al. Carapa guianensis Aubl.(Meliaceae) oil associated with silk fibroin, as alternative to traditional surfactants, and active against larvae of the vector *Aedes aegypti*. **Industrial Crops and Products**, v. 157, p. 112931, 2020.

SARTORI, M. A. et al. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de usina de biodiesel. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 2, p. 419-434, 2009. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032009000200005> Acessado: 29 maio 2022.

SILVA, B. J. M. et al. Medicinal plants from the Brazilian Amazonian region and their antileishmanial activity: a review. **Journal of Integrative Medicine**, v. 16, n. 4, p. 211-222, 2018.

SILVA, F. A.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. **Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante**. Química nova, 22(1), 94-103, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v22n1/1143.pdf> acessado: 16 maio 2022.

SILVA, L. R. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. *Nativa*, 2018, v. 6, n. 2, p. 147-152, 2018.

SILVA, S. S. et al. Approach on chitosan/virgin coconut oil-based emulsion matrices as a platform to design superabsorbent materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 249, p. 116839, 2020.

SOUSA, M. V. S. et al. Estudo da incorporação de LCC à Membrana de Quitosana. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 4, p. 2762-2777, 2019.

SOUZA, N. E., MATSUSHITA, M., VISENTAINER, J. V. **Ácidos graxos: Estrutura, Classificação, Nutrição e Saúde**. Arquivos Apadec, Cascavel, v. 2, n. 2, p. 102-107, 1998.

STEFFANI, E. **Modelagem matemática do processo de extração supercrítica de óleo essencial de Ho-Sho (Cinnamomum camphora Nees & Eberm var. linaloolífera Fujita) Utilizando CO₂**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

THEVARAJAH, J. J. et al. Determination of the distributions of degrees of acetylation of chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 95, p. 40–48, 2017.

TIRITAN, M. G.; BEUX, S. Controle da qualidade do óleo de soja degomado—artigo de revisão. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 1, n. 1, p. 306-316, 2006.

TOFANINI, A. J. **Controle da qualidade de óleos comestíveis**. Relatório de Estágio. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química. Florianópolis-SC, Junho de 2004.

TRENTINI, C. P. et al. Low-pressure solvent extraction of oil from macauba (*Acrocomia aculeata*) pulp: characterization of oil and defatted meal. **Ciência Rural**, v. 46, p. 725-731, 2016.

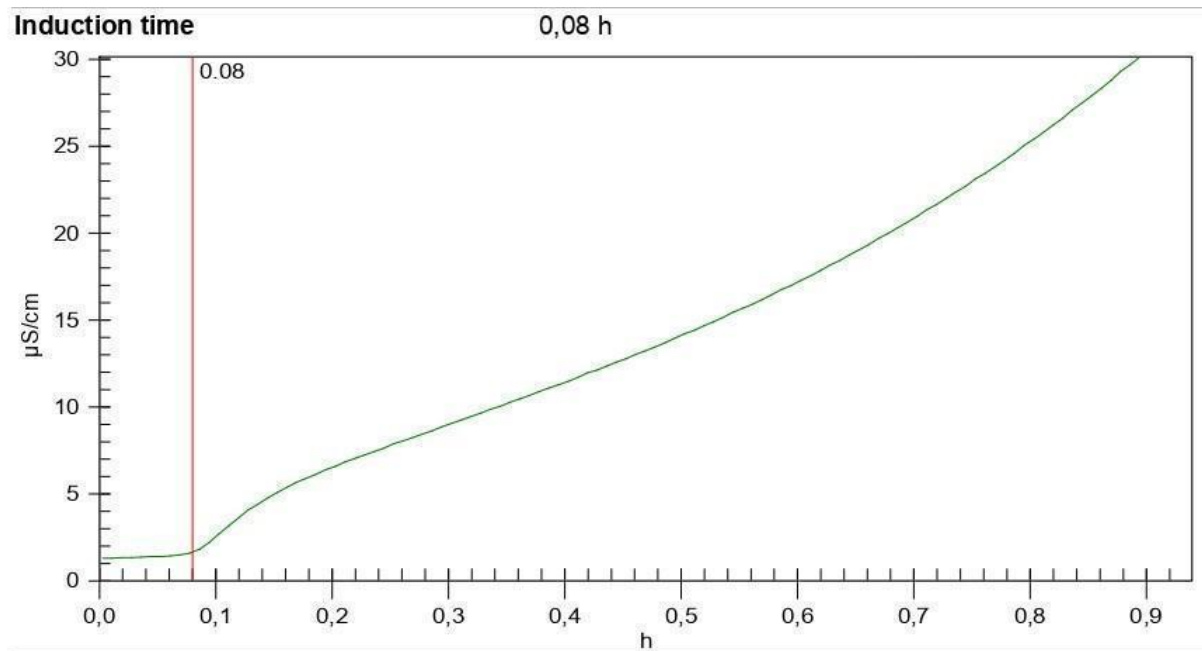
VASQUES, C. T. **Preparação e caracterização de filmes poliméricos a base de amido de milho e polipirrol para aplicação como biomaterial**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

VIDAL, D. B. **Estudo da influência das condições de pirólise de compósito de pebd/a na produção de hidrocarbonetos**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2017.

ANEXOS

ESTABILIDADE OXIDATIVA

ÓLEO DA POLPA



ÓLEO DA AMÊNDOA

