



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS CARAÚBAS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

NATHAN VIEIRA DINIZ

**PROCESSO DE DEGOMAGEM DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL
PARA SÍNTESE DE BIODIESEL**

CARAÚBAS – RN

2023

NATHAN VIEIRA DINIZ

**PROCESSO DE DEGOMAGEM DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL
PARA SÍNTESE DE BIODIESEL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins.

CARAÚBAS – RN
2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

DD585 Diniz, Nathan Vieira.
p Processo de degomagem de óleos vegetais e
 gordura animal para síntese de biodiesel / Nathan
 Vieira Diniz. - 2023.
 84 f. : il.

 Orientador: Daniel Freitas Freire Martins.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2023.

 1. biocombustíveis. 2. oleaginosas. 3.
 caracterização físico-química. 4. purificação. I.
 Martins, Daniel Freitas Freire, orient. II.
 Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

NATHAN VIEIRA DINIZ

**PROCESSO DE DEGOMAGEM DE ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL
PARA SÍNTESE DE BIODIESEL**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 29 / 09 / 2023.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
DANIEL FREITAS FREIRE MARTINS
Data: 16/10/2023 14:29:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente
ITALLA MEDEIROS BEZERRA
Data: 16/10/2023 15:02:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dra. Italla Medeiros Bezerra (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente
ANTONIO ALEX DE LIMA SILVA
Data: 16/10/2023 15:27:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Antônio Alex de Lima Silva (FACENE)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre me dar forças para seguir lutando sem desistir, que apesar das dificuldades me mantém de pé, derramando bençãos sobre a minha vida em forma de conquistas e pessoas, que entram e passam pela minha trajetória. Toda honra, glória e adoração sejam dadas a Ele!

Aos meus pais, Francisco Diniz de Oliveira e Maria Concebida Vieira de Sousa, por todo esforço e empenho em me proporcionar uma educação de qualidade, por todo carinho, amor e atenção dedicados a mim. Agradeço ainda aos meus irmãos, Lucas Vieira Diniz e Lorrany Vieira Diniz por sempre me apoiar nas minhas decisões. Amo todos vocês!

A todos os meus familiares, em especial a minha avó Querubina que sempre tem um carinho enorme por mim, me ajudando no possível, e a minha prima Lúcia Lima que é como uma mãe para mim em Caraúbas – RN.

Aos meus amigos de longa data, e aqueles que encontrei ao longo dessa caminhada acadêmica, dentre eles: João Victor Barbosa, Jordânia Diniz, Kauan Diniz, Larissa Sales, Carol Mendes, Joilson Félix, Gabriela Sales, Emanuela Ieda e Laíza Xavier. Essas são as pessoas, na qual ajudam a melhorar meus dias de forma direta ou indireta, tornando-os mais divertidos e alegres mesmo em momentos difíceis.

Ao meu orientador e amigo, Daniel Freitas Freire Martins, pela disponibilização de ter aceitado o convite de ser meu orientador, assumindo esse papel de maneira ímpar, me ajudando, ensinando com toda paciência, e dando conselhos não só sobre ciência, mas sobre a vida, no qual irei levar sempre comigo.

Ao meu companheiro e amigo de laboratório, Carlos Henrique Dantas, pela ajuda na realização do presente trabalho.

A psicóloga Maíra Barbosa, que me ajudou nos meus momentos mais difíceis psicologicamente, superando crises de ansiedade, bem como ao Frei Nivaldo que além de também contribuir para minha recuperação, se tornou um pai espiritual.

Aos técnicos de laboratório, Charles e Alisson, pela ajuda e apoio em solucionar problemas enfrentados no início desse trabalho.

A Universidade Estadual do Rio Grande do Norte – UERN e o Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, pela parceria exercida para realização de análises físico-química, e o empréstimo de equipamentos para extração dos óleos de girassol e oiticica.

A banca examinadora pelas contribuições e disponibilidade para avaliação desse trabalho, e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, por todos os conhecimentos ofertados durante essa trajetória.

Por fim, agradeço ao homem de coração mais puro que conheci, meu avô Pedro (*In Memoriam*), que sempre torceu por mim e amava quando o ia visitar, onde passava horas conversando comigo e contando inúmeras histórias de vida, e que hoje infelizmente, não está presente em vida para ver e prestigiar a realização das minhas conquistas. Saudades!

A felicidade não é a ausência de conflito, e sim a habilidade de lidar com ele. Uma pessoa feliz não tem o melhor de tudo, mas ela torna tudo melhor.

Autor desconhecido

RESUMO

Os combustíveis fósseis utilizados como fonte de energia desde o período da Primeira Revolução Industrial são grandes responsáveis pelos inúmeros impactos causados ao meio ambiente. Com isso, se faz necessário a busca por fontes alternativas e sustentáveis de energia, no qual utilizam de meios oferecidos pela natureza para produção de uma energia mais limpa. Assim, o uso de óleos ou gorduras de origem vegetal ou animal para produção de biocombustíveis têm apresentado crescentes nos dias atuais, uma vez que os mesmos contribuem para uma menor emissão de poluentes durante sua queima. No entanto, a maioria desses óleos não apresentam condições e características adequadas para a síntese de biodiesel, existindo assim diversos métodos para o beneficiamento dessa matéria-prima, sendo um destes a degomagem, que pode ocorrer com a adição de água, ácido ou combinada (água e ácido), com o intuito de retirar as impurezas presente nos óleos. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar as características físico-química dos óleos de coco, girassol, mamona e oiticica, e a gordura do sebo bovino, antes e após passar pelo tratamento de degomagem aquosa e ácida, a fim de obter um óleo de melhor qualidade para ser utilizado na síntese de biodiesel. O processo de degomagem aquosa utilizou 3% em massa de água, enquanto a degomagem ácida utilizou 0,4% em massa de H_3PO_4 P.A. Os parâmetros avaliados durante todo o processo foram: índice de acidez, massa específica a 30 °C, ácidos graxos livres, índice de saponificação, teor de umidade, água e sedimentos, viscosidade cinemática a 40 °C, e ponto de fulgor e de combustão. Os resultados obtidos foram comparados com trabalhos na literatura, e com valores padrões. Todos os óleos e o sebo bovino apresentaram um aumento no índice de acidez após a degomagem, principalmente na ácida devido a adição do ácido fosfórico, no entanto, tal crescente não necessita que os mesmos passem pela etapa de neutralização, uma vez que os valores obtidos são inferiores ao máximo recomendado. Os ácidos graxos livres demonstraram um aumento na maioria dos óleos após a degomagem. No entanto, esses aumentos não afetam a produção de biocombustíveis, com exceção do óleo de mamona após a degomagem ácida e do óleo de oiticica, que apresentaram um percentual de ácidos graxos acima do limite recomendado. Os demais parâmetros estão de acordo com os valores encontrados na literatura para a síntese do biodiesel, com exceção da viscosidade cinemática que permaneceu constante para os óleos de coco e girassol, porém, aumentou nos óleos de mamona e oiticica, sendo esse um fator negativo para produção de biocombustíveis. Com isso, concluiu-se de maneira geral que a degomagem ocorreu de forma eficiente, desempenhando a função de remoção das impurezas, como pôde-se perceber nos parâmetros de ponto de fulgor e combustão, apresentando uma redução neles, sendo que tais resultados estão intrinsecamente e diretamente relacionados com a retiradas das gomas. Assim, a retirada dessas substâncias indesejáveis contribuiu para a obtenção de uma matéria-prima de melhor qualidade para síntese de biodiesel.

Palavras-chave: biocombustíveis; oleaginosas; caracterização físico-química; purificação.

ABSTRACT

Fossil fuels, used as an energy source since the First Industrial Revolution, are major contributors to the numerous environmental impacts we face. Therefore, the search for alternative and sustainable sources of energy is imperative, utilizing natural means to produce cleaner energy. Thus, the use of oils or fats of vegetable or animal origin for biofuel production has been on the rise in recent days, as they contribute to lower pollutant emissions during combustion. However, most of these oils do not possess suitable physicochemical conditions and properties for biodiesel synthesis. Consequently, various methods exist for refining this raw material, with one of them being degumming. Degumming can occur through the addition of water, acid, or a combination of both (water and acid) with the purpose of removing impurities present in the oils. In view of this, the present study aimed to analyze the physicochemical characteristics of coconut, sunflower, castor, and oiticica oils, as well as bovine tallow, before and after undergoing aqueous and acid degumming treatment, in order to obtain a higher quality oil for use in biodiesel synthesis. The aqueous degumming process used 3% by mass of water, while the acid degumming used 0.4% by mass of H_3PO_4 P.A. The parameters evaluated throughout the entire process included acidity index, specific gravity at 30°C, free fatty acids, saponification index, moisture content, water and sediment content, kinematic viscosity at 40°C, flash point, and combustion point. The obtained results were compared with existing literature and standard values. All the oils and bovine tallow exhibited an increase in acidity index after degumming, particularly in the acidic degumming process due to the addition of phosphoric acid. However, this increase does not necessitate the need for a neutralization step, as the obtained values are below the maximum recommended limits. Free fatty acids showed an increase in most oils after degumming. However, these increases do not impact biofuel production, except in the case of castor oil after acid degumming and oiticica oil, which exhibited a percentage of free fatty acids above the recommended limit. The remaining parameters are in accordance with the values found in the literature for biodiesel synthesis, with the exception of kinematic viscosity, which remained constant for coconut and sunflower oils but increased in castor and oiticica oils. This is a negative factor for biofuel production. Therefore, it was concluded in a general sense that degumming occurred efficiently, fulfilling its role in removing impurities, as evidenced by the flash and combustion point parameters, which showed a reduction. Such results are inherently and directly related to the removal of gums. Thus, the removal of these undesirable substances contributed to obtaining higher quality raw materials for biodiesel synthesis.

Keywords: biofuels; oilseeds; physicochemical characterization; purification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reação Geral de Transesterificação dos Triglicerídeos.	20
Figura 2 – Coqueiro e seus frutos.	23
Figura 3 - Sementes de girassol.	25
Figura 4 – Sementes de mamona.	27
Figura 5 – Planta da Oiticica e seus frutos.	28
Figura 6 – Fruto da oiticica.	39
Figura 7- Prensa Elétrica 200 toneladas da SOLOCAP.	40
Figura 8- Conjunto metálico.	40
Figura 9 - Sistema adaptado do condensador de refluxo.	44
Figura 10 - Viscosímetro Saybolt usado na análise de viscosidade.	46
Figura 11- Sistema adaptado para o ponto de fulgor e combustão.	47
Figura 12 - Centrífuga de tubos utilizada na análise.	48
Figura 13 - Coloração dos óleos vegetais e gordura animal. (1) Óleo de Coco; (2) Óleo de Girassol; (3) Óleo de Mamona; (4) Óleo de Oiticica; (5) Sebo Bovino.	50
Figura 14 - Óleo de mamona e sua goma precipitada após o processo de degomagem ácida.	52
Figura 15 - Dados do índice de acidez.	53
Figura 16 - Massa específica dos óleos vegetais antes e após a degomagem.	54
Figura 17 - Percentual de ácidos graxos livres (AGL) presentes nos óleo vegetais e gordura animal.	56
Figura 18 - Índice de Saponificação dos óleos vegetais e gordura animal. Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.	58
Figura 19 - Teor de umidade dos óleos e gordura utilizados.	60
Figura 20 - Sedimentos precipitados no óleo de coco com a degomagem ácida.	62
Figura 21 - Viscosidade cinemática dos óleos vegetais antes e após o tratamento.	63
Figura 22 – Comparativos aspectos visuais dos óleos e gordura antes e após a degomagem ácida. (1) Óleo de Coco; (2) Óleo Girassol; (3) Óleo de Mamona; (4) Óleo de Oiticica; (5) Sebo Bovino.	65
Figura 23 - Ponto de fulgor e combustão dos óleos e gordura antes e depois do processo de degomagem.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de coco.	24
Tabela 2 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de girassol	25
Tabela 3 - Percentual de ácidos graxos que compõe o óleo de mamona.	28
Tabela 4 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de oiticica	30
Tabela 5 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o sebo bovino.	31
Tabela 6 - Porcentagens de gomas retiradas após a degomagem.	51
Tabela 7 - Água e sedimentos dos óleos vegetais.....	61
Tabela 8 - Valores obtidos através da caracterização dos óleos e gordura antes e após o processo de degomagem aquosa e ácida.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equipamentos utilizados na caracterização físico-química.....	41
Quadro 2 - Reagentes químicos utilizados na caracterização físico-química.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus celsius
AGL	Ácidos Graxos Livres
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOCS	American Oil Chemists' Society
ASTM	American Society for Testing and Materials
CO ₂	Dióxido de Carbono
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IS	Índice de Saponificação
OCB	Óleo de Coco Bruto
OCDa	Óleo de Coco com Degomagem Ácida
OCDAq	Óleo de Coco com Degomagem Aquosa
OGB	Óleo de Girassol Bruto
OGDa	Óleo de Girassol com Degomagem Ácida
OGDAq	Óleo de Girassol com Degomagem Aquosa
OMB	Óleo de Mamona Bruto
OMDa	Óleo de Mamona com Degomagem Ácida
OMDAq	Óleo de Mamona com Degomagem Aquosa
OOB	Óleo de Oiticica Bruto
OODa	Óleo de Oiticica com Degomagem Ácida
OODAq	Óleo de Oiticica com Degomagem Aquosa
PC	Ponto de Combustão
PF	Ponto de Fulgor
SBB	Sebo Bovino Bruto
SBDa	Sebo Bovino com Degomagem Ácida
SBDAq	Sebo Bovino com Degomagem Aquosa
SSU	Viscosidade Saybolt Universal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	16
3.2 BIOCOMBUSTÍVEIS	17
3.3 BIODIESEL	18
3.3.1 Reação de Transesterificação	19
3.4 ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL	21
3.4.1 Óleo de Coco	22
3.4.2 Óleo de Girassol	24
3.4.3 Óleo de Mamona	26
3.4.4 Óleo de Oiticica	28
3.4.5 Sebo Bovino	30
3.5 TRATAMENTO DOS ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL	32
3.5.1 Degomagem	33
3.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS ÓLEOS E GORDURAS	34
3.6.1 Índice de acidez	35
3.6.2 Massa específica	35
3.6.3 Ácidos graxos livres	35
3.6.4 Índice de saponificação	36
3.6.5 Teor de umidade	36
3.6.6 Água e sedimentos	36
3.6.7 Viscosidade cinemática	36

3.6.8	Ponto de fulgor e combustão	37
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1	OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DOS ÓLEOS E SEBO BOVINO	38
4.1.1	Obtenção da Matéria-Prima	38
4.1.1.1	Oiticica	38
4.1.1.2	Girassol	39
4.1.2	Extração dos óleos de Oiticica e Girassol	39
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	41
4.2.1	Equipamentos e reagentes químicos utilizados	41
4.2.2	Caracterização físico-química dos óleos vegetais e gordura animal	42
4.2.2.1	Índice de Acidez	42
4.2.2.2	Massa específica	42
4.2.2.3	Ácidos graxos livres	43
4.2.2.4	Índice de Saponificação	44
4.2.2.5	Teor de umidade	45
4.2.2.6	Água e sedimentos	45
4.2.2.7	Viscosidade cinemática	45
4.2.2.8	Ponto de fulgor e combustão	46
4.3	DEGOMAGEM	47
4.3.1	Degomagem aquosa	47
4.3.2	Degomagem ácida	48
4.4	PERCENTUAL DA LECITINA	49
4.5	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	49
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1	PERCENTUAL DE GOMAS RETIRADAS	50
5.2	ÍNDICE DE ACIDEZ	52
5.3	MASSA ESPECÍFICA	54

5.4	ÁCIDOS GRAXOS LIVRES.....	56
5.5	ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO	57
5.6	TEOR DE UMIDADE	59
5.7	ÁGUA E SEDIMENTOS	61
5.8	VISCOSIDADE CINEMÁTICA	62
5.9	PONTO DE FULGOR E COMBUSTÃO	65
6.	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE.....	84

1. INTRODUÇÃO

Diante dos impactos ambientais provocados pela exploração e uso excessivo de combustíveis fósseis por parte da humanidade, viu-se a necessidade de buscar fontes renováveis de energia, visto que, pelo crescimento exponencial da população, e pela necessidade de consumo em massa, as reservas de combustíveis fósseis em algum momento se esgotariam, uma vez que eles demoram milhares de anos para serem produzidos novamente, sendo essa a característica principal das fontes de energias não renováveis.

Com isso, a busca por fontes alternativas de energia tem ganhado espaço nos últimos anos, devido à necessidade de mudar e tentar recuperar a natureza, sendo ela a única solução para tal problemática. As energias renováveis surgem como uma resposta a essa adversidade, derivando de fontes que se reconstituem de maneira mais rápida, graças à capacidade regenerativa da própria natureza. Ao contrário dos combustíveis fósseis, essas fontes não apenas minimizam o impacto ambiental, mas também preservam a saúde da humanidade, uma vez que manifestam emissões menores de carbono na atmosfera e de poluentes em geral (Goldemberg; Lucon, 2007; Borges *et al.*, 2016).

Existem vários tipos de fontes renováveis de combustível, dentre elas está o biodiesel. O biodiesel é constituído em um alquil monoésteres provenientes de ácidos graxos derivados de óleos vegetais e gordura animal, como exemplo, o óleo de soja, mamona, milho, amendoim, oiticica, sebo bovino, e ainda óleos saturados (óleo de frituras), produzido a partir da reação da transesterificação de triglicerídeos encontrados nos óleos vegetais e animais, em conjunto com álcool na presença de um catalisador (Monyem; Gerpen, 2001; Duarte *et al.*, 2022).

Com a busca cada vez maior por combustíveis renováveis, o sebo bovino é a segunda fonte mais utilizada para produção de biodiesel no Brasil. Segundo dados de 2023 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 7,9 % do biodiesel produzido no Brasil foi oriundo dessa a matéria-prima, ficando atrás apenas da soja (ANP, 2023). O sebo é um produto extraído da carne bovina, proveniente da gordura, sendo encontrada no estado sólido em temperatura ambiente, porém, para utilização como fonte de combustível é necessário aquecê-la, para que passe ao estado líquido. A qualidade do sebo bovino aumenta de acordo com o desenvolvimento positivo das criações de gado (Silva, 2017).

É sabido que além da gordura animal como o sebo bovino, os óleos vegetais são outro meio para produção do biodiesel. Os óleos vegetais no geral são lipídios extraídos de sementes ou caule de plantas (oleaginosas), sendo essa substância extraída composta principalmente por

triglicerídeos. Além dos triglicerídeos, os óleos vegetais são formados por uma quantidade considerável de ácidos graxos livres, fosfatídeos, esteróis e tocoferóis (Garcia, 2006).

É relevante ressaltar que muitos óleos, em seu estado bruto, não apresentam as condições iniciais ideais para servirem como biocombustíveis, como elevado índice de acidez e viscosidade. No entanto, existem procedimentos e técnicas que têm o propósito de melhorar a qualidade da matéria-prima, como é o caso do processo de degomagem. Nesse contexto, o presente trabalho teve como foco a realização do processo de degomagem dos óleos vegetais e gordura animal, sendo tal método aplicado com a finalidade de remover impurezas (lecitina/goma) presentes na composição da matéria, contribuindo para que o óleo possa ser submetido a um tempo de estocagem, sem sofrer com influências do meio, além de contribuir para obtenção de uma matéria-prima de maior qualidade. Além disso, os principais métodos para realização da degomagem são por meio da adição de água, etanol, enzimas, membranas e ácido, sendo o primeiro citado o mais utilizado, devido a seu baixo custo, e resultados satisfatórios (Rosa *et al.*, 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo melhorar a qualidade dos óleos vegetais (coco, girassol, mamona e oiticica) e gordura animal (sebo bovino), através do processo de degomagem aquosa e ácida.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtenção dos óleos vegetais e gordura animal.
- Caracterizar os óleos de coco, girassol, mamona e oiticica, e o sebo bovino antes e após o processo de purificação através dos seguintes parâmetros: índice de acidez, massa específica, ácidos graxos livres, índice de saponificação, teor de umidade, água e sedimentos, viscosidade cinemática e ponto de fulgor e combustão.
- Realizar o processo de degomagem aquosa e ácida com todos os óleos vegetais e gordura animal.
- Comparar os parâmetros medidos com resultados na literatura e verificar sua adequação para a síntese de biodiesel.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Com o surgimento da revolução industrial entre meados do século XVIII e XIX o mundo passou por uma transformação brusca, quando houve a criação de maquinários para linhas de produção nas fábricas, e a migração dos habitantes da zona rural (campo) para trabalharem nas grandes cidades que se formavam ao entorno das indústrias, resultando na chegada do capitalismo industrial, contribuindo ainda mais para o enriquecimento e ganho de força desse novo modelo de produção. Diante disso, para movimentação e funcionamento desses maquinários, eram utilizados os combustíveis fósseis, tendo destaque em primeira análise o carvão mineral e, posteriormente, o petróleo e o gás natural (Piva, 2010).

Os combustíveis fósseis são hidrocarbonetos formados a partir da decomposição de organismos vivos de milhares de anos, sob elevadas temperaturas, pressões e depósitos geológicos, como camadas de rochas sedimentares. Sabendo disso, embora esses combustíveis tenham sido muito importantes para os desenvolvimentos econômicos e industriais da humanidade, eles representam uma das principais causas para as mudanças climáticas, o aquecimento global e o aumento do efeito estufa, uma vez que a queima desses combustíveis libera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases poluentes. Além disso, podem ocorrer acidentes na extração e no seu transporte pelos continentes, fazendo com que haja desastres irreversíveis para o tempo de vida humano (Bizerra *et al.*, 2018).

A alta exploração e utilização desses recursos de fonte finita, pelo fato da produção e recuperação destes serem inviáveis em relação a escala temporal humana, geraram impactos significativos ao meio ambiente, e consequentemente aos seres humanos (Ribeiro, 2014). Baird e Cann (2011) apontam os combustíveis fósseis como sendo um dos grandes responsáveis pela degradação ambiental e mudanças climáticas na atualidade, com o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO_2), citando exemplos como o aumento do efeito estufa e do aquecimento global e, consequentemente, o derretimento das calotas polares e o crescimento do nível do mar.

Com isso, a partir da preocupação com a humanidade, e com a fauna e flora do mundo, viu-se a necessidade de buscar fontes de energia sustentáveis e límpidas que não prejudicasse o meio ambiente, dando início assim ao surgimento das fontes de energias renováveis (fonte infinitas, derivadas de processos naturais), sendo os biocombustíveis uma dessas alternativas (Piva, 2010).

3.2 BIOCOMBUSTÍVEIS

Segundo Mota e Monteiro (2013), os biocombustíveis são combustíveis produzidos a partir de matérias-primas renováveis e principalmente de origem vegetal, provenientes de plantas, algas e resíduos agrícolas ou florestais. São considerados uma opção mais sustentável em comparação aos combustíveis fósseis, uma vez que no ciclo do carbono há a absorção do CO₂ presente na atmosfera pelos organismos vivos que realizam fotossíntese. Com isso, o CO₂ emitido na queima dos biocombustíveis pode ser absorvido por esses organismos, equilibrando assim a liberação desse gás em excesso no meio ambiente, além de contribuir menos para as emissões de gases de efeito estufa, e consequentemente das mudanças climáticas (Mota e Monteiro, 2013).

Desse modo, os biocombustíveis são meios de substituir parcial ou totalmente os combustíveis fósseis em automóveis de motores a combustão, podendo ser utilizados como substitutos ou aditivos aos combustíveis tradicionais, como a gasolina e o diesel (Vidal, 2019). O etanol e o biodiesel são uns dos principais e mais comuns biocombustíveis existentes, sendo considerados de 1ª geração, ou seja, são aqueles produzidos a partir de matéria-prima de origem alimentícia, e que o processo produtivo se encontra desenvolvido, sendo produzidos mundialmente em larga escala (Mota e Monteiro, 2013).

Portanto, além de serem utilizados e desenvolvidos para minimizar os impactos causados ao meio ambiente, os biocombustíveis ainda desempenham o papel de diminuir a dependência nos combustíveis fósseis como o petróleo, evitando preocupações futuras com o abastecimento dessa fonte de energia não renovável, e as consequências negativas na balança comercial (Leite e Leal, 2007). A utilização do etanol é uma das que mais se destacam, sendo produzido a partir da fermentação de açúcares simples, como exemplo a cana-de-açúcar. Cabe pontuar ainda que o Brasil é pioneiro no mundo no uso do etanol em larga escala como combustível, além da mistura do álcool à gasolina ser superior a 20%. (Mota e Monteiro, 2013; Vidal, 2019).

É válido ressaltar ainda a grande importância do biodiesel como um biocombustível no Brasil, na qual essa fonte de energia renovável terá um destaque maior no presente trabalho e será melhor detalhado adiante.

3.3 BIODIESEL

Como dito anteriormente, o biodiesel é um dos biocombustíveis mais importantes e surgiu com a necessidade de buscar por fontes renováveis de energia devido aos diversos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis. Com isso, ele é definido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), através da lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, como sendo:

Biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

De maneira mais clara, o biodiesel pode ser definido como um combustível renovável, e biodegradável, derivado de óleos e gorduras vegetais e animais, podendo substituir o óleo diesel mineral, sendo composto de mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos através da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol. Além disso, a utilização do biodiesel como fonte de combustível faz com que haja uma forte redução na liberação de enxofre no meio ambiente, evitando a proliferação de doenças respiratórias, principalmente nas áreas urbanas (Parente, 2003).

O Brasil é um país favorecido na área do biodiesel, uma vez que devido a sua diversidade climática e cultural, possui ao longo do território o cultivo de uma série de oleaginosas diferentes. Com isso, existe a possibilidade de utilizar uma variação dessas oleaginosas para sintetizar o biodiesel (Tapenes *et al.*, 2013)

Enfatizando o nordeste do Brasil, há uma facilidade e acesso na produção de biodiesel na região do semiárido, devido a maioria das oleaginosas utilizadas no processo de fabricação se adaptar ao clima com altas temperaturas, fazendo com que a economia cresça e favoreça as áreas mais pobres, uma vez que isso está associado a geração de empregos, desenvolvendo o caminho da sustentabilidade (Ferreira e Cristo, 2006). Além das oleaginosas, a gordura animal também é uma matéria-prima residual importante para síntese do biodiesel, visto que apesar de não ser uma fonte renovável, são rejeitos que normalmente são jogados na natureza, contribuindo para a poluição do meio ambiente (Santos, 2010).

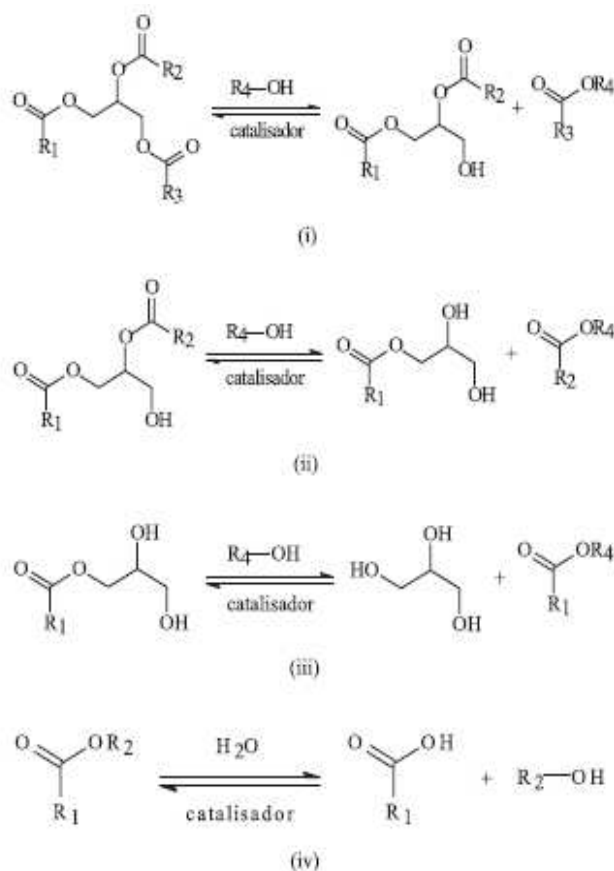
O biodiesel pode ser obtido através de rotas químicas ou enzimáticas, ou através de diferentes métodos, sendo a reação de transesterificação o processo mais comumente utilizado, devido sua eficácia e menor tempo de reação (Delatorre *et al.*, 2011).

3.3.1 Reação de Transesterificação

O biodiesel pode ser produzido de diversas formas, entretanto, a transesterificação é o método mais comum e utilizado no mundo. Também chamada de alcoólise, a reação de transesterificação consiste em uma reação de triglicerídeos com álcoois para produzir, ésteres metílicos ou etílicos, monoésteres de ácidos graxos, e glicerol como subproduto. Normalmente é usado um catalisador, KOH (hidróxido de potássio), com a finalidade de melhorar e acelerar a taxa de reação e o rendimento. Para ter eficiência maior no método é necessário que a reação apresente um excesso de álcoois (Meher *et al.*, 2004; Suarez *et al.*, 2007).

A transesterificação é composta por três reações consecutivas e reversíveis, nas quais são formados diglicerídeos e monoglicerídeos como intermediários, e por final o glicerol. Em cada passo da reação, uma molécula de éster metílico ou etílico é produzida para cada molécula de metanol ou etanol consumida. Cabe pontuar ainda que na presença de água há o equilíbrio entre os diferentes ésteres e seus respectivos ácidos graxos e álcoois (glicerina e mono-álcoois), conforme ilustrado na última fase da Figura 1 a seguir (Tapenes *et al.*, 2008; Suarez *et al.*, 2007).

Figura 1 – Reação Geral de Transesterificação dos Triglicerídeos.



Fonte: Suarez *et al.* (2007).

As componentes R1, R2 e R3 na figura anterior representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos, e o R4 o grupo dos álcoois.

Por fim, vale ressaltar que os catalisadores mais usados podem ser definidos pelas bases e ácidos de Brønsted, tendo como principais exemplos, os hidróxidos e alcóxidos de metais alcalinos e os ácidos sulfúrico, fosfórico, clorídrico e organossulfônicos. Destaca-se, conforme a literatura, que a catálise de origem básica apresenta problemas operacionais quando o óleo vegetal possui altos teores de ácidos graxos livres, pois são formados sabões que, além de consumirem parte do catalisador durante sua formação, geram emulsões e dificultam a separação dos produtos (ésteres e glicerina) no final do processo. Além disso, esse mesmo problema ocorre quando existe quantidade considerável de água no meio reacional, uma vez que leva à formação de ácidos graxos pela hidrólise dos ésteres presentes. No entanto, é o tipo de catalisador mais usado na produção do biodiesel. Cabe salientar ainda, que a reação pode ser realizada com diferentes tipos de oleaginosas e gordura animal (Suarez *et al.*, 2007).

3.4 ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL

Os lipídeos são definidos como sendo um aglomerado de substâncias químicas como triacilgliceróis, monoacilgliceróis, diacilgliceróis, fosfolipídios, esteróis, ácidos graxos etc., sendo caracterizados pela sua solubilidade em solventes orgânicos, e insolubilidade em água. Os óleos e gorduras são substâncias de origem vegetal ou animal e classificados como lipídeos. Além disso, os óleos apresentam uma certa diferença visual e nas propriedades físico-químicas em relação as gorduras, uma vez que os óleos são encontrados no estado líquido à temperatura ambiente, e as gorduras são sólidas à mesma temperatura (20°C) (Jorge, 2009).

No que diz respeito às propriedades físico-químicas e estruturais dos óleos e gorduras, destaca-se a importância do grau de insaturação e do ponto de fusão como características distintivas dessas substâncias. Com isso, os lipídeos compostos por ácidos graxos saturados (ligações simples), são encontrados no estado sólido em temperatura ambiente, pelo fato de possuírem elevado ponto de fusão, e conseqüentemente necessitarem de uma maior energia para que sejam quebradas as interações intermoleculares. No entanto, se os lipídeos forem formados por ácidos graxos insaturados (ligações duplas do tipo *cis*), sendo que tais ligações impõe uma certa rigidez a cadeia carbônica do material, eles são encontrados no estado líquido, provocando assim uma diminuição na força de atração das moléculas em comparação aos saturados. As ligações duplas dificultam a livre rotação da cadeia carbônica, ficando fortemente dobrada, e fazendo com que haja uma menor interação entre os átomos. Vale ressaltar que por causa da redução da força, os lipídios com ácidos graxos insaturados possuem ponto de fusão mais baixos (Solomons e Fryle, 2012; Moretto e Fett, 1989).

Segundo Moretto e Fett (1989) os ácidos graxos são longas cadeias formadas por átomos de carbono e hidrogênio, sendo dividido em saturados e insaturados. Os ácidos graxos insaturados predominam as ligações duplas na configuração “*cis*”, sendo diferenciado por alguns fatores como o número de carbonos que formam a cadeia carbônica daquela determinado óleo ou gordura, o número de duplas ligações, a localização das insaturações, a conjugação e configuração da estrutura. Com isso, esses fatores são fundamentais para compreender o comportamento e características físico-químicas (como o caso da viscosidade) dessas substâncias.

Portanto, diante do exposto, fica evidente a necessidade de compreender a composição e as características mais comuns sobre os óleos vegetais e gorduras de origem animal, uma vez que seu uso na produção do biodiesel vem crescendo a cada ano com a busca de fontes de combustíveis renováveis. Além disso, o Brasil possui uma enorme área cultivável, favorecendo

assim a produção de uma diversidade de oleaginosas propícias para a obtenção de biocombustíveis, sendo essas produzidas ao longo de todo o território brasileiro e em diferentes regiões, devido ao clima, solo e outros diversos fatores que contribuirão para o cultivo de forma diversificada, ou seja, cada oleaginosa se desenvolve de acordo com as condições climáticas favoráveis a ela (Santos, 2010).

Com isso, algumas dessas oleaginosas produzidas ao longo do território brasileiro, com foco na região semiárida, serão abordadas a seguir.

3.4.1 Óleo de Coco

Segundo dados e análises na literatura, há hipóteses que o coqueiro tenha se originado no Sudeste Asiático, nas ilhas entre os oceanos Índico e Pacífico. Através dessas regiões o vegetal se espalhou por todo o globo, principalmente em regiões tropicais na qual elas são mais propensas a prosperarem, chegando também nas Américas. Vale ressaltar que o coqueiro foi introduzido pelos portugueses no ano de 1553, sendo que atualmente sua concentração está predominantemente no litoral nordestino, mas com uma expansão para as regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Fontes e Ferreira, 2006).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é a única espécie da família *Palmae*, sendo essa uma importante família da classe das monocotiledôneas (possui apenas um cotilédono) (Figura 2). O coco (fruto do coqueiro) é caracterizado como uma drupa, ou seja, um fruto que possui “carne” protegido por uma casca dura, que também é denominada de epicarpo, no qual tem a função de proteger o mesocarpo que é espesso e fibroso e o endocarpo que é a parte mais interna do fruto. Além disso, essa planta necessita de um clima quente, com temperaturas em torno dos 27°C ao longo do ano, e períodos de chuvas alternados, sendo que, por esse motivo, elas se desenvolveram e apresentaram melhor qualidade nas regiões tropicais (Fontes e Ferreira, 2006).

Figura 2 – Coqueiro e seus frutos.



Fonte: Autoria própria.

O óleo de coco é obtido através do seu endosperma, denominado por albúmen sólido, ou comumente chamado de “carne” do coco. Como abordado anteriormente, viu-se que os óleos são substâncias ricas em ácidos graxos insaturados, no entanto, o óleo de coco apresenta na maioria da sua composição ácidos graxos saturados, sendo o ácido láurico (C12:0) presente em elevadas concentrações (predominante) nessa oleaginosa (Araújo *et al.*, 2009). No entanto, apesar do ácido láurico compor boa parte do óleo, segundo dados da Anvisa (1999) essa substância também é composta por ácido capróico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oléico (9-C18:1) e linoléico (9, 12-C18:2).

Além disso, cabe salientar que tal óleo pode ser adquirido de diferentes formas, como por meio da extração por prensagem, por solvente orgânico e através da fervura com água, obtendo um rendimento diferente para cada tipo de extração (Xavier, 2008 *apud* Araújo, 2008).

A tabela 1 apresenta os valores percentuais dos ácidos graxos que compõe o óleo de coco.

Tabela 1- Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de coco.

Ácido Graxo	Nomenclatura	% (g/100g)
C 6:0	capróico	0,4 – 0,6
C 8:0	caprílico	5,0 – 10,0
C 10:0	cáprico	4,5 – 8,0
C 12:0	láurico	43,0 – 51,0
C 14:0	mirístico	16,0 – 21,0
C 16:0	palmítico	7,5 – 10,0
C 18:0	esteárico	2,0 – 4,0
C 18:1	oléico	5,0 – 10,0
C 18:2	linoléico	1,0 – 2,5
C 18:3 – C 24:1	-	< 0,5

Fonte: Anvisa (1999).

3.4.2 Óleo de Girassol

O girassol (*Helianthus annuus*) teve sua origem na América do Norte, entre as regiões do Norte do México e ao estado de Nebraska nos Estados Unidos da América (EUA). Em seguida se espalhou por todo território americano, e em meados do século XVI foi levado pelos colonizadores para o continente europeu, onde inicialmente foi utilizado como planta de ornamentação e decoração de lugares (Câmara, 2014).

Além das diversas utilidades que foram dadas a esse vegetal ao longo dos anos, atualmente deve-se destaque ao óleo extraído da matéria-prima (sementes) do girassol, sendo que nos dias hodiernos essa oleaginosa corresponde a quarta planta mais cultivada no mundo e cerca de 90% de sua produção é destinada a extração do óleo bruto (Figura 3) (Câmara, 2014). Ademais, o girassol é uma planta que apresenta grandes condições de adaptações, uma vez possui uma maior resistência à seca, ao frio e ao calor, em relação as outras cultivadas no Brasil, além de ser pouco influenciada pela altitude, latitude e fotoperíodo (Gomes *et al.*, 2006).

Figura 3 - Sementes de girassol.



Fonte: Autoria própria.

No entanto, apesar da adaptação do girassol ao clima que se oferece em uma determinada região, o mesmo apresenta um fator muito importante que é o alto teor de óleo em suas sementes (aquênios), além de sua composição rica em ácidos graxos poliinsaturados. Diante disso, o óleo de girassol é muito valioso, tanto na área industrial, como na culinária e na utilização para síntese de biodiesel (Silva *et al.*, 1995). Segundo a Anvisa (1999) o óleo de girassol é composto por diversos ácidos graxos, sendo o palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oléico (9-C18:1) e linoléico (9, 12-C18:2) os encontrados em maior quantidade.

A tabela 2 a seguir expressa todas as porcentagens dos ácidos graxos presentes na composição do óleo de girassol.

Tabela 2 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de girassol

Ácido Graxo	Nomenclatura	% (g/100g)
C < 14	-	< 0,4
C 14:0	mirístico	< 0,5
C 16:0	palmítico	3,0 – 10,0
C 16:1	palmitoléico	< 1,0
C 18:0	esteárico	1,0 – 10,0
C 18:1	oléico	14,0 – 35,0
C 18:2	linoléico	55,0 – 75,0
C 18:3	linolênico	< 0,3
C 20:0	araquídico	< 1,5
C 20:1	eicosenóico	< 0,5
C 22:0	behênico	< 1,0
C 22:1	erúcico	< 0,5
C 24:0	lignocérico	< 0,5
C 24:1	tetracosenóico	< 0,5

Fonte: Anvisa (1999).

Cabe pontuar ainda que, assim como o óleo de coco, existem diferentes formas de se extrair o óleo de girassol, sendo a extração mecânica a mais vantajosa e utilizada, visto que se obtém por esse método o óleo, que é o produto principal, e a torta que é o subproduto da extração. Essa torta é utilizada para produção de rações com o intuito de alimentar animais como gado e aves, uma vez que esse subproduto possui cerca de 28-42% de proteína (Correia *et al.*, 2014; Mailer, 2004).

3.4.3 Óleo de Mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) é utilizada no Brasil desde a era colonial, sendo o seu óleo usado na lubrificação das engrenagens dos engenhos de cana-de-açúcar. Com o avanço da tecnologia, o óleo de rícino, como também é conhecido, passou a ganhar mais interesse e valor econômico, sendo a Índia a maior produtora e exportadora dessa matéria, suprimindo assim a demanda mundial (Schneider, 2003; Barros e Ramos, 2022).

Essa oleaginosa é da família da *Euphorbiaceae*, e se adaptou completamente às condições climáticas brasileiras, por ter grande influência em climas tropicais e subtropicais, podendo assim ser encontrada ao longo de todo território nacional. Como mencionado anteriormente, o principal interesse nessa oleaginosa é em seu óleo, obtido através dos seus grãos (Figura 4), possuindo diversas aplicações como nas indústrias de plásticos, siderurgia, perfumaria, tintas, vernizes, lubrificantes, e devido à preocupação com o meio ambiente, viu-se a possibilidade, e atenção voltada a pesquisa de biocombustíveis na produção do biodiesel, diminuindo assim com essa alternativa as emissões de gases do efeito estufa, além de gerar renda e empregos para os agricultores do campo, com destaque ao Nordeste do Brasil (Simon, 2014).

Figura 4 – Sementes de mamona.



Fonte: Autoria própria.

Com isso, devido a sua grande adaptabilidade ao período de seca, a mamona é muito utilizada nas regiões semiáridas. Entretanto, apesar de resistir bem ao período de pouca pluviosidade, esse fator afeta diretamente na qualidade do óleo. Além disso, com o teor de óleo nos grãos de aproximadamente 48%, é uma espécie propícia para o cultivo voltada para a produção do biodiesel (Simon, 2014). No processo de descascamento e extração do óleo da mamona são produzidos dois importantes substratos: a casca e a torta do fruto. O aproveitamento desses resíduos faz com que aumente a rentabilidade na produção, uma vez que esses produtos são utilizados como adubo orgânico, sendo a torta comercializada por conter alto teor de nitrogênio em sua composição (Lima *et al.*, 2008).

O óleo de mamona tem como constituintes os seguintes ácidos graxos: ácido ricinoléico (12-OH 9-C18:1), sendo este encontrado em maior quantidade, o ácido esteárico (C18:0), oleico (9-C18:1), linoléico (9, 12-C18:2), linolênico (9, 12, 15-C18:3) e palmítico (C16:0). Diante disso, é perceptível que o óleo possui uma quantidade significativa de ácidos graxos, o que confere a ele uma elevada acidez, sendo o potencial hidrogeniônico (pH) na maioria dos casos inferior a 4. No entanto, esse valor pode variar de acordo com as condições do manejo da cultura. Além disso, cabe pontuar que assim como os óleos de coco e girassol, existem diferentes formas de se obter o óleo da mamona, sendo as mais comuns por meio de prensas hidráulicas (prensagem a frio) e por solventes orgânicos (exemplo o n-hexano), sendo que essa última apresenta algumas desvantagens como alta inflamabilidade e toxicidade (Schneider, 2003).

A tabela 3 abaixo apresenta os percentuais de ácidos graxos que compõe o óleo de mamona.

Tabela 3 - Percentual de ácidos graxos que compõe o óleo de mamona.

Ácido Graxo	Nomenclatura	% (g/100g)
C 16:0	palmítico	1,6 ± 0,1
C 18:0	esteárico	1,2 ± 0,1
C 18:1	oleico	5,9 ± 1,0
C 18:2	linoléico	6,6 ± 0,8
C 18:3	linolênico	-
C 18:1 OH	ricinoléico	84,6 ± 2,3

Fonte: Adaptado de Rocha *et al.* (2008).

3.4.4 Óleo de Oiticica

A oiticica (*Licania rígida* Benth) é uma planta nativa do Brasil, da família da *Crysobalanaceae*, que ocorre nos estados do Piauí até Pernambuco, principalmente nos sertões, e a margens de rios/riachos (Figura 4). Os animais como os pássaros e morcegos, e a correnteza das águas dos rios e riachos no período de chuvas são os grandes disseminadores dessa espécie na região, sendo uma oleaginosa de grande porte, podendo atingir seus 15 metros de altura. No entanto, a vegetação da oiticica possui um crescimento lento e sua primeira frutificação ocorre aproximadamente a partir dos 10 anos de idade (Beltrão e Oliveira, 2007; Duque, 2004).

Figura 5 – Planta da Oiticica e seus frutos.



Fonte: Autoria própria.

Antigamente, o óleo extraído do fruto da oiticica era utilizado na produção de tintas automotivas, de impressoras, vernizes e diversos outros componentes, devido sua alta capacidade de secagem e aderir ao material. Por isso, os nordestinos que tinha o vegetal em sua propriedade viveram tempos de condições financeiras melhores, uma vez que a produção e extração do óleo era de fundamental importância para renda das famílias daquelas regiões, pois o tempo da colheita (varia de acordo com a localidade) era realizado no período de escassez dos recursos na agricultura (geralmente de dezembro para fevereiro) (Almeida, 2015).

Semelhantes aos outros óleos, a extração do óleo da oiticica ocorre principalmente pela prensagem mecânica e física, utilizando nessa última o solvente n-hexano, por meio do método soxhlet. Já a prensagem mecânica utiliza-se de uma prensa hidráulica que comprime as sementes e obtém-se a partir disso o óleo bruto. De acordo com a indústria de oiticica em Jaguaribe - CE, o rendimento total do óleo é de aproximadamente 32%, sendo 28% extraído pelo método mecânico, e a obtenção de 8% do óleo através da extração química empregada na torta resultante do primeiro processo. Destaca-se ainda que esses dados de rendimento são apresentados pela indústria do Ceará, podendo esse valor variar de região para região ou de indústria para indústria, uma vez que a qualidade, método da extração e tipo da semente influenciam diretamente nesse processo.

No entanto, à falta de investimento no melhoramento e no desenvolvimento de novas técnicas de inovação, fizeram com que muitas das grandes indústrias produtoras de óleo fechassem, como o exemplo da BRASIL OITICICA, que era a maior produtora e processadora do óleo de oiticica no Nordeste brasileiro (Queiroga *et al.*, 2013). Além disso, vale ressaltar ainda que o fruto da oiticica é uma drupa e tem formato oval ou oblongo, e mede entre 2,5 e 7,5 cm de comprimento, possuindo apenas uma semente envolta pelo epicarpo fibroso que apresenta na sua parte externa coloração verde, sendo sua floração e germinação irregular ao longo dos anos (Carvalho, 2010).

O óleo extraído das amêndoas é característico e rico em ácidos graxos como o licânico (três duplas ligações) (9^{cis} , 11^{trans} , 13^{trans} -C18:3), possuindo aproximadamente 80% deste em sua composição. É formado ainda pelos ácidos palmítico (C16:0), oléico (9-C16:1) e esteárico (C18:0). Além disso, o óleo é altamente secativo (forma películas de proteção e resistência em peças contra ações do meio ambiente), viscoso, e possui uma elevada acidez, fator este que dificulta a sua utilização como matriz energética na produção de biocombustíveis, porém, tratamentos podem ser realizados para beneficiamento dessas características (Vieira, 2011).

A tabela 4 a seguir mostra todos os percentuais de ácidos graxos que compõe a formação do óleo de oiticica.

Tabela 4 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o óleo de oiticica

Ácido Graxo	Nomenclatura	% (g/100g)
C 16:0	palmítico	5,1 – 8,6
C 18:0	esteárico	8,5 – 11,8
C 18:1	oleico (ω 9)	8,6 – 14,7
C 18:2	linoleico (ω 6)	3,1 – 4,9
C 18:3 (9, 11, 13)	α -eleosteárico	16,0 – 18,6
C 18:3 (4-Ceto, 9,11,13)	licânico	44,4 – 53,2

Fonte: Adaptado de Guimarães (2018).

3.4.5 Sebo Bovino

O sebo bovino é uma gordura animal proveniente do cozimento das vísceras e do tecido gordo do gado bovino. É um lipídio encontrado em estado sólido na temperatura ambiente, por isso é classificado como uma gordura, devido a suas cadeias carbônicas serem maiores e possuírem um maior índice de saturação, que diferentemente dos óleos vegetais, são constituídos por ligações simples entre os carbonos (Souza & Luz, 2014).

O sebo adquirido no processo de abate dos animais possui diversas finalidades, como na indústria alimentícia de rações, na fabricação de sabões e na área dos cosméticos. Atualmente o sebo bovino também é utilizado como matéria-prima na produção do biodiesel. Além disso, a utilização dessa matéria-prima é de suma importância, uma vez que é uma forma de contribuir para o ambiente na destinação desses resíduos, que muitas das vezes são descartados de forma incorreta, sendo um resíduo nocivo ao meio, contaminando o solo e posteriormente os lençóis freáticos (Netto e Druciaki, 2014).

É necessário apresentar que o sebo bovino possui uma desvantagem para atender as condições ideais para produção de biodiesel, estabelecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), já que o mesmo apresenta uma elevada acidez, devido a quantidade de ácidos graxos presente na matéria-prima, tendo um ponto de fusão entre 45-48°C. No entanto, após o tratamento da matéria-prima para diminuição da acidez, o sebo bovino se torna a segunda fonte mais usada no Brasil, ficando atrás apenas do óleo de soja, sendo o uso de aditivos antioxidantes uma alternativa estudada para redução dessa desvantagem (Santos, 2010).

As práticas de carregamento, estocagem e manuseio contribuem para a obtenção de um material de maior qualidade (Levy, 2011). No entanto, destaca-se ainda que, o meio de criação e o ambiente em que o animal vive influencia diretamente nas características físico-químicas da matéria.

Segundo Firestone (2006) o sebo bovino é uma gordura rica em ácidos graxos insaturados, encontrando em maiores concentrações na sua composição o ácido oléico (9-C18:1). Porém, o mesmo também possui ácidos graxos saturados em sua composição como o esteárico (C18:0) e palmítico (C16:0), em ordem decrescente de porcentagem. A tabela 5 apresenta os valores percentuais dos ácidos graxos que formam a gordura (sebo bovino).

Tabela 5 - Percentual dos ácidos graxos que compõe o sebo bovino.

Ácido Graxo	Nomenclatura	% (g/100g)
C 10:0	cáprico	0 – 0,1
C 12:0	láurico	0 – 0,9
C 14:0	mirístico	1,0 – 6,0
C 14:1	tetradecenoico	0 – 0,2
C 15:0	pentadecanóico	1,3
C 15:1	pentadecenoico	0 – 0,2
C 16:0	palmítico	20,0 – 37,0
C 16:1	palmitoléico	1,0 – 9,0
C 17:0	heptadecanóico	1,0 – 3,0
C 17:1	heptadecenoico	0,7
C 18:0	esteárico	18,9 – 40,0
C 18:1	oléico	31,0 – 50,0
C 18:2	linoléico	1,0 – 5,0
C 18:3	linolênico	0,6
C 19:0	icosanoico	0 – 0,1
C 20:1	eicosenóico	0 – 0,3
C 20:4	araquidônico	0,4

Fonte: Adaptado de Firestone (2006).

Diante do exposto, fica evidente a importância do sebo bovino na produção do biodiesel, e a contribuição da utilização dessa matéria-prima no que se diz respeito a diminuição dos impactos ambientais, e o aproveitamento dos resíduos que comumente seriam descartados. Cabe destacar ainda que a etapa de tratamento tanto dos óleos vegetais quanto da gordura animal é de fundamental importância para obtenção e utilização de uma matéria-prima de qualidade.

3.5 TRATAMENTO DOS ÓLEOS VEGETAIS E GORDURA ANIMAL

Diante dos óleos vegetais e gordura animal mencionados no presente trabalho, pode-se perceber que algumas dessas matérias-primas na sua forma bruta apresentam características indesejáveis como, por exemplo, alta acidez e impurezas que podem interferir a síntese do biodiesel. Esses fatores contribuem para uma matéria de baixa qualidade, e a utilização delas para fins comestíveis ou para uso em indústrias e produção de biocombustíveis acaba se tornando inviável. Por isso, existem diferentes tipos de tratamentos apresentados na literatura, com a finalidade de melhorar a qualidade da matéria-prima, reduzindo os valores de parâmetros que não seriam favoráveis para determinado uso.

O refino é um tratamento realizado em óleos vegetais e gordura animal, na qual tem a finalidade de melhorar a qualidade e garantir uma estabilidade oxidativa (relacionado diretamente a característica da matéria), fazendo com que sejam removidas as impurezas e compostos indesejáveis presentes na matéria-prima bruta. Segundo Rosa (2012), esse tratamento é uma combinação de processos químicos e físicos, no qual estão divididos em etapas, sendo a neutralização e degomagem a parte química, e branqueamento e desodorização a parte física desse procedimento.

A neutralização é a etapa de refino que tem a função de neutralizar os ácidos graxos livres presentes no óleo (Brasil, 2006). Essa etapa é utilizada nos óleos que possuem baixo teor de fosfolipídios ou naqueles que já passaram por uma pré-degomagem. Esse método ocorre por meio da adição de um álcali, sendo a soda cáustica a mais usual, no qual são eliminados ácidos graxos, fosfolipídios, e metais como cálcio, ferro e magnésio. No entanto, ocorre também a perda de tocoferóis e pigmentos, sendo esse um ponto negativo, uma vez que elimina parte da capacidade antioxidante da substância (Freitas, 2015).

O branqueamento ou clarificação do óleo é uma etapa de suma importância no refino e obtenção de uma matéria-prima de qualidade, pois é nela que ocorre a remoção dos pigmentos que conferem cor aos óleos, e para isso, são utilizados adsorventes ou misturas de terras com carvão ativado (Monte, 2010). Além disso, nessa etapa do refino pode ocorrer ainda a remoção de fosfatídeos, traços de metais, sabões restantes e modificações no estado de oxidação do óleo. Destaca-se ainda que os pigmentos eliminados são provenientes de carotenoides, clorofila e compostos relacionados a esse âmbito (Kaynak *et al.*, 2004).

A desodorização é a etapa final do processo de refino, e é caracterizado pela remoção de substâncias e resíduos indesejáveis por meio da destilação sob arraste de vapor ou nitrogênio, utilizando altas temperaturas e vácuo durante o procedimento (Brasil, 2006). Esse método é

definido como sendo uma destilação efetuada com um vapor direto, que é utilizado como meio de arraste das substâncias voláteis. Além disso, a utilização do vácuo, assim como na etapa anterior, faz com que a pressão de volatilização seja reduzida, e o processo possa ser realizado a uma temperatura que não afeta na característica estrutural e molecular do óleo (Freitas, 2015).

Ademais, na desodorização são eliminadas substâncias importantes, contribuindo para a melhor qualidade da matéria-prima. Resíduos formados a partir do armazenamento e processamento de óleos e gorduras, como, aldeídos, cetonas, ácidos graxos oxidados, carotenoides, fosfatídeos, além de substâncias naturais, tais como, hidrocarbonetos insaturados e ácidos graxos de cadeia curta e média, ácidos graxos livres e peróxidos, são removidas nessa etapa final (Rodrigues, 2013).

A degomagem é a primeira etapa e uma das mais importantes no tratamento e refino de óleos e gorduras, e assim como os outros processos já abordados, tem a finalidade de melhorar a qualidade desses produtos. O presente trabalho utilizou desse método para realizar o aprimoramento/aperfeiçoamento da matéria-prima, e por esse motivo, merece um destaque mais detalhado.

3.5.1 Degomagem

Esse método é o tratamento pelo qual se retira substâncias denominadas de fosfolipídeos (Brasil, 2006). Segundo Rodrigues (2013), nessa etapa são removidos do óleo bruto os fosfatídeos (goma), proteínas e substâncias coloidais, fazendo com que diminua quantidade de álcali utilizado na neutralização e as perdas no refino. O funcionamento desse processo ocorre por meio da hidrofiliabilidade que os fosfatídeos possuem e a hidrofobia que o óleo tem com a água, com isso, ao se adicionar esse fluido no óleo, a goma é arrastada (Vieira, 2011).

Diante disso, na degomagem ocorre a hidratação dos fosfatídeos hidratáveis tornando-os insolúveis no óleo, facilitando sua separação e consequentemente a redução das impurezas. Vale ressaltar que a degomagem pode ser do tipo aquosa, ácida e combinada (água e ácida), sendo as mais praticadas a aquosa e ácida (Moraes *et al.*, 2012). As gomas produzidas nessa etapa são denominadas de lecitina, e possui um valor comercial, principalmente nas indústrias alimentícias, sendo utilizada como emulsificantes, garantindo assim a textura e estabilidade dos alimentos (Rosa *et al.*, 2016).

A degomagem aquosa é realizada através da adição de água ao óleo, formando emulsões (gomas) durante o processo. Após a formação desses resíduos, ocorre a separação do óleo degomado, da lecitina (goma) por meio da centrifugação, e para que essa etapa aconteça de

maneira ideal, é necessário que o óleo esteja em condições adequadas, uma vez que ao serem submetidos a uma baixa temperatura irá produzir uma melhor degomagem. No entanto, essa condição ocasionará maior perdas de óleo nas gomas. Já se o mesmo estiver em altas temperaturas as perdas serão reduzidas, porém, mais gomas permanecerão na solução, diminuindo a qualidade da degomagem (Rosa *et al.*, 2016; Freitas, 2015). Segundo Nunes (2013), a degomagem com água deve ser realizada com a adição de 1 a 3% de água em relação ao óleo, a uma temperatura de 60 a 70°C sobre agitação por aproximadamente 30 minutos.

Na maioria dos casos, o óleo degomado pela adição de água ainda apresentam algumas gomas que são dificilmente hidratáveis. Diante disso, a degomagem ácida é utilizada, com a finalidade de eliminar tais resíduos. O processo consiste em adicionar porcentagens inferiores a 0,5% de ácido fosfórico ao óleo aquecido entre 80 e 90°C, sendo que após um período de aproximadamente 5 minutos, é adicionado uma base, geralmente o hidróxido de sódio (NaOH), para neutralizar o ácido. As gomas formadas são removidas em duas etapas, por meio da centrifugação, sendo que a primeira ocorre a eliminação da maior quantidade de gomas (normalmente mais viscosas), e a segunda centrifugação elimina gomas residuais. Para finalizar, o óleo resultante é lavado com água para remover compostos derivados do ácido (Nunes, 2013).

Com isso, diante do exposto, fica perceptível que a degomagem desempenha um papel essencial no melhoramento da qualidade dos óleos de origens vegetais e animais, contribuindo para sua estabilidade, sabor (em caso de óleos comestíveis) e usabilidade desses produtos em indústrias e na produção de biocombustíveis, visto que para o uso ou comercialização do biodiesel é necessário a purificação do óleo, para que este ao passar pelo processo de transesterificação dê origem a um biodiesel que se adeque as normas estabelecidas pela ANP na resolução N° 7 de 2008.

3.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS ÓLEOS E GORDURAS

Os parâmetros físico-químicos são utilizados para caracterizar os óleos e gorduras, ou qualquer outra substância, sendo de suma importância para compreensão da estrutura e composição de determinado elemento. Assim, fatores como índice de acidez, massa específica, ácidos graxos livres, índice de saponificação, teor de umidade, água e sedimentos, viscosidade cinemática, e ponto de fulgor e combustão serão retratados adiante.

3.6.1 Índice de acidez

O índice de acidez é determinado pela quantidade de álcali em miligramas para que se neutralize os ácidos graxos presentes em uma grama de óleo, ou seja, a acidez de uma substância está diretamente ligada a quantidade de ácidos graxos no meio, sendo que quanto mais ácidos graxos maior será a acidez daquela matéria-prima. Esse fator está intimamente relacionado com a qualidade e natureza do óleo (Jorge, 2009). Vale relatar ainda, que como abordado anteriormente, fatores como o tempo de colheita e o tipo da cultura daquela determinada oleaginosa, podem afetar a sua acidez.

3.6.2 Massa específica

A massa específica, ou também denominada de densidade absoluta, é definida pela massa do material por unidade de volume. Esse parâmetro está relacionado com as forças de atração entre as moléculas e sua capacidade de empacotamento, ou seja, óleos ou substâncias que tem uma menor capacidade de empacotar possui uma menor massa específica, geralmente triacilgliceróis que contêm ácidos graxos insaturados apresentam menor densidade do que os saturados (Carrijo, 2005; Jorge, 2009). Devido a proporção massa pelo volume, a unidade de medida é dada, na maioria dos casos, em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3) ou gramas por centímetro cúbico (g/cm^3).

3.6.3 Ácidos graxos livres

Os ácidos graxos livres (AGL) são ácidos carboxílicos com cadeia longa, sendo que ao serem encontrados em grande quantidade em um óleo, irá caracterizá-lo como uma matéria-prima com elevada acidez, assim como retratado no primeiro subtópico. Além disso, óleos vegetais voltados para a produção de biocombustíveis que possui uma concentração de ácidos graxos elevadas apresentam um sério problema, uma vez que esse fator contribui para a degradação dos componentes dos motores a combustão. Por isso, esse parâmetro é de suma importância para determinação de qualidade de ácidos em um óleo ou gordura (geralmente esse valor é dado em porcentagem) (Ramalho e Suarez, 2013; Ramos et al., 2003).

3.6.4 Índice de saponificação

O aquecimento de um triacilglicerol em presença de um sal alcalino (base forte) desencadeia a formação de sabões, sendo denominado de saponificação da matéria-prima. Esse método é o processo básico, utilizado em indústrias de sabões e cosméticos. Além disso, o índice de saponificação corresponde ao número de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) usado para saponificar uma grama do óleo ou gordura (Jorge, 2009). Cabe destacar que elevados índices de saponificação contribuem para uma produção de biodiesel de baixa qualidade, uma vez que quanto maior o índice desse parâmetro, maior a capacidade do óleo formar sabões, sendo esse um ponto negativo para a finalidade de síntese de biocombustível, reduzindo a pureza do produto (Silva, 2018).

3.6.5 Teor de umidade

O teor de umidade é caracterizado pela quantidade de água (umidade) presente no óleo ou gordura, sendo expresso em porcentagem, e obtido pela relação entre o peso de água eliminada (massa final do produto) pelo peso da amostra inicial (Jorge e Lunardi, 2004). Vale salientar, que essa quantidade de água varia de acordo com a qualidade da matéria-prima, podendo esse fator afetar a estabilidade do material.

3.6.6 Água e sedimentos

A água e sedimentos são dois compostos distintos que estão presentes em combustíveis, óleos, gorduras, ou em quaisquer substâncias, o que afeta diretamente a qualidade e utilização do mesmo dependendo da sua finalidade. A água é encontrada como teor de água presente no material, já os sedimentos são partículas sólidas precipitadas no processo de centrifugação. Segundo Evangelista et al., (2022) esses compostos influenciam negativamente na formação dos biocombustíveis, elevando a acidez, além de haver a formação de sabões ou emulsões, fazendo com que reduza a vida útil do motor que utilizar esse combustível.

3.6.7 Viscosidade cinemática

A viscosidade é uma propriedade física que está relacionada a fluidez de um óleo, sendo necessário entender esse parâmetro principalmente quando o produto for estocado ou

transportado, ou seja, quanto maior a viscosidade de uma substância maior será a dificuldade de fluir por uma determinada superfície. Essa propriedade deve-se a fricção interna entre os lipídios que o formam, e está interligada com a cadeia dos ácidos graxos, sendo que quando mais comprida for a cadeia dos ácidos graxos, mais viscoso aquele óleo. A viscosidade diminui ao aumentar o grau de insaturações dos ácidos (Jorge, 2009).

3.6.8 Ponto de fulgor e combustão

O ponto de fulgor é definido pelo ponto de temperatura mais baixo para que uma substância queime, provocando uma primeira chama, dando indícios que ocorrerá uma combustão em seguida. Esse parâmetro está relacionado diretamente com a massa molecular dos componentes orgânicos presente na matéria-prima, sendo que quanto menor essa massa, mais fácil a vaporização dos mesmos, e com isso, menor temperatura para o ponto de fulgor será necessário. Em outras palavras, o ponto de fulgor está relacionado com a inflamabilidade do produto, sendo um indicativo importante para o transporte e uso dessa matéria. Já o ponto de combustão está relacionado com a temperatura necessária para que aquela determinada substância entre em estado de combustão/queima. (Junior *et al.*, 2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse tópico estão apresentados os materiais e reagentes químicos utilizados durante toda a execução do presente trabalho, bem como, os métodos de caracterização físico-química dos óleos vegetais antes e após o tratamento, além de abordar detalhadamente toda etapa de degomagem aquosa e ácida dos devidos óleos.

4.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DOS ÓLEOS E SEBO BOVINO

As amostras dos óleos de mamona e coco foram adquiridas no comércio local do município de Caraúbas – RN, provenientes de um método de produção artesanal. O sebo bovino (gordura animal) foi adquirido no comércio local do município de Apodi – RN. Os óleos de oiticica e girassol foram extraídos no laboratório de Materiais e Processos Produtivos na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Campus Caraúbas, por meio do processo de extração por prensagem a frio, no qual será descrito detalhadamente mais adiante.

4.1.1 Obtenção da Matéria-Prima

4.1.1.1 Oiticica

Os frutos da oiticica (*Licania rígida* Benth) foram coletados em duas localidades distintas, sendo a primeira na zona rural do município de Riacho dos Cavalos, no Alto Sertão da Paraíba. A segunda localidade foi na zona rural do município de Caraúbas, no Rio Grande do Norte. Todos os frutos coletados já estavam sob o solo, garantindo assim que os mesmos estivessem no seu estado maduro. Assim, os frutos colhidos foram lavados, para eliminação de toda terra superficial, e ficaram expostos ao sol por um tempo de aproximadamente 7 dias (uma semana), a fim de secarem completamente. Após a secagem, os frutos passaram por um processo de descascamento manual, descartando os frutos que estavam podres ou que apresentavam indícios de estarem ruins. Em seguida, os frutos foram levados para o processo de extração, que será descrito adiante. A figura 6 mostra o fruto que, apesar de estar maduro, apresenta coloração verde.

Figura 6 – Fruto da oiticica.



Fonte: Autoria própria.

4.1.1.2 Girassol

As sementes de girassol (*Helianthus annuus*) foram adquiridas no comércio local do município de Caraúbas – RN. O processo de extração ocorreu utilizando as sementes com casca com as sementes na casca assim como apresentado na figura 3.

4.1.2 Extração dos óleos de Oiticica e Girassol

A extração do óleo de oiticica e girassol ocorreu através do método mecânico por prensagem a frio, utilizando uma prensa elétrica digital da marca SOLOCAP, modelo CI 200 toneladas-força (Figura 7).

Os frutos de oiticica e as sementes de girassol foram prensados utilizando a prensa elétrica com o auxílio de um conjunto metálico (Figura 8) composto por um copo cilíndrico oco e um pistão, no qual os frutos ou sementes eram colocados dentro, sendo a base do sistema fechada por um cilindro de menor diâmetro e altura do copo, e um molde retangular que fixava toda a estrutura. O copo cilíndrico apresenta ao longo da sua extensão vários orifícios pelo qual o óleo escoa. Com isso, a obtenção do óleo ocorre pela força/carga aplicada pela prensa sob o pistão do sistema montado, fazendo assim com que as sementes/frutos sejam comprimidos e liberem o óleo presente em seu interior.

Vale ressaltar ainda que as prensagens ocorreram utilizando 10 toneladas como carga máxima, sendo essa força suficiente para a extração da substância.

Figura 7- Prensa Elétrica 200 toneladas da SOLOCAP.



Fonte: Autoria própria.

Figura 8- Conjunto metálico.



Fonte: Costa (2023).

Após o processo de extração, o óleo obtido na sua forma bruta apresentou algumas impurezas, uma vez que no caso da oiticica ao ser submetida a força de compressão algumas das sementes se esfarelava e acabava passando pelos orifícios do cilindro. Já em relação ao girassol, alguns pequenos bagaços das sementes também acabavam passando pelos furos do copo. Com isso, foi necessário realizar uma filtração a vácuo para eliminação dessas impurezas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

O processo de caracterização físico-química dos óleos vegetais e gordura animal utilizados no presente trabalho, ocorreram antes e depois do tratamento de degomagem.

4.2.1 Equipamentos e reagentes químicos utilizados

Antes de apresentar as etapas de caracterizações físico-químicas, faz-se necessário a abordagem dos materiais, equipamentos e reagentes químicos usados ao longo do experimento. Com isso, os quadros 1 e 2 apresentam os equipamentos e reagentes utilizados para tal caracterização.

Quadro 1 - Equipamentos utilizados na caracterização físico-química.

Equipamento	Marca – Modelo
Balança de Precisão	Marte – AD 5000
Balança Analítica	Shimadzu – AUY 220
Bomba de Vácuo	SOLAB – SL 60
Estufa de Secagem	QUIMIS – Q314M243
Viscosímetro	Saybolt – ASTM D 88
Banho Ultra termostático	SOLAB – SL152
Termômetro Digital	Instrutherm – TH 1300
Agitador Magnético com Aquecimento	Fisatom – 754A
Centrífuga para Tubos	QUMIS – Q222T2

Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 - Reagentes químicos utilizados na caracterização físico-química.

Reagentes	Marca
Ácido Clorídrico	NEON
Hidróxido de Potássio	Proquimios
Hidróxido de Sódio	Proquimios
Fenolftaleína	Vetec
Biftalato de Potássio	Proquimios
Éter etílico	Vetec
Álcool Etílico	Itajá

Fonte: Autoria própria.

Vale salientar ainda que, além dos materiais e equipamentos citados anteriormente, foram utilizados diversas vidrarias e utensílios laboratoriais para tal etapa, como: béqueres,

erlenmeyers, balão volumétrico, bico de Bunsen, pipetas graduadas e de Pasteur, provetas graduadas, pêras de sucção, buretas etc.

4.2.2 Caracterização físico-química dos óleos vegetais e gordura animal

Como já mencionado, o processo de caracterização físico-química dos óleos vegetais e da gordura animal utilizadas no presente trabalho foi realizado antes e após o processo de degomagem conforme descrito a seguir.

4.2.2.1 Índice de Acidez

O índice de acidez, foi realizado em triplicata por meio de uma titulação ácido-base, utilizando a solução previamente padronizada de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 mol/L como titulante. Com isso, pesou-se 2g da amostra do óleo em um erlenmeyer, no qual foi adicionado 25 mL da solução de éter-álcool (2:1). Em seguida, foi adicionado 3 gotas do indicador fenolftaleína 1% e realizou-se a titulação com solução de KOH 0,1 mol/L até a obtenção da cor rosa. O cálculo foi realizado utilizando a Equação 1 e o resultado encontrado foi expresso em mg KOH/g. A solução de hidróxido de potássio foi padronizada por uma solução padrão de biftalato de potássio, e assim determinada a concentração real da solução titulante.

$$IA = \frac{(V_a - V_b) \times Ct \times 5,61}{M} \quad (1)$$

Onde: IA representa o índice de acidez; V_a o volume da solução de KOH 0,1 mol/L gasto na titulação; V_b o volume da solução KOH 0,1 mol/L gasto na solução do branco (solvente éter álcool); Ct corresponde a concentração (mol/L) da solução KOH obtida na padronização; M a massa da amostra (g) e 5,61 é o fator de correção corresponde a solução e seu peso atômico KOH (56 g/mol) (Santos, 2013).

4.2.2.2 Massa específica

A análise de massa específica foi realizada através a técnica de picnometria, utilizando um picnômetro previamente calibrado, conforme descrito a seguir.

Para calibração do picnômetro foi necessário pesar o picnômetro (com a tampa) vazio e seco. Em seguida, colocou-se água destilada no mesmo até o volume de líquido ficar acima do colo, tampando o capilar, e enxugando cuidadosamente o excesso do líquido na parte externa. Com isso, pesou-se o picnômetro com água destilada, obtendo assim a massa da água, subtraindo a massa do picnômetro cheio de água, da massa do picnômetro vazio. Sabendo a densidade da água previamente estabelecida de acordo com sua temperatura de 30°C, calculou-se o volume do picnômetro, sendo possível assim calibrar o mesmo. Utilizando a Equação 2 foi possível calcular a densidade de todos os óleos vegetais. No entanto, a densidade do sebo bovino não foi possível ser determinada pelo fato dele se encontrar no estado sólido em temperatura ambiente. Cabe pontuar ainda, que esse procedimento foi realizado em triplicata, a fim de diminuir os erros experimentais.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Onde: ρ representa a massa específica da substância; m , a massa e V , o volume da amostra utilizado.

4.2.2.3 Ácidos graxos livres

Para determinação da quantidade de ácidos graxos livres presentes em um óleo utilizou-se o método AOCS Ca 5a-40, realizando o procedimento em triplicata. Assim, para quantificar os ácidos graxos livres, pesou-se 5g da amostra em um erlenmeyer e adicionou-se 50mL de álcool etílico 92,8% previamente neutralizado com uma solução aquosa de NaOH, aproximadamente 0,1 mol/L. Em seguida a solução foi aquecida até o início da ebulição. Prosseguindo com o procedimento, adicionou-se 0,5 mL da solução de fenolftaleína a 1% como indicador para titular a quente com a solução aquosa de NaOH até que a coloração rosa permanecesse por 15 segundos. Por fim, usou-se a Equação 3 para o cálculo dos ácidos graxos livres

$$\%AGL = \frac{V \times f \times 28,02}{m} \quad (3)$$

Onde: AGL representa a quantidade de ácidos graxos livres; V , o volume (mL) da solução de NaOH a 0,1 mol/L; f , o fator da solução de NaOH e m , a massa (g) da amostra.

4.2.2.4 Índice de Saponificação

A determinação do índice de saponificação ocorreu em triplicata utilizando o método Cd 3c – 91 (AOCS, 1993). Pesou-se 2g da amostra do óleo em um erlenmeyer, no qual foi adicionado 20 mL de solução alcoólica de KOH a 4% m/m. Posteriormente, montou-se um sistema adaptando o erlenmeyer a um condensador de refluxo (Figura 9) que foi aquecido até o início da ebulição, permanecendo nessa condição por 30 minutos. Ao fim deste tempo, adicionou-se 2 gotas de fenolftaleína e realizou-se a titulação a quente com ácido clorídrico 0,5 N, previamente padronizado, até o desaparecimento da cor rosa. Foi realizado também o branco (solução alcoólica de KOH) utilizando o mesmo procedimento. Por meio da Equação 4, determinou-se o índice de saponificação da amostra.

$$IS = \frac{(V_B - V_A) \times Ct \times 28}{m} \quad (4)$$

Onde: IS equivale ao índice de saponificação de Koettstorfer; V_A volume (mL) de HCl 0,5 mol/L gasto na titulação da amostra; V_B volume (mL) de HCl 0,5 mol/L gasto na titulação do solvente (branco); Ct a concentração da solução de HCl; m é a massa (g) da amostra do óleo e 28 é o fator de correlação estequiométrico equivalente a normalidade da solução de HCl (0,5 mol/L) multiplicado pelo peso atômico da solução de KOH (56 g/mol). Cabe destacar, que o resultado do índice de saponificação foi expresso em mg KOH/g da amostra.

Figura 9 - Sistema adaptado do condensador de refluxo.



Fonte: Autoria própria.

4.2.2.5 Teor de umidade

Para a análise do teor de umidade, utilizou-se o método Bc 2 – 49 (AOCS, 1985), realizando o procedimento em triplicata. Portanto, essa caracterização ocorre utilizando cadinhos de porcelana, no qual, em primeira análise foram lavados, secos em uma estufa permanecendo na mesma por 1 hora a uma temperatura de 105°C e em seguida esfriados em um dessecador pelo mesmo tempo, e pesados. Assim, utilizando o mesmo procedimento para utilização do cadinho, foi possível determinar o teor de umidade pesando-se 5 g da amostra em no cadinho, e aquecendo-o por 1 hora na estufa a 105°C, resfriada no dessecador e, por fim, pesado. Este processo foi feito até que se obtivesse peso constante. O cálculo do percentual foi realizado por meio da Equação 5.

$$\%Umidade = [(M_1 - M_2) \times \frac{100}{M_1}] \quad (5)$$

Onde: M_1 é a massa da amostra úmida e M_2 é a massa seca pesada após o aquecimento.

4.2.2.6 Água e sedimentos

A quantificação de água e sedimentos foi realizada em triplicata e adaptada de acordo com a norma ASTM 445. Para isso utilizou-se 10 mL da amostra de óleo a fim de ser centrifugada a 800 rpm durante 10 minutos. Após a centrifugação, observou-se o volume de água e sedimentos decantado no fundo do tubo de centrifugação o qual foi dado como o percentual volumétrico de água e sedimentos presente na amostra.

4.2.2.7 Viscosidade cinemática

A medida da viscosidade dos óleos foi realizada utilizando um Viscosímetro Saybolt (Figura 10), de acordo com a norma ASTM D445. Para isso, primeiramente colocou-se 65 mL do óleo no capilar do equipamento, o qual permaneceu até atingir uma temperatura de 40°C. Em seguida, retirou-se a tampa do capilar, marcando assim o tempo que o fluido escoou por completo de dentro do capilar. Com os resultados dos tempos (segundos) obtidos através da Viscosidade Saybolt Universal (SSU), determinou-se a viscosidade cinemática utilizando a equação adequada. Vale ressaltar que a análise foi realizada em triplicata para todos os óleos.

Para $34 \leq SSU < 115$

$$V = 0,224 \times (SSU) - 185 \quad (6)$$

Para $115 \leq SSU < 215$

$$V = 0,223 \times (SSU) - 155 \quad (7)$$

Para $SSU > 215$

$$V = 0,2158 \times (SSU) \quad (8)$$

Figura 10 - Viscosímetro Saybolt usado na análise de viscosidade.



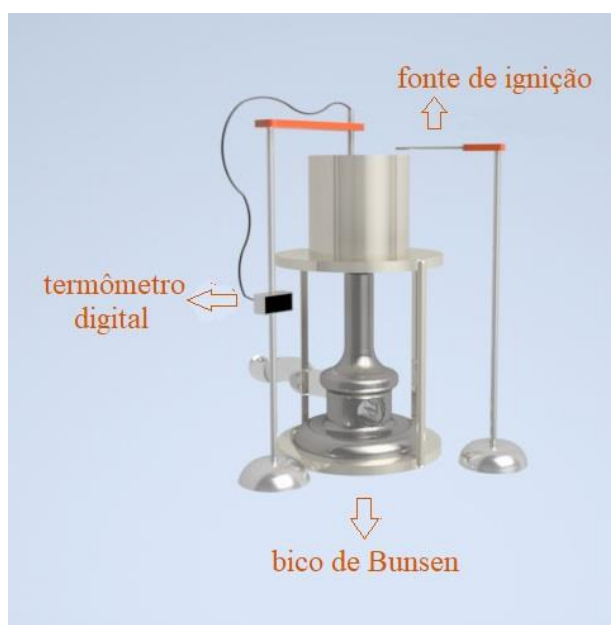
Fonte: Autoria própria.

4.2.2.8 Ponto de fulgor e combustão

Estes parâmetros foram determinados de acordo com a ASTM D93. Para a determinação do ponto de fulgor, foi utilizado um sistema adaptado baseado no vaso aberto de Cleveland, sendo esse o equipamento citado na norma vigente. O sistema adaptado (Figura 11) consistia em um recipiente metálico de aproximadamente 100 mL de capacidade volumétrica, um bico de Bunsen responsável por realizar o aquecimento do óleo, um suporte universal, um termômetro digital e um aplicador de chama (fonte de ignição). Inicialmente, foi colocado 75 mL da amostra na cuba. Em seguida, colocou-se o termômetro imerso do óleo. A fonte de

ignição foi aplicada a partir de 130°C e depois a cada 2°C. O ponto de fulgor foi detectado quando a fonte de ignição aplicada provocou um lampejo distinto no interior da cuba teste. A medida do ponto de combustão foi realizada no mesmo equipamento e utilizando a mesma metodologia, com a diferença de que a temperatura foi registrada apenas quando a amostra permaneceu em combustão.

Figura 11- Sistema adaptado para o ponto de fulgor e combustão.



Fonte: Costa (2023).

4.3 DEGOMAGEM

4.3.1 Degomagem aquosa

Para realizar o tratamento por meio da degomagem dos óleos, utilizou-se a metodologia apresentada por Moretto & Fett (1989) com adaptações. Com isso, foi adicionado 3% de água em relação a massa do óleo aquecido a 65 °C e mantido sob agitação por meio de um agitador magnético com aquecimento, por 30 minutos. A separação do óleo com a água ocorreu por centrifugação, através de uma centrífuga de tubos (Figura 12) ficando na mesma por 10 minutos a 800 rpm com a finalidade de precipitar as gomas e fosfatídeos. Por fim, o óleo degomado foi levado a uma estufa a uma temperatura de 105 °C por 1 hora, a fim de eliminar qualquer umidade restante. Em seguida, o óleo foi resfriado em um dessecador contendo sílica gel,

mantendo-o nessa condição por igual período. Vale ressaltar que todo esse processo foi realizado duas vezes com a finalidade de remover uma maior quantidade de impurezas.

4.3.2 Degomagem ácida

Nessa etapa do tratamento foi utilizado o método de Moretto & Fett (1989) com adaptações. Assim, realizou-se a adição de 0,4% (m/m) de ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4 , 85% em massa), ao óleo previamente aquecido a uma temperatura de 60°C , e mantido sob agitação através de um agitador magnético com aquecimento, por 30 minutos. Em seguida, o óleo foi levado a uma centrífuga de tubos (Figura 12), onde permaneceu por 10 minutos a 800 rpm para precipitar as gomas e fosfatídeos. Por último, o óleo degomado foi levado à estufa a 105°C por 1 h para remoção da umidade residual, e em seguida posto em um dessecador com sílica gel por igual período. O cálculo do volume de ácido fosfórico a ser adicionado foi realizado sobre a massa da amostra do óleo e a densidade do H_3PO_4 concentrado. Cabe pontuar que todo esse processo foi realizado duas vezes com a finalidade de remover uma maior quantidade de impurezas.

Figura 12 - Centrífuga de tubos utilizada na análise.



Fonte: Autoria própria.

4.4 PERCENTUAL DA LECITINA

Após a etapa de degomagem, tornou-se viável determinar a proporção da goma/impureza removida, uma vez que houve uma redução na massa ao final desse estágio. Com isso, ao considerar a massa inicial de 150 g de óleo que foi empregada e ao compará-la com a massa ao final do procedimento, foi possível calcular o percentual de lecitina presente, removida com o processo de degomagem utilizando a equação 9.

$$\% = [(m_i - m_f) \times \frac{100}{m_i}] \quad (9)$$

Onde: m_i representa a massa inicial da amostra e m_f corresponde a massa final após o processo de tratamento.

4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Como retratado anteriormente, todas as análises e caracterizações físico-química dos óleos foram realizadas em triplicatas. Além disso, todos os resultados obtidos nesse presente trabalho passaram por um tratamento estatístico através do teste de Tukey utilizando o programa Origin 2018.

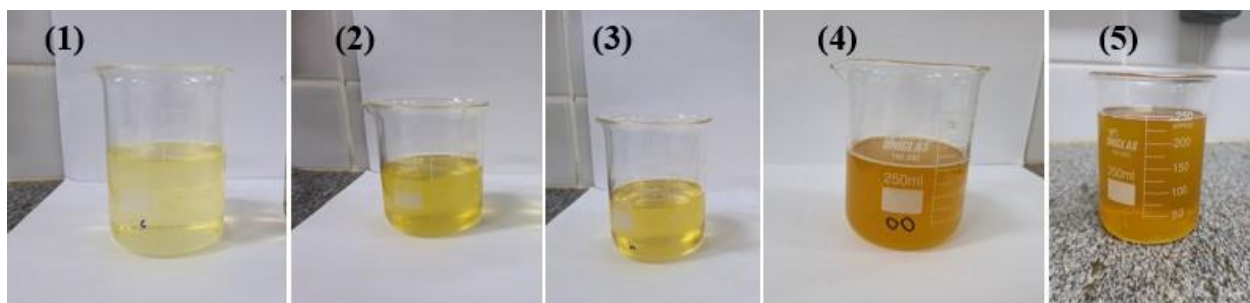
Com isso, o presente trabalho analisou a comparação de todos os resultados das caracterizações físico-química, quanto do tratamento (degomagem aquosa e ácida), no qual foi possível perceber se houve ou não diferenças significativas de forma estatística entre os parâmetros e óleos trabalhados antes e após os processos de degomagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico serão abordados os resultados obtidos durante o processo da caracterização físico-química, antes e depois do tratamento da degomagem aquosa e ácida. Vale destacar ainda, que os resultados obtidos nesse trabalho podem ser observados na Tabela 8 (Apêndice), os quais foram comparados entre si (óleo bruto, degomagem aquosa e degomagem ácida) através de um tratamento estatístico utilizando o teste de Tukey, e alguns parâmetros também foram comparados com valores da literatura que utilizam a degomagem como método de purificação do óleo vegetal.

No entanto, antes de apresentar os resultados, faz-se necessário salientar que os óleos possuem aspectos visuais diferentes entre si. Assim, essas observações na coloração serão úteis para visualizar os efeitos visuais após o processo de degomagem que será apresentado mais adiante. A figura 13 apresenta as imagens de todos os óleos vegetais antes do processo de degomagem, bem como seu aspecto visual original.

Figura 13 - Coloração dos óleos vegetais e gordura animal. (1) Óleo de Coco; (2) Óleo de Girassol; (3) Óleo de Mamona; (4) Óleo de Oiticica; (5) Sebo Bovino.



Fonte: Autoria própria.

5.1 PERCENTUAL DE GOMAS RETIRADAS

Após a realização do tratamento foi possível calcular a remoção dos fosfatídeos hidratáveis, bem como a eliminação de impurezas presentes nas substâncias. Com isso, a massa final de determinado óleo diminuiu, uma vez que ocorreu a retirada desses materiais. Sabendo a massa final do óleo após o processo de degomagem aquosa e ácida, no qual foi realizado duas vezes, com a finalidade de remover a quantidade maior de impurezas, foi possível determinar a quantidade de gomas retiradas. A tabela 6 apresenta a porcentagem de lecitina/gomas retirada no processo de tratamento dos óleos e gordura.

Tabela 6 - Porcentagens de gomas retiradas após a degomagem.

Óleos e gordura	Degomagem aquosa	Degomagem ácida
Coco	15,60%	4,27%
Girassol	11,07%	3,98%
Mamona	19,40%	13,47%
Oiticica	16,60%	9,80%
Sebo Bovino	10,06%	10,00%

Fonte: Autoria própria.

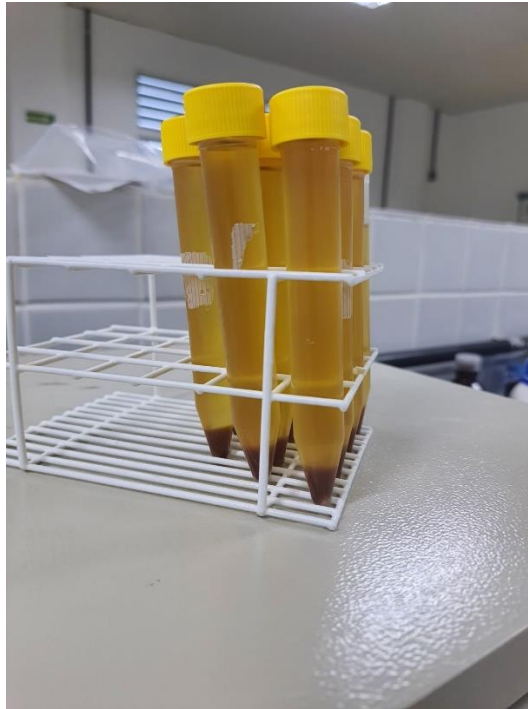
Nos valores apresentados na tabela, percebe-se que em todos os óleos vegetais ocorreu uma maior remoção de gomas na degomagem do tipo aquosa, do que em relação a ácida, podendo esse fenômeno ser compreendido pela interação maior dos fosfatídeos com a água do que com o ácido, ou ainda, devido a água remover impurezas diferentes (fosfatídeos hidrofílicos) do que em relação ao ácido que retira os fosfatídeos hidrofóbicos. Segundo Maionchi (2017) a adição do ácido fosfórico a uma substância tem como função tornar os fosfatídeos hidrofóbicos em moléculas solúveis em água, sendo assim, a degomagem do tipo combinada (ácido + água) poderia ser a forma mais eficiente para a remoção de uma maior quantidade de gomas.

A gordura animal (sebo bovino) manteve um resultado praticamente igual em ambos os processos. Portanto, fica evidente que a degomagem aquosa e ácida ocorreram de forma eficiente na retirada das gomas, desempenhando a sua função de maneira coerente e assertiva. No entanto, vale ressaltar ainda que esses valores não são 100% precisos, visto que uma pequena quantidade de óleo é perdida durante o processo de degomagem nas gomas, e na etapa de centrifugação nos sólidos precipitados.

Por fim, cabe pontuar a partir desses resultados que a proporção de gomas presentes em um óleo é influenciada pela sua composição e característica, e a remoção dessas substâncias podem resultar em variações nos percentuais, dependendo do método de tratamento empregado. Gondin (2019) afirma que o óleo de soja após a degomagem alcança a retirada de conteúdo de fosfatídeos em torno de 3%, podendo esse valor ser maior ou menor. Com isso, pode-se afirmar que os valores obtidos na tabela 6 apresentam um erro percentual (valores maiores), uma vez que no momento da separação do conteúdo sobrenadante, das gomas, perde-se uma pequena porcentagem do óleo que fica junto as impurezas.

A figura 14 apresenta as impurezas (gomas) precipitadas nos tubos após o processo de degomagem ácida.

Figura 14 - Óleo de mamona e sua goma precipitada após o processo de degomagem ácida.



Fonte: Autoria própria.

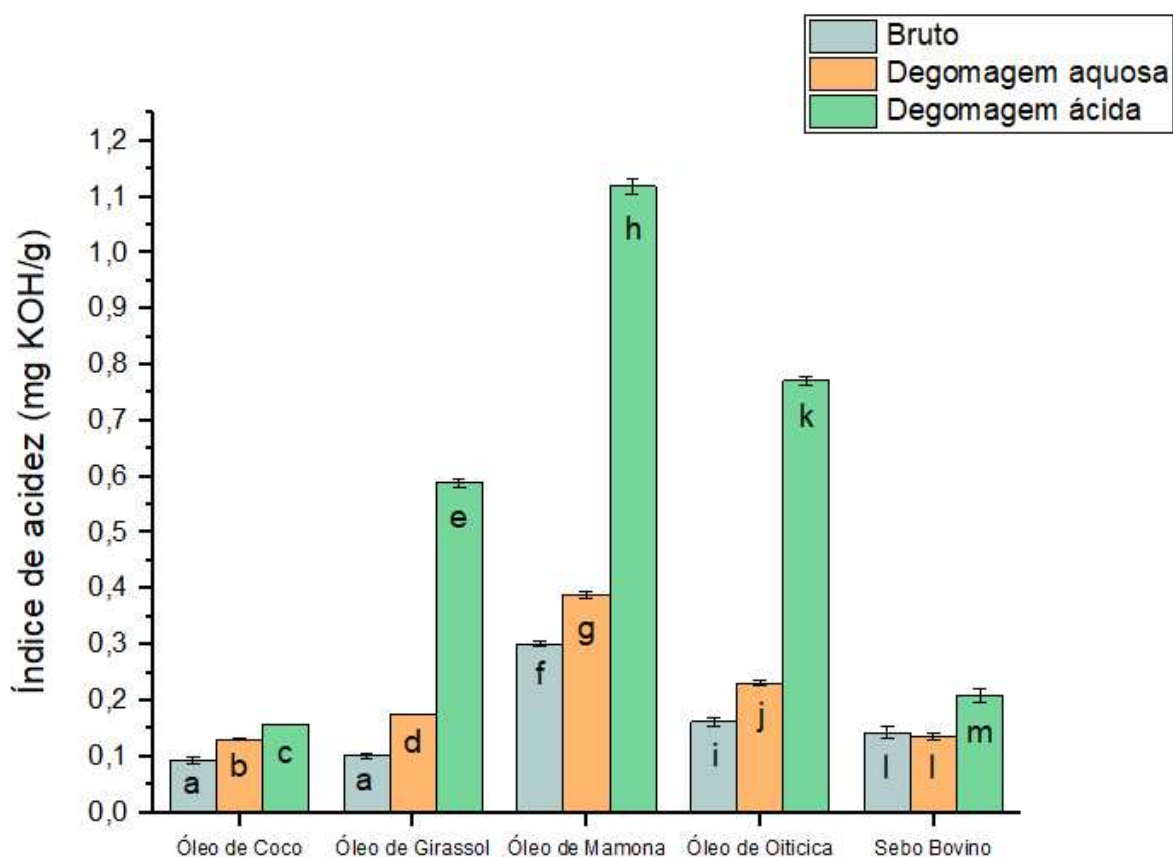
5.2 ÍNDICE DE ACIDEZ

A figura 15 a seguir apresenta os resultados do índice de acidez dos óleos vegetais e da gordura animal antes e após o processo de degomagem aquosa e ácida.

O índice de acidez dos óleos vegetais e gordura animal demonstraram um aumento significativo após o processo de tratamento na etapa aquosa. Assim, esse aumento pode ser atribuído ao aquecimento no qual os óleos foram submetidos durante todo o processo, bem como à adição de água, uma vez que de acordo com as observações de Carvalho (2017), fatores como calor, exposição à luz e presença de água desempenham um papel crucial na decomposição dos triglicerídeos.

Portanto, uma vez que ocorre a decomposição dos triglicerídeos por meio da hidrólise (adição de água) há a liberação de ácidos graxos fazendo com que haja um aumento do índice de acidez, visto que este parâmetro e a quantidades de ácidos graxos livres presentes em um óleo estão diretamente relacionados (Fernandes, 2002).

Figura 15 - Dados do índice de acidez.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Além disso, ao ser realizado o tratamento estatístico com o teste de Tukey percebe-se que todos os óleos vegetais apresentaram diferenças significativas quando se compara o óleo bruto com o óleo degomado pelo método aquoso e ácido. A gordura animal (sebo bovino) não apresentou mudança significativa entre a forma bruta e a degomagem aquosa, indicando assim que não houve, provavelmente, liberação significativa de ácidos graxos e, consequentemente, não ocorreu decomposição dos triglicerídeos no processo.

Ao observar o gráfico, percebe-se que os óleos após a degomagem ácida apresentaram resultados muito superiores em relação ao óleo bruto, podendo isso ter ocorrido devido a temperatura a qual ficou submetido (60°C) e principalmente ao ácido fosfórico utilizado nessa etapa, pois ao final do processo não foi feita a neutralização do excesso de ácido que provavelmente sobrou ao final da reação, uma vez que a metodologia não previa essa etapa. Oliveira (2022), realizou a degomagem ácida no azeite de coco e de dendê e percebeu em seus resultados que a acidez também apresentou uma crescente gigantesca em comparação ao azeite

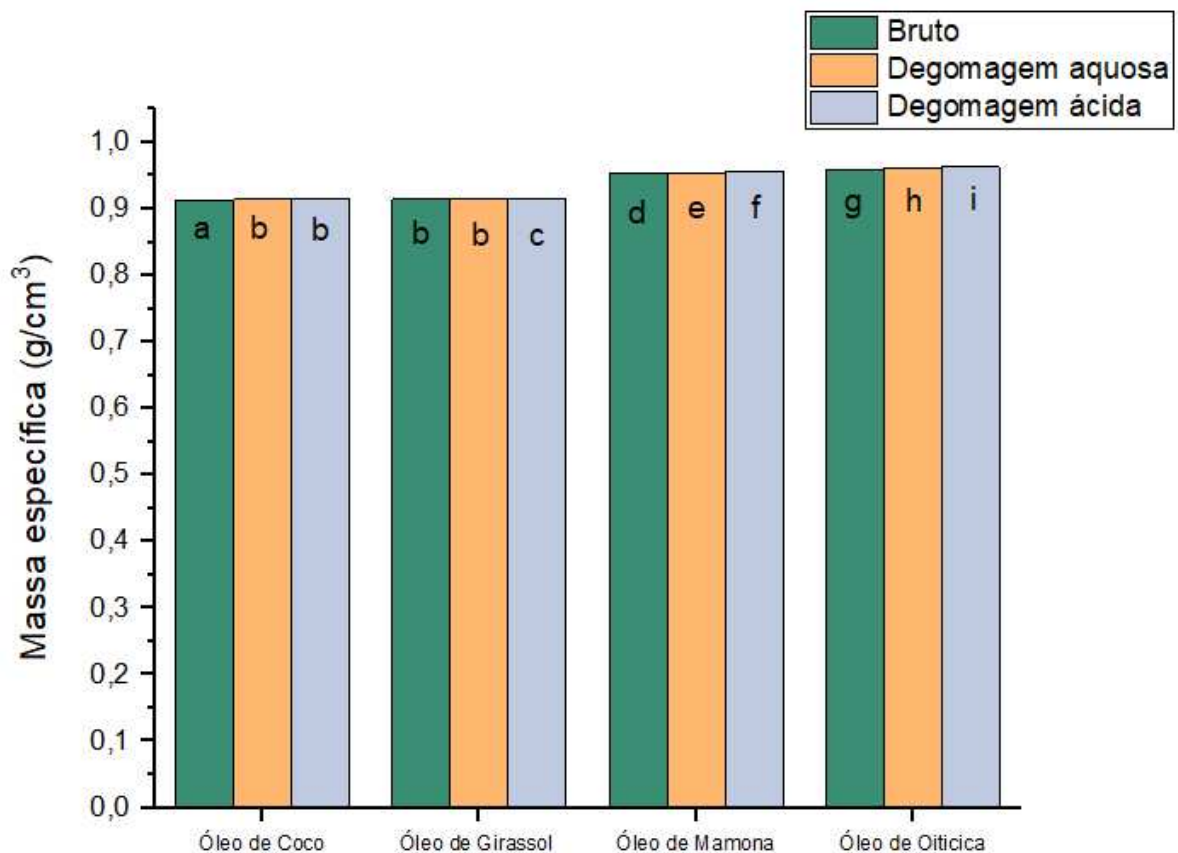
bruto, sendo que após o processo de neutralização os valores reduziram significativamente. Com isso, pode-se perceber que a elevada acidez foi causada devido a presença do ácido excedente contido no óleo.

No entanto, apesar dos óleos utilizados no trabalho não passarem pela etapa da neutralização após a degomagem ácida, os resultados encontrados estão dentro do limite recomendado para síntese do biodiesel (inferior a 2,0 mg KOH/g) (Filho, 2010).

5.3 MASSA ESPECÍFICA

A massa específica dos óleos vegetais e gordura animal apresentaram comportamento com algumas alterações significativas após o processo de degomagem aquosa e ácida. A figura 16 aborda os resultados encontrados.

Figura 16 - Massa específica dos óleos vegetais antes e após a degomagem.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o teste de Tukey, ao observar o gráfico da massa específica para os óleos vegetais percebe-se que houve uma mudança significativa, ou seja, após o processo de degomagem a massa específica dos óleos foi afetada. Segundo Moretto e Fett (1989) a massa específica (densidade) de um óleo vegetal está diretamente ligado a peso molecular daquela determinada substância, sendo que quando menor esse peso, menor será a sua massa específica. Outro fator que contribui para uma menor massa específica de um determinado óleo é o seu grau de insaturação.

Comparando os óleos entre si, percebe-se que o óleo de coco e girassol apresentam valores próximos, uma vez que apesar do coco possuir como ácido graxo majoritário o ácido láurico (C12:0), esse mesmo óleo apresenta uma quantidade significativa de ácidos graxos do tipo oleico (9-C18:1), sendo esse também encontrado na cadeia carbônica do girassol em percentuais consideravelmente altos (14 a 35%). Em relação a mamona e oiticica, eles apresentaram uma massa específica maior do que o coco e girassol, tendo os mesmos apresentado uma mudança significativa estatisticamente após o processo de degomagem.

Essa crescente nas massas específicas da mamona e oiticica em consonância com os óleos de coco e girassol, pode ser explicado devido ao número de insaturação ser menor no óleo da mamona que tem como ácido graxo majoritário o ricinoléico (12-OH 9-C18:1), contendo apenas uma dupla do tipo cis no carbono 9, além de possui uma massa molecular maior. O óleo da oiticica tem como ácido graxo predominante o licânico (9cis, 11trans, 13trans-C18:3) que possui 3 duplas ligações, no entanto, duas dessas ligações são do tipo trans que possuem propriedades totalmente diferentes em relação a configuração cis, deixando a cadeia carbônica mais retilínea e, conseqüentemente a mesma ocupará um menor volume em função das interações intermoleculares serem maiores. Assim, tal característica faz com que o óleo de oiticica tenha maior densidade em relação aos demais óleos utilizados no presente trabalho.

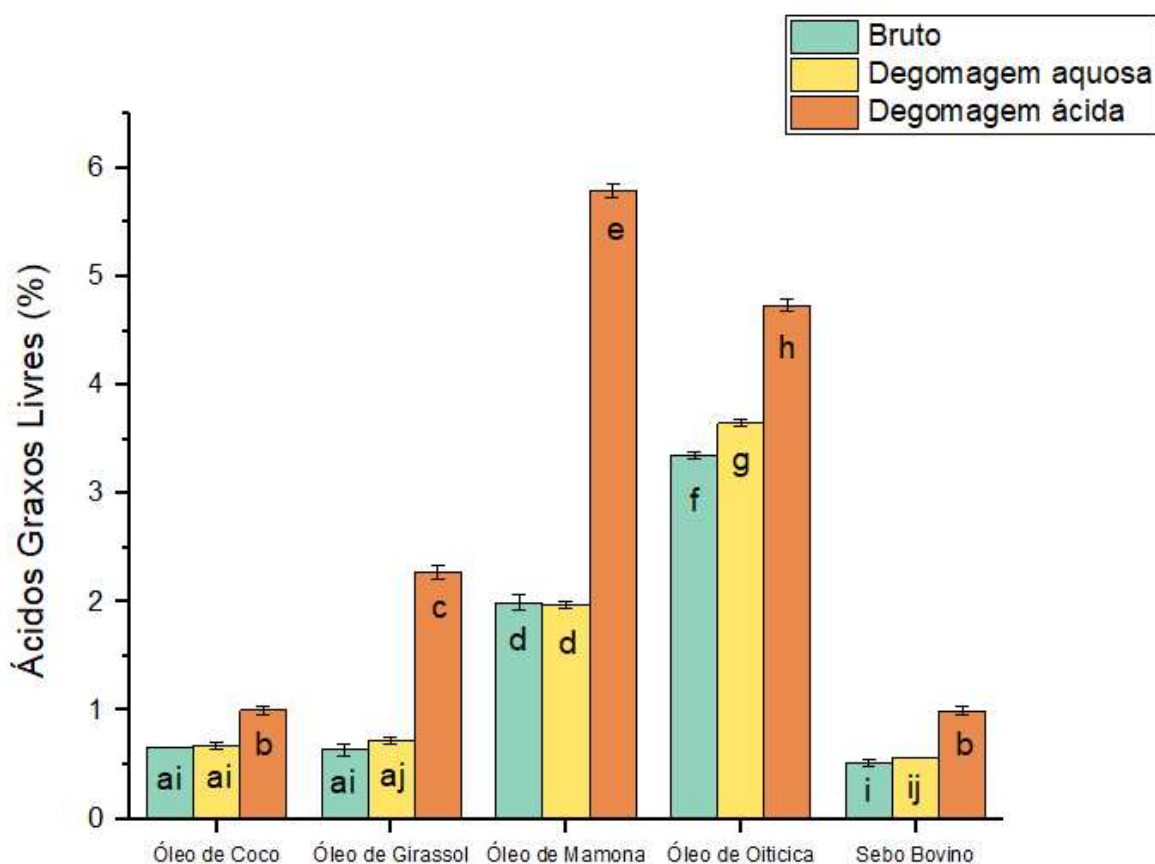
Como já mencionado houve uma diferença significativa (a mais) para o óleo de oiticica após a degomagem aquosa e ácida. Vieira (2011) não obteve resultados crescentes com mudança significativa no óleo da oiticica após o processo de degomagem aquosa em relação a substância bruta.

Além disso, cabe pontuar que não foi possível encontrar a massa específica do sebo bovino, uma vez que o mesmo se encontra no estado sólido a temperatura ambiente, e as análises foram realizadas a 30°C.

5.4 ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

Os ácidos graxos livres presentes nos óleos apresentaram comportamentos crescentes após o processo de degomagem. A figura 17 aborda os resultados encontrados por meio dos experimentos laboratoriais.

Figura 17 - Percentual de ácidos graxos livres (AGL) presentes nos óleo vegetais e gordura animal.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Ochoa *et al.* (2001), afirma que a degomagem é uma forma de tratamento ecologicamente correta, e tem como uma das funções a eliminação de composto orgânicos ricos em fosfolipídios, onde são constituídos por parte dos pigmentos, ácidos graxos livres e outras impurezas presentes nos óleos.

Ao observar o gráfico, percebe-se um padrão consistente ao comparar os óleos em sua forma bruta e após a degomagem aquosa e ácida. Isso ocorre uma vez que, não há mudanças significativas em alguns casos, como no óleo de coco, girassol, mamona e no sebo bovino

durante a degomagem aquosa, havendo apenas um aumento no óleo de oiticica. Esse aumento pode ser compreendido devido à baixa estabilidade oxidativa do óleo da oiticica, uma vez que condições como umidade (presença de água) e calor (aquecimento) contribuem para a oxidação da substância (Santos, 2008; Guimarães, 2018).

Em relação aos resultados obtidos após a degomagem ácida, percebeu-se que houve um aumento significativo tanto estatisticamente como visualmente no gráfico em comparação ao óleo bruto, e com degomagem aquosa. Com isso, essa crescente nos resultados pode estar diretamente ligada a presença de ácido fosfórico no óleo, uma vez que o mesmo não passou pelo processo de neutralização, no qual iria inibir toda a ação do ácido que não reagiu com os fosfatídeos.

Com base nesses resultados, pode-se afirmar que o aumento na quantidade de ácidos graxos livres nos óleos está diretamente relacionado com a decomposição dos óleos ao serem submetidos ao aquecimento, a adição de água, e do ácido fosfórico no tratamento, causando a liberação desses ácidos, sendo que tais resultados estão em total consonância com os parâmetros do índice de acidez, e saponificação (que será mencionado posteriormente), uma vez que tais parâmetros estão relacionadas entre si.

Meher *et al.* (2004), recomenda que o percentual de ácidos graxos livres presentes em óleos e gorduras deve ser inferior a 3% para que este não interfira no processo de transesterificação e ela ocorra de maneira eficiente. Com isso, apesar da maioria dos resultados apresentarem um aumento no percentual dos ácidos graxos livres, somente o óleo de mamona após a degomagem ácida, e o óleo de oiticica antes e após o tratamento estão acima do limite recomendado para realização de um processo de transesterificação sem maiores problemas. Sendo assim, é necessário passar por outras etapas para reduzir tais porcentagens, como a neutralização.

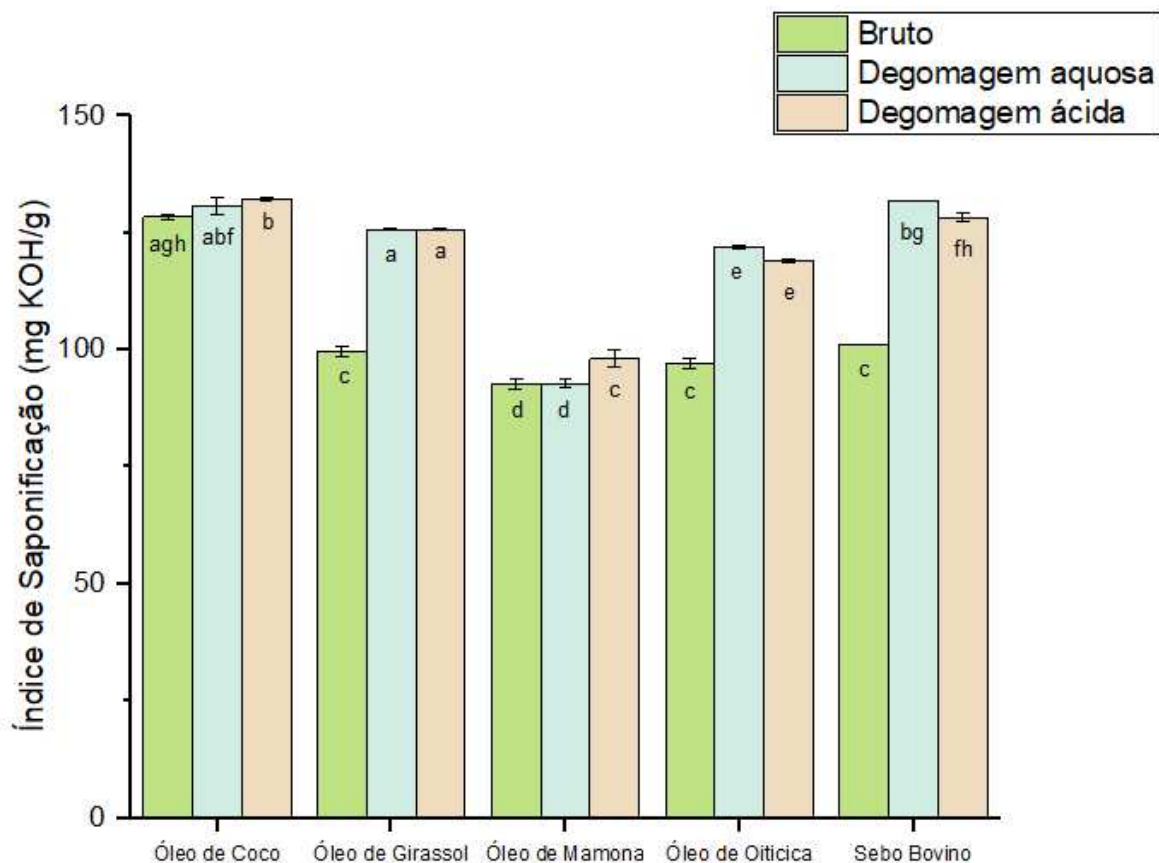
Santos (2011), realizou o processo de degomagem aquosa para o óleo de soja e a ácida para o óleo de pinhão manso, obtendo resultados elevados para os teores de ácidos graxos livres na degomagem ácida, e apresentando uma redução pequena na degomagem aquosa, sendo necessário a aplicação do processo de neutralização para redução desse parâmetro, com a finalidade de sintetizar um biodiesel com uma maior qualidade.

5.5 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

De acordo com Oliveira *et al.* (2006), a saponificação ou também conhecida como hidrólise alcalina, é uma reação entre o óleo e um álcali (base) submetido a um aquecimento

moderado, na qual além de proporcionar a formação do glicerol, também libera ácidos graxos na forma de sabões. Dito isso, os resultados encontrados para o índice de saponificação dos óleos vegetais e gordura animal utilizados no presente trabalho apresentaram um comportamento crescente, assim como mostra a figura 18.

Figura 18 - Índice de Saponificação dos óleos vegetais e gordura animal.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

O gráfico do índice de saponificação apresentou uma crescente significativa (teste de Tukey) nos óleos de girassol e oiticica, e no sebo bovino após o processo de degomagem aquosa, e uma aumento em todos os óleos e gordura utilizados no trabalho após a degomagem ácida. Esses seguintes resultados podem ser explicados e compreendidos por meio do que foi dito no início desse subtópico, uma vez que as matérias foram submetidas a aquecimento antes e durante o processo de degomagem, fazendo assim com que houvesse a liberação dos ácidos graxos responsáveis pela formação do sabão em maior quantidade em comparação ao óleo bruto, que só recebeu aquecimento durante a determinação desse parâmetro.

Cabe pontuar ainda, que o valor obtido na saponificação indica de forma indireta a quantidade em peso dos ácidos graxos, uma vez que é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos triglicerídeos (Barros *et al.*, 2013). Assim, como há a remoção de impurezas, ácidos graxos livres e pigmentos no processo de degomagem em geral, pode-se afirmar que após tal tratamento houve a remoção das gomas presentes nos óleos, reduzindo assim o peso molecular dos ácidos graxos que compõe essas substâncias, e consequentemente o aumento da índice de saponificação, uma vez que o mesmo é inversamente proporcional ao peso molecular dos ácidos graxos dos triglicerídeos, ou seja, quanto menor essa massa, maior será o grau de saponificação.

Percebe-se ainda que a adição da água (degomagem aquosa) ou do ácido fosfórico (degomagem ácida) podem ter contribuído para a formação de sabões, uma vez que como visto nos subtópicos do índice de acidez e ácidos graxos livres, a adição desses fluídos nas condições na qual é realizado (constante aquecimento durante o processo) contribuem para a decomposição dos gliceróis (diminuição do seu peso molecular), e liberação dos ácidos graxos. Pontua-se ainda que no sebo bovino e no óleo da oiticica formou-se uma maior quantidade de sabão após a degomagem aquosa, podendo esse fato ter ocorrido devido a composição estrutural dos ácidos graxos.

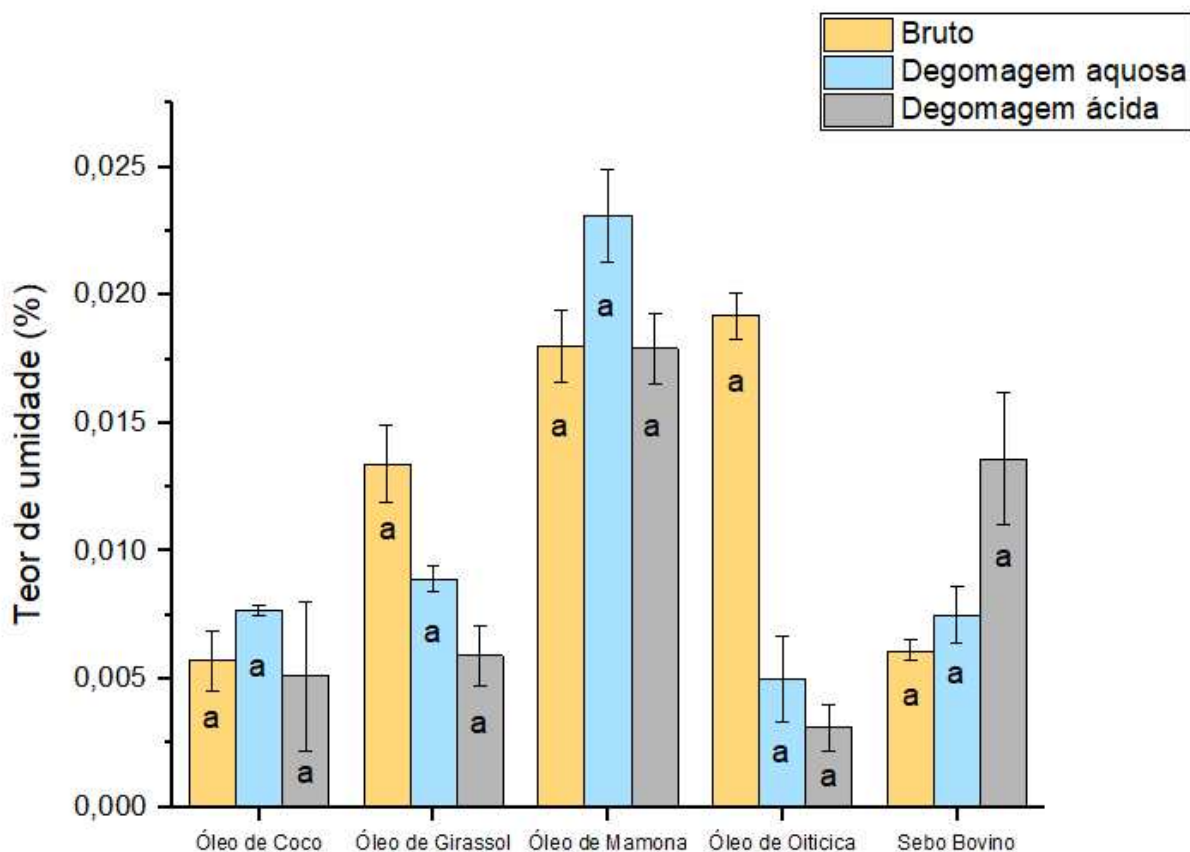
Segundo dados da Anvisa (1999), o índice de saponificação para óleos vegetais deve estar entre os valores de 189 e 195 mg KOH/g. Com isso, todos os óleos e gordura antes e após a degomagem apresentaram valores abaixo do especificado. De acordo com Barros *et al.* (2013), óleos com valores abaixo do recomendado não altera significativamente o rendimento dos ésteres do biodiesel. Vale destacar que quando se tem altos índices de saponificação se faz necessário a utilização de uma quantidade maior de catalisadores para o processo de síntese do biodiesel, sendo necessário a utilização de outras técnicas de pré-tratamento, ou a utilização de outros tipos de catalisadores (Araújo *et al.*, 2013).

5.6 TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade, ou a presença de água em um óleo ou gordura está diretamente ligado a qualidade da matéria-prima, sendo que quanto maior a quantidade de água/umidade presente na mesma, menor a qualidade daquela substância para síntese de biodiesel, uma vez que a umidade impede a ação do catalisador no processo de transesterificação, e contribui na decomposição dos óleos e gorduras, e na instabilidade oxidativa destes. A figura 19 apresenta

os resultados encontrados do teor de umidade antes e depois do processo de degomagem dos óleos vegetais e gordura animal.

Figura 19 - Teor de umidade dos óleos e gordura utilizados.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Ao observar o gráfico percebe-se que, após a realização do tratamento estatístico (teste de Tukey) comprovou-se que não houve uma mudança significativa antes e após a degomagem. Barros *et al.* (2013), obteve valores de teor de umidade para o óleo de soja bastante elevados em comparação aos resultados obtidos com os óleos do presente trabalho. Segundo dados da Embrapa (2004), o óleo da mamona é o único glicerídeo encontrado na natureza que é solúvel em álcool, no qual deve possuir no máximo 10% de umidade em sua composição, para que não haja o comprometido do biodiesel. Com isso, percebe-se que os resultados encontrados após o tratamento apresentam óleos vegetais com boa qualidade (nesse parâmetro) para síntese de um biodiesel de qualidade.

5.7 ÁGUA E SEDIMENTOS

Água e sedimentos é um parâmetro que desempenha um papel importante na sua determinação, uma vez que são dois compostos diferentes encontrados no óleo que remetem diretamente a qualidade da matéria-prima e sua utilização para síntese do biodiesel, visto que Evangelista *et al.* (2022), afirma que valores elevados desses compostos contribuem negativamente para a qualidade do óleo e do biodiesel, bem como dificulta sua síntese. A tabela 7 apresenta os resultados de água e sedimentos encontrados nos óleos vegetais e gordura animal antes e após o processo de degomagem aquosa e ácida.

Tabela 7 - Água e sedimentos dos óleos vegetais.

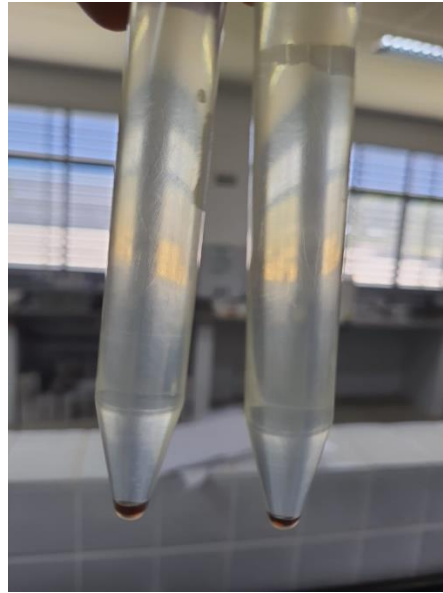
Óleos	Bruto	Degomagem aquosa	Degomagem ácida
Coco	0	0	Precipitado de cor escura menor que 0,1 mL
Girassol	Precipitado menor que 0,1 mL	0	0
Mamona	0,2 mL de água	0	0
Oiticica	Precipitado igual a 0,1 mL	Precipitado menor que 0,5 mL	Precipitado menor que 0,1 mL

Fonte: Autoria própria.

Os resultados encontrados apresentaram formação de precipitados (sedimentos) e de água nos óleos de girassol bruto, oiticica (bruto, degomagem aquosa e ácida), mamona bruto e coco após a degomagem ácida, podendo esse fator ter ocorrido na etapa de centrifugação, havendo a necessidade de passar mais tempo nela, ou no momento de separação do óleo das gomas, uma vez que na retirada do conteúdo sobrenadante pode ter passado um percentual de impurezas junto com o óleo degomado. No entanto, os óleos de coco (bruto e degomagem aquosa), girassol (degomagem aquosa e ácida) e mamona (degomagem aquosa e ácida) não apresentaram presença de precipitados e água, ficando evidente a eficiência do método de degomagem.

Além disso, no óleo de coco surgiu após o processo de degomagem ácida um precipitado menor que 0,1 mL de cor escura (figura 20), sendo esse fator relacionado a adição do ácido fosfórico, visto que em todos os óleos utilizados ao ser adicionado o ácido no momento do aquecimento, o mesmo passava a formar precipitados de cor escura, contribuindo assim para o escurecimento total do óleo.

Figura 20 - Sedimentos precipitados no óleo de coco com a degomagem ácida.



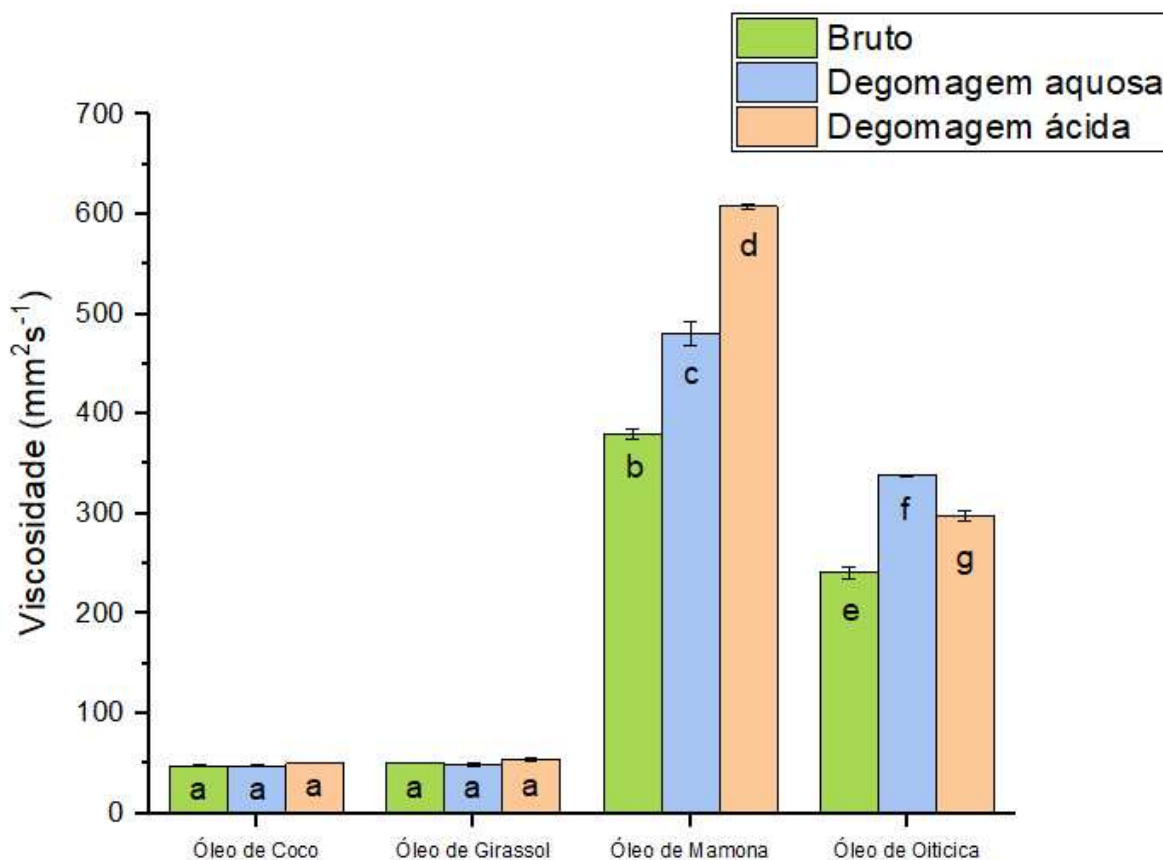
Fonte: Autoria própria.

Cabe pontuar ainda, que o sebo bovino não foi possível determinar a quantidade de água e sedimentos devido se encontrar sólido em temperatura ambiente, e o processo de determinação desse parâmetro acontecer nessa mesma temperatura.

5.8 VISCOSIDADE CINEMÁTICA

A viscosidade cinemática dos óleos vegetais utilizados no presente trabalho apresentou em alguns óleos comportamentos diferentes que será compreendido mais adiante. A figura 21 aborda os resultados da viscosidade dos óleos, bem como o tratamento estatístico (teste de Tukey), uma vez que foram realizadas análises em triplicata.

Figura 21 - Viscosidade cinemática dos óleos vegetais antes e após o tratamento.



Resultados com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria.

Os ácidos graxos insaturados são os principais responsáveis pela viscosidade de um óleo por uma série de características distintivas, entre as quais se destaca o número de insaturações presentes. As ligações duplas, que caracterizam essas insaturações, conferem uma restrição à livre rotação da cadeia carbônica, resultando em uma conformação altamente dobrada. Esta configuração, por sua vez, resulta em uma redução significativa da interação entre as cadeias moleculares envolvidas, ou seja, quanto mais dobrada uma cadeia, menor será a viscosidade de um óleo, uma vez que a interação intermolecular é diminuída (Moretto e Fett, 1989).

Aplicando tal afirmação aos resultados obtidos e observando o gráfico percebe-se que os óleos de coco e girassol possuem uma viscosidade muito semelhante (não havendo diferença estatisticamente), e menor do que o óleo da mamona e oiticica. No entanto, essa semelhança é gerada devido a causas diferentes, uma vez que o óleo de coco possui como ácido graxo majoritário o láurico (C12:0) (43,0 – 51,0%), e o óleo de girassol o ácido linoléico (9, 12-C18:2) (55 - 75%). Com isso, apesar do ácido graxo láurico ser saturado, ele possui apenas 12 carbonos na sua cadeia, conferindo a ele uma menor viscosidade em relação a mamona e oiticica. Já o

óleo de girassol possui duas insaturações na sua cadeia carbônica, uma no carbono 9 e uma no 12, atribuindo assim também uma menor viscosidade em relação aos outros dois óleos (mamona e oiticica) devido ao quantidade de duplas ligações.

O óleo de mamona apresenta a maior viscosidade, uma vez que possui o ácido ricinoléico como majoritário em sua formação (12-OH 9-C18:1), (90%), composto por apenas uma dupla ligação no carbono 9, e com isso maior viscosidade, visto que quanto menor o grau de insaturação, maior será a dificuldade de o líquido escoar, resultando em uma cadeia carbônica com um comportamento mais retilíneo. Além disso, o óleo possui na sua cadeia carbônica a presença de uma hidroxila (OH) no carbono 12, o que confere a ele a formação de ligações de hidrogênio e, consequentemente, uma maior viscosidade, devido às fortes interações intermoleculares. Esse fator contribui para que o óleo da mamona seja um dos mais viscosos dentre os óleos de origem vegetal e animal (Dias *et al.*, 2013; Rodrigues, 2013).

O óleo de oiticica possui o ácido licânico como predominante (9^{cis} , 11^{trans} , 13^{trans} -C18:3), composto assim por 3 duplas ligações, ou seja, apresenta o maior grau de insaturações entre os óleos do presente trabalho, no entanto, é mais viscoso que o óleo de girassol que possui apenas duas insaturações. Esse fator pode ser compreendido devido as duplas ligações no carbono 11 e 13 serem do tipo trans e não cis, contribuindo para um comportamento mais retilíneo da cadeia e por consequência maior interação molecular e viscosidade do óleo (Moretto e Fett, 1989).

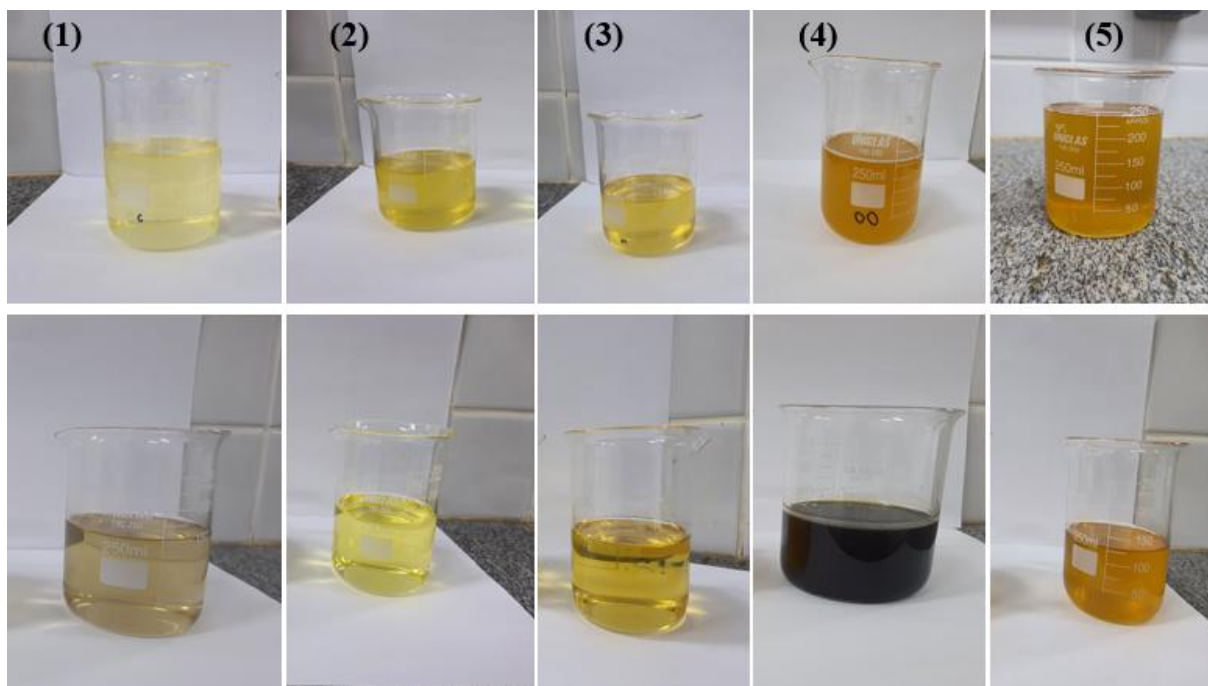
Após o processo de degomagem, os óleos de coco e girassol não apresentaram uma mudança significativa (aumento ou redução) na sua viscosidade. O óleo de mamona apresentou um aumento na viscosidade após a degomagem aquosa e ácida, sendo esta última a que apresentou maior crescimento. Esse fenômeno de crescimento da viscosidade está relacionado com o percentual de gomas retiradas no tratamento, visto que o processo de remoção de impurezas contribui para deixar as cadeias carbônicas mais isoladas. Isso promove uma maior interação entre essas cadeias, resultando em um aumento significativo na viscosidade do óleo. Esse mesmo fator pode ser observado para o óleo de oiticica.

No entanto, observa-se que o óleo da mamona, após a degomagem ácida, apresentou uma viscosidade significativamente superior em comparação com os outros óleos e em relação aos resultados com a degomagem aquosa.

É importante ressaltar que em todos os óleos (com exceção do óleo de girassol), ocorreram o escurecimento após a adição de ácido (como pode ser observado na Figura 22), juntamente com um aumento na viscosidade, embora esse aumento não tenha sido significativo no caso dos óleos de coco e girassol. Guimarães (2018) obteve valores de viscosidade distintos do encontrado no presente trabalho, porém, os valores da viscosidade após a degomagem

aquosa e ácida foram maiores do que em relação ao bruto, seguindo a mesma lógica dos resultados da figura 21, com exceção do óleo de oiticica após a degomagem ácida, que segundo a autora foi maior do que em comparação a degomagem aquosa.

Figura 22 – Comparativos aspectos visuais dos óleos e gordura antes e após a degomagem ácida. (1) Óleo de Coco; (2) Óleo Girassol; (3) Óleo de Mamona; (4) Óleo de Oiticica; (5) Sebo Bovino.



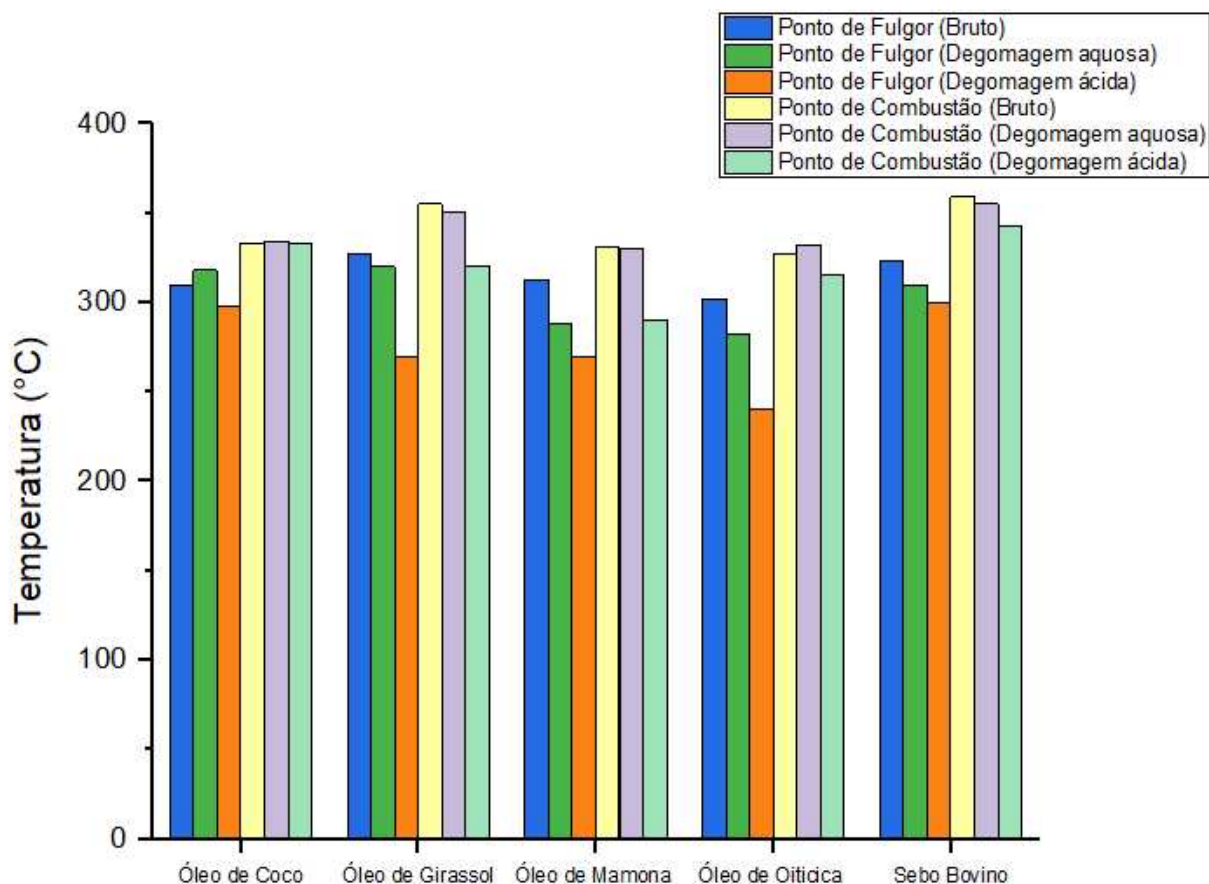
Imagens numerados na primeira linha, são os aspectos visuais dos óleos brutos. A segunda linha de imagens representa os respectivos óleos após a degomagem ácida.

Fonte: Autoria própria.

5.9 PONTO DE FULGOR E COMBUSTÃO

O ponto de fulgor e combustão é dado pela temperatura na qual o óleo provoca a primeira ignição e permanece em combustão, respectivamente. De acordo com Junior *et al.* (2010), esse parâmetro está intrinsecamente associado à massa molecular dos compostos orgânicos. Com isso, a figura 23 apresenta os valores obtidos da temperatura de fulgor e combustão antes e depois da degomagem dos óleos e gordura utilizados no presente trabalho.

Figura 23 - Ponto de fulgor e combustão dos óleos e gordura antes e depois do processo de degomagem.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar os dados do gráfico percebe-se que em geral ocorreu uma redução nas temperaturas de ponto de fulgor e combustão após o tratamento dos óleos, no qual isso pode ser entendido devido a relação da massa molecular dos compostos orgânicos nos óleos, visto que quanto maior a quantidade desses compostos, maior será o ponto de fulgor e combustão e, consequentemente, maior dificuldade de determinado óleo quando aquecido formar vapores que misturados com o ar provoquem a ignição. Dito isso, como já retratado, o processo de degomagem tem como finalidade a remoção de impurezas, que são substâncias orgânicas (lecitina).

Assim, após o tratamento realizado, ocorreram a retiradas das impurezas em diferentes porcentagens, como apresentado na tabela 6, variando de acordo com o óleo e a quantidade de gomas presentes na composição desses. Com a remoção das substâncias de origem orgânicas, ocorreu a diminuição das temperaturas do ponto de fulgor e combustão. Além disso, observou-se uma redução mais evidente no óleo da mamona. Essa redução está relacionada a uma maior

remoção das impurezas, como fica explícito na tabela 6, comprovando assim a relação direta desses parâmetros com a massa molecular dos compostos orgânicos.

Cabe pontuar ainda que, em todos os óleos e gordura analisados no presente trabalho ocorreu uma redução maior na temperatura no ponto de fulgor do que em relação a combustão, contribuindo para uma ignição (primeiro lampejo) a uma temperatura mais baixa após o tratamento do que em relação ao óleo ou gordura bruta.

6. CONCLUSÕES

Em virtude de todos os dados obtidos no presente trabalho, conclui-se que os óleos vegetais e gordura animal estudados apresentaram mudanças no aspecto visual e nas composições químicas após serem submetidos ao tratamento de degomagem aquosa e ácida.

As amostras dos óleos e gordura após a degomagem apresentaram uma percentagem de gomas retiradas em proporções diferentes, sendo esse fator variável para cada substância devido os mesmos possuírem composições diferentes e reagirem de forma distintas com o tratamento. Com isso, para a função na qual a degomagem é aplicada (remoção de gomas/lecitina) o processo ocorreu de forma eficiente.

No que diz respeito ao índice de acidez, ocorreu um aumento desse parâmetro nas amostras analisadas, principalmente após a degomagem ácida, sendo isso ocasionado devido a presença do ácido fosfórico adicionado no tratamento. Cabe pontuar que, quanto maior a acidez de um óleo, maior o uso de catalisador para produção do biodiesel, além da produção de um biocombustível de péssima qualidade, afetando as peças dos motores. No entanto, apesar do aumento no índice de acidez, não se faz necessária a neutralização das amostras para síntese do biodiesel, uma vez que os valores encontrados não excederam 2,0 mg KOH/g (valor máximo necessário para produção do biodiesel sem passar pela neutralização).

Em relação a massa específica das amostras ocorreram mudanças significativas após a etapa da degomagem em comparação com os óleos e gordura de forma bruta, uma vez que tal parâmetro está relacionado diretamente com o peso molecular dos óleos, sendo que quanto menor esse peso, maior a sua massa específica, mostrando assim a eficiência do tratamento na remoção das impurezas, reduzindo o peso molecular de todos os materiais submetidos a etapa de purificação.

Os ácidos graxos livres mostraram um aumento significativo após o processo de degomagem aquosa e ácida em praticamente todos os óleos. Esse aumento representa um desafio para a síntese do biodiesel a partir dos óleos de mamona após a degomagem ácida e da oiticica antes e após o tratamento, uma vez que o percentual de ácidos graxos livres ultrapassou o limite de 3%, que é o valor recomendado para uma realização eficaz do processo de transesterificação. Com isso, a etapa de neutralização faria com que esses valores diminuíssem, e contornassem esse problema, porém, ela não foi realizada, uma vez que a metodologia não previa tal processo. No entanto, é importante destacar que os óleos de coco, girassol e mamona, após a degomagem aquosa, bem como o sebo bovino como fonte de gordura animal,

apresentaram uma porcentagem inferior ao limite, não comprometendo a eficiência da transesterificação durante a produção do biodiesel.

O índice de saponificação aumentou em todas as amostras analisadas em relação ao óleo ou gordura bruta devido a decomposição dos mesmos e liberação dos ácidos graxos livres quando submetidos ao aquecimento, e a adição da água ou ácido na etapa de degomagem, sendo isso confirmado pelos teores de ácidos graxos livres encontrados. No entanto, tal crescimento não afeta a síntese do biodiesel, uma vez que como visto nos resultados os valores encontrados estão abaixo do máximo recomendado, não influenciando significativamente o processo de síntese do biodiesel, mantendo assim a sua qualidade.

O teor de umidade não apresentou mudança significativa após o tratamento. No entanto, os valores de umidade encontrados tanto no óleo bruto quanto depois da degomagem foram baixíssimos sendo o maior índice inferior a 0,025%. Com isso, conclui-se que a umidade presente nas amostras não influencia de modo negativo a síntese do biodiesel.

Em relação ao parâmetro de água e sedimentos, em alguns óleos (girassol e mamona) houve a remoção de todo sedimento e água presente após a degomagem (aquosa e ácida), já os óleos de coco e oiticica surgiram a formação de precipitados, mas em pequena quantidade. Apesar dessa pequena quantidade de precipitados, isso poderia influenciar na síntese de biodiesel. No entanto, esse problema é facilmente resolvido ao submeter tais óleos a centrifugação por um tempo maior na etapa de degomagem, a fim de retirar completamente todas as gomas. Além disso, alguns óleos apresentaram total ausência de água e sedimentos, corroborando assim para um óleo parcialmente isento de impurezas.

Acerca da viscosidade, os óleos de coco e girassol não apresentaram mudanças depois da degomagem, no entanto, as amostras de mamona e oiticica exibiram uma crescente na viscosidade em ambos os processos de tratamento (degomagem aquosa e ácida), comprovando assim a eficiência do método da degomagem na remoção das impurezas, visto que a retirada dessas substâncias faz com que a cadeia fica de forma mais isoladas, havendo uma maior interação molecular, e consequentemente maior viscosidade.

Referente ao ponto de fulgor e combustão, ocorreu a redução das temperaturas tanto de fulgor quanto de combustão após a degomagem aquosa e ácida, confirmando assim a eficiência do tratamento, visto que esse parâmetro está relacionado com a massa molecular dos compostos orgânicos, sendo a goma retirada um tipo destes.

Com isso, embora os parâmetros da viscosidade e dos ácidos graxos livres (óleo de mamona com degomagem ácida, e óleo da oiticica antes e após o tratamento para esse último) apresentem um aumento, e consequentemente um fator negativo para síntese do biodiesel, os

demais parâmetros exibiram melhorias ou permaneceram constante, em relação ao óleo bruto, contribuindo para a produção futura de um biodiesel de qualidade, e sem problemas na etapa de transesterificação. Além disso, essa etapa é a responsável por diminuir a viscosidade dos óleos, uma vez que há a quebra dos triglicerídeos, reduzindo assim os valores desse parâmetro.

Portanto, pode-se concluir que o processo de degomagem aquosa e ácida ocorreu de maneira eficiente na remoção das gomas e, conseqüentemente, no beneficiamento da qualidade da matéria-prima utilizada. Além disso, é importante enfatizar que o percentual das gomas retiradas na etapa de tratamento nos dois métodos é diferente, devido a ambas removerem substâncias distintas no processo.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. RESOLUÇÃO ANP N° 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111097.htm. Acesso em: 28 jun. 2023.

ALMEIDA, Thalita Sévia Soares de. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO FRUTO E SUSCEPTIBILIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO DE *Licania rígida* Benth (OITICICA)**. 2015. 76 f. Dissertação - Curso de Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, 2015.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official and Tentative Methods (AOCS)**. 3. ed. Chicago: 1985. v. 1.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official methods and recommended practices**. 4. ed. Champaign, 1993. v. 3.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 6. ed. Urbana: AOCS, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Transparent And Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)**: ASTM D 445, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester**: ASTM D 93, 2008.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. Carvão Mineral, 2016. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/08-carvao\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/08-carvao(2).pdf). Acesso em: 28 jun. 2023.

ANP. Panorama do Abastecimento de Combustíveis 2016. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/arquivos/Panorama_do_Abastecimento2016.pdf. Acesso em: 12 agosto de 2023.

ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2013/versao-impressao.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2023.

ANP. Constituição (2008). Lei nº 7, de 2008. Resolução Anp Nº 7, de 19.3.2008 - Dou 20.3.2008.

ANP. Informações de Mercado. Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro – RJ, 2023. Disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-debiocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>. Acesso em 01 de setembro de 2023.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada- RDC Nº 482, de 23 de agosto de 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19782.htm. Acesso em: 28 jun. 2023.

ARAÚJO, Carlos Daniel Mandolesi de; ANDRADE, Cláudia Cristina de; SILVA, Érika de Souza; DUPAS, Francisco Antonio. Biodiesel production from used cooking oil: a review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s. l], v. 27, p. 445-452, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.014>.

ARAÚJO, G. S.; CARVALHO, R. H. R.; SOUSA, E. M. B. D. de. Produção de Biodiesel a partir de Óleo de Coco (*Cocos nucifera* L.) Bruto. **2nd International Workshop: advances In Cleaner Production**, São Paulo, SP, p. 1-10, 20 maio 2009.

ARAÚJO, Giselle de Souza. **Produção do biodiesel a partir do óleo de coco (*Cocos nucifera* L.)**. 104 f. Dissertação - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2008.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.

BARROS, Emanuel; MEDEIROS, Janaina Fernandes; PEREIRA, Nehemias Curvelo. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE SOJA DEGOMADO VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE

PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMARR, 8. **Anais Eletrônico**. Maringá - PR: Cesumar, 2013. p. 1-4.

BARROS, Maria Auxiliadora Lemos; RAMOS, Gilvan Alves. Estatísticas da mamona. **Embrapa**, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/mamona/pre-producao/socioeconomia/estatisticas>. Acesso em: 6 out. 2023.

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira da. Oleaginosas Potenciais do Nordeste para a Produção de Biodiesel. **Embrapa: Algodão**, Campina Grande, PB, n. 1, p. 1-53, dez. 2007.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino de; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (Revbea)**, [s. l], v. 13, n. 3, p. 299-315, 30 set. 2018. Universidade Federal de São Paulo. <http://dx.doi.org/10.34024/revbea.2018.v13.2502>.

BORBA, R. F. Balanço mineral brasileiro, carvão mineral. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 2001. 19 p.

BORGES, Ane Caroline Pereira; SILVA, Marcelo Santana; ALVES, Carine Tondo; TORRES, Ednildo Andrade. Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply. **Rede: Revista Eletrônica do PRODEMA**, [s. l], v. 10, n. 02, p. 23-36, 7 dez. 2016. REDE – Revista Eletronica do PRODEMA. <http://dx.doi.org/10.22411/rede2016.1002.02>.

BRASIL. Instrução Normativa nº 49, de 22 dezembro de 2006.

CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. **INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO GIRASSOL**. 2014. Disponível em: <http://docente.ifsc.edu.br/roberto.komatsu/MaterialDidatico/Agroecologia>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CARRIJO, Priscila Meireles. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA MASSA ESPECÍFICA DE AGREGADOS GRAÚDOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO**. 129 f. Dissertação - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CARVALHO, Ana Carolina de Oliveira. **CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS VEGETAIS COMESTÍVEIS PUROS E ADULTERADOS**. 79 f. Monografia - Curso de Química, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, 2017.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Oiticica *Licania rígida*. **Embrapa**: Espécies, 2010.

CORREIA, I. M. S.; ARAÚJO, G. S.; PAULO, J. B. A.; SOUSA, E. M. B. D de. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de Girassol (*Helianthus annuus* L.) e Coco (*Cocos nucifera* L.) produzidos no Nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, [s. l], v. 10, n. 3, p. 1-7, 6 mar. 2014.

COSMO, Bruno Marcos Nunes; GALERIANI, Tatiani Mayara; NOVAKOSKI, Fabiula Patricia; RICINI, Bruna Martins. Carvão mineral. **Revista Agronomia Brasileira**, [s. l], v. 4, n. 1, p. 1-10, 17 mar. 2020. Revista Agronomia Brasileira.
<http://dx.doi.org/10.29372/rab202001>.

COSTA, Carlos Henrique Dantas da. **CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS PARA APLICAÇÃO COMO FLUIDO ISOLANTE E DE REFRIGERAÇÃO EM TRANSFORMADORES**. 63 f. TCC - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas - RN, 2023.

DELATORRE, Andréia Boechat; RODRIGUES, Priscila Maria; AGUIAR, Cristiane de Jesus; ANDRADE, Vanessa Vicente Vieira; ARÊDES, Anália; PEREZ, Victor Haber. PRODUÇÃO DE BIODIESEL: considerações sobre as diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas de processos. **Biológicas & Saúde**, [s. l], v. 1, n. 1, p. 21-47, 24 jun. 2011. Institutos Superiores de Ensino do Censa. <http://dx.doi.org/10.25242/8868112011510>.

DIAS, J. M.; ARAÚJO, J. M.; COSTA, J. F.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; ALMEIDA, M. F. Biodiesel production from raw castor oil. **Energy**, v. 53, p. 58–66, 1 maio 2013.

DUARTE, V.; VALENTINI, M. H.; SANTOS, G.B.; NADALETTI, W.; VIEIRA, B. Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel. **Meio ambiente (brasil)**, v. 4, n. 2, p. 50–68, 2022.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7325288>.

DUQUE, José Guimarães. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4^a ed. - Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 330, 2004.

EMBRAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **O BIODIESEL DO ÓLEO DA E A PRODUÇÃO DE FITOMASSA: mamona** considerações gerais e singularidades. Campina Grande – PB: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004. 2 p.

EVANGELISTA, João Paula da Costa; SILVA, Rafael Sânzio Ferreira da; ARAÚJO, Aruzza Mabel de Moraes; GONDIM, Amanda Duarte. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA MISTURA BINÁRIA DE ÓLEOS (MILHO E SOJA) E DE SEUS ECODIESEIS (B7, B10, B15 E B100). **Open Science Research V**, [s. l], p. 493-498, 2022. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/220709430>.

FERNANDES, Maria Luiza Machado. **HIDRÓLISE DE TRIGLICERÍDEOS E SÍNTESE DE ÉSTER DE ÁCIDO GRAXO EM SISTEMA DE MICELAS REVERSAS**. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Paraná., Curitiba - PR, 2002.

FERREIRA, José Rincon; CRISTO, Carlos Manuel Pedroso Neves. **O futuro da indústria: biodiesel: coletânea de artigos**. Brasília: Mdic-sti/iel, 2006. 145 p. (Série política industrial, tecnológica e de comércio exterior,14).

FILHO, Manoel Gabriel Rodrigues. **Cardanol e Eugenol Modificados - Uso como Antioxidante no Controle do Processo Oxidativo do Biodiesel de Algodão**. 122 f. Tese -

Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2010.

FIOREZE, Mariele; HEDLUND, Keila Fernanda Soares; GRAEPIN, Cristiane; SILVA, Tainara Casa Nova; AZEVEDO, Francéllwika Catharine Gomes de; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. GÁS NATURAL: potencialidades de utilização no brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [s. l], v. 10, n. 10, p. 22512265, 7 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/223611707896>.

FIRESTONE, David. Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes. 3. ed. S.L: AOCS, 2013.

FONTES, Humberto Rollemberg; FERREIRA, Joana Maria Santos. Coleção Plantar: Coco. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 108 p.

FREITAS, Irene Rodrigues. **Caraterização físico-química e avaliação dos compostos bioativos de óleos brutos e refinados de soja, canola, milho e girassol**. 152 f. Tese - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2015.

GARCIA, Camila Martins. **Transesterificação de óleos vegetais**. 120 f. Dissertação - Curso de Química, Departamento de Química Inorgânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

GERPEN, V. J.; SHANKS, B; PRUSZKO, R.; CLEMENTES, D.; KNOTHE, G. **Biodisel Production Technology**, Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 2004.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, São Paulo, n. 72, p. 6-15, fev. 2007.

GOMES, Delineide Pereira; BRINGEL, José Magno Martins; MORAES, Myrna Furtado Hilal; GOMES, Josilda Junqueira Ayres; LEITE, Regina Maria Villas Bôas de Campos. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de girassol produzidas na região de Timon,

Maranhão. **Summa Phytopathologica**, [s. l], v. 32, n. 3, p. 291-292, set. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-54052006000300016>.

GONDIN, Pedro Henrique Rodrigues. **INDUSTRIALIZAÇÃO DA SOJA NO BRASIL**. 24 f. Monografia - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2018.

GUIMARÃES, Adriana Karla Virgolino. **ESTUDO DO ÓLEO DE OITICICA (*Licania rígida, Benth*) PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL E AVALIAÇÃO DAS SUAS PROPRIEDADES COMO COMBUSTÍVEL**. 293 f. Tese - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2018.

HARTEN, B.; EICKHOFF, K. P. **El uso de Decantadoras y Separadoras Centrífugas en la Industria Oleoquímica**. Libro de Oro de A&G - 10º Aniversario - Tomo III: Recopilación de Artículos Técnicos, Asociación Argentina de Grasas y Aceites, n. 10, 2010, p.35-48.

JORGE, Neuza. **Química e tecnologia de óleos** vegetais. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, p. 165, São Paulo, SP, 2009.

JORGE, Neuza; LUNARDI, Vanessa Martins. Influência dos tipos de óleos e tempos de fritura na perda de umidade e absorção de óleo em batatas fritas. **Ciência e Agrotecnologia**, [s. l], v. 29, n. 3, p. 635-641, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542005000300019>.

JUNIOR, Francisco Souto Sousa; SOUZA, Luiz di; DIAS, Anne Gabriela; EVANGELISTA, João Costa; DIAS, Nildo Silva. QUALIDADE DO ÓLEO DA MAMONA CULTIVADA EM DIFERENTES ALTITUDES NO RIO GRANDE DO NORTE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l], v. 5, n. 5, pág. 12–17, 2010. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/376>. Acesso em: 12 jul. 2023.

KAYNAK, G.; ERSOZ, M.; KARA, H. Investigation of the properties of oil at the bleaching unit of an oil refinery. **Journal Of Colloid And Interface Science**, [s. l], v. 280, n. 1, p. 131-138, dez. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.07.022>.

KOZERSKI, Glauco Rodrigo; HESS, Sônia Corina. Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande/MS, empregando como combustível diesel, biodiesel ou gás natural. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l], v. 11, n. 2, p. 113-117, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522006000200003>.

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira; LEAL, Manoel Régis L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos - Cebrap**, [s. l], n. 78, p. 15-21, jul. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-33002007000200003>.

LEVY, Gabriel. **A inserção do sebo bovino na indústria brasileira do biodiesel**: análise sob a ótica da economia dos custos de transação e da teoria dos custos de mensuração. 2011. 117 f. Dissertação - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LIMA, Rosiane de Lourdes Silva de; SEVERINO, Liv Soares; ALBUQUERQUE, Robson César; BELTRÃO, Napoleão Esberad de Macêdo; SAMPAIO, Lígia Rodrigues. CASCA E TORTA DE MAMONA AVALIADOS EM VASOS COMO FERTILIZANTES ORGÂNICOS. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 5, p. 102-106, dez. 2008.

MAILER, R. J. Oilseeds, Overview. **Elsevier**, Wagga Wagga, NSW, Australia, p. 380-386, 2004.

MAIONCHI, Isadora Aredes. **PROCESSO CAVITATION – INOVAÇÃO EM REFINO DE ÓLEO DE SOJA**. 28 f. TCC - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2017.

MARTINI, S.; AN, M. C. Determination of wax concentration in sunflower seed oil. **Journal Of The American Oil Chemists' Society**, [s. l], v. 77, n. 10, p. 1087-1093, out. 2000. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-000-0171-9>.

MARTINS, Silas Sarkiz da Silva; AZEVEDO, Matheus Oliveira de; SILVA, Mikaias Pereira da; SILVA, Valdenildo Pedro da. PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E IMPACTOS AMBIENTAIS: algumas considerações. **Holos**, [s. l], v. 6, p. 54-76, 11 dez. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015.2201>.

MEHER, L. C; SAGAR, D. Vidya; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s. l], v. 10, n. 3, p. 248-268, jun. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002>.

MONTE, Mauricio Legemann. **ESTUDO CINÉTICO DO BRANQUEAMENTO DO ÓLEO DE CARPA (*Cyprinus carpio* L.)**. 65 f. Dissertação - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 2010.

MONYEM, Abdul; VAN GERPEN, Jon H. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. **Biomass And Bioenergy**, Estados Unidos, p. 317-325, 2001.

MORAIS, Marcelo Mariano; ALVES, Wirlem Silva; PEREIRA, Efraim Costa; ARAUJO, Aziel Garcia de; SILVA, Marcos Antônio de Sousa; VIEIRA, José Sebastião Cidreira. **Comparação entre métodos de purificação de óleos vegetais por degomagem visando à produção de biodiesel: VI CONNEPI: Congresso Brasileiro Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, TO, p.1-6, 2012.

MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. **ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS (Processamento e Análises)**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1989. 179 p.

MOTA, Claudio J. A.; MONTEIRO, Robson S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, [s. l], v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422013001000002>.

NETTO, Fernando Franco; DRUCIAKI, Felipe Polzin. As Perspectivas Sócio-Ambientais e Econômicas da Produção de Biodiesel Utilizando Óleo de Fritura Residual. **Revista Capital Científico: Eletrônica (RCCe)**, [s. l], v. 12, n. 2, p. 1-11, abr. 2014.

NUNES, Cleiton Antônio. **TECNOLOGIA DE ÓLEOS E GORDURAS PARA ENGENHARIA DE ALIMENTOS**. Lavras: Ufla, 2013.

OCHOA, N.; PAGLIERO, C.; MARCHESE, J.; MATTEA, M. Ultrafiltration of vegetable oils Degumming by polymeric membranes. **Separation And Purification Technology**, [s. l], v. 22-23, n. 1-2, p. 417-422, 1 mar. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1383-5866\(00\)00178-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1383-5866(00)00178-7).

OLIVEIRA, Andréia Fróes Galuci. TESTES ESTATÍSTICOS PARA COMPARAÇÃO DE MÉDIAS. **Revista Eletrônica Nutritime**, [s. l], v. 5, n. 6, p. 777-788, dez. 2008.

OLIVEIRA, Jardel Alves de; LUZ, José Aurélio Medeiros da; FERREIRA, Eliomar Evaristo. Grau de saponificação de óleos vegetais na flotação seletiva de apatita de minério carbonatítico. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s. l], v. 59, n. 4, p. 385-390, dez. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672006000400006>.

OLIVEIRA, Rosimery Rodrigues de. **NEUTRALIZAÇÃO E DEGOMAGEM DE AZEITES ARTESANAIS DE COCO BABAÇU (*Orbignya speciosa*) E DE DENDÊ (*Elaeis guineensis*) UTILIZADOS PARA COMERCIALIZAÇÃO**. 38 f. TCC - Curso de Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina - PI, 2022.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, CE. Tecbio, 2003.

PIVA, Rodrigo Barcellos. **ECONOMIA AMBIENTAL SUSTENTÁVEL: Os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. 81 f. TCC - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

QUEIROGA, Vicente de Paula. Composição química e mineral de amêndoas de oiticica em três tempos de armazenamento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l], v. 8, n. 2, p. 273–277, 2013.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. The Chemistry of Oils and Fats and their Extraction and Refining Processes. **Revista Virtual de Química**, [s. l], v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20130002>.

RAMOS, Luiz Pereira. Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o brasil. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, [s. l], n. 31, p. 28-37, julho/dezembro, 2003.

RIBEIRO, Daniel. Combustíveis fósseis. **Revista de Ciência Elementar**, [s. l], v. 2, n. 2, p. 151-152, jun. 2014.

ROCHA, Daniel de Queiroz; BARROS, Diana Kelly; COSTA, Everton José Cardoso; SOUZA, Katiuscia S. de; PASSOS, Raimundo R.; VEIGA JUNIOR, Valdir Florêncio da; CHAAR, Jamal da Silva. Determinação da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel adicionado ao diesel mineral através de monitoramento seletivo de íons. **Química Nova**, [s. l], v. 31, n. 5, p. 1062-1066, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000500022>.

RODRIGUES, Jailson Silva. **PRODUÇÃO DE BIOLUBRIFICANTES A PARTIR DOS ÓLEOS DE MAMONA (*Ricinus communis*) E DE VÍSCERAS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**. 89 f. Dissertação - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROSA, Gerusa de Oliveira. **MODELAGEM E ANÁLISE DO PROCESSO DE DEGOMAGEM NO REFINO DE ÓLEO DE SOJA**. 105 f. Dissertação - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2012.

ROSA, Gerusa Oliveira; FILHO, Fernando Castro Vieira; JORGE, Luiz Mario Matos; PARAÍSO, Paulo Roberto; ANDRADE, Cid Marcos Gonçalves. Modelagem e avaliação do processo de degomagem no refino de óleo de soja. **ENGEVISTA**, [s. l], v. 18, n. 1, p. 78-95, jul. 2016.

SANTOS, Anne Gabriella Dias. **Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa dos biodieseis de algodão, girassol, dendê e sebo bovino**. 183 f. Dissertação - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2010.

SANTOS, Anne Gabriella Dias. **Síntese e caracterização de niobiosilicatos para produção de biocombustível**. 243 f. Tese - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2013.

SANTOS, Eleonice Moreira. **QUALIDADE DO BIODIESEL**: degomagem, perfis de ácidos graxos e misturas de biodiesel de diferentes matérias primas. 2011. 62 f. Tese (Doutorado) - Curso de Bioquímica Agrícola, Universidade Federal Viçosa, Viçosa - MG, 2011.

SCHNEIDER, Rosana de Cassia de Souza. **EXTRAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DO ÓLEO DE RÍCINO**. 205 f. Tese - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003.

SILVA, Josivan Pedro da. **ESTUDO DA MINIMIZAÇÃO DE SABÃO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR VIA ETANÓLICA E AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO EM UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO REATIVA**. 174 f. Tese - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018.

SILVA, Marina Marques da. **ANÁLISE EXERGÉTICA DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL POR MISTURA BINÁRIA DE SEBO BOVINO E ÓLEO DE SOJA**. 92 f. Dissertação - Curso de Ciências e Técnicas Nucleares, Departamento de Engenharia Nuclear, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SILVA, Paulo Regis Ferreira da; RIZZARDI, Mauro Antônio; TREZZI, Michelangelo Muzell; ALMEIDA, Milton Luiz de. Densidade e arranjo de plantas em girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 797-810, jun. 1995.

SIMON, Rafael de Almeida. **IDENTIFICAÇÃO DE LINHAGENS DE MAMONA (*Ricinus communis* L.) TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO**. 58 f. Dissertação - Curso de Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2014.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B. **Química Orgânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 2 v.

SOUZA, Igor Alberto de Melo; LUZ, José Aurélio Medeiros da. PROPRIEDADES DE ÓLEOS EMPREGADOS EM FLOTAÇÃO. **Holos**, [s. l], v. 3, p. 227-233, 3 jul. 2014. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1800>.

SUAREZ, Paulo A. Z; MENEGHETTI, Simoni M. Plentz; MENEGHETTI, Mario R; WOLF, Carlos R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, [s. l], v. 30, n. 3, p. 667-676, jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000300028>.

TAPANES, Neyda de La Caridad Om; ARANDA, Donato Alexandre Gomes; PEREZ, Rodolfo Salazar; CRUZ, Yordanka Reyes. BIODIESEL NO BRASIL: matérias primas e tecnologias de produção. **Acta Scientiae Et Technicae**, [s. l], v. 1, n. 1, p. 120-125, 14 jun. 2013. Galoa Events Proceedings. <http://dx.doi.org/10.17648/uezo-ast-v1i1.11>.

TAPANES, Neyda C. Om; ARANDA, Donato A. Gomes; CARNEIRO, José W. de Mesquita; ANTUNES, Octavio A. Ceva. Transesterification of Jatropha curcas oil glycerides: theoretical and experimental studies of biodiesel reaction. **Fuel**, [s. l], v. 87, n. 10-11, p. 2286-2295, ago. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2007.12.006>. Tecnológica e de Comércio Exterior, Brasília, DF, p. 1-145, 6 dez. 2006.

VIDAL, Maria de Fatima. PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL. Caderno Setorial **ETENE**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, ano 4, n.79. maio, 2019.

VIEIRA, Jacyara Maria Alves. **CARACTERIZAÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DO ÓLEO DE OITICICA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL**. 87 f. Dissertação - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2011.

APÊNDICE

Tabela 8 - Valores obtidos através da caracterização dos óleos e gordura antes e após o processo de degomagem aquosa e ácida.

Tipo dos óleos e gordura	Índice de Acidez	Massa Específica	AGL	IS	Teor de Umidade	Viscosidade	PF	PC
Unidade:	(mg KOH/g)	(g/cm³)	(%)	(mg KOH/g)	(%)	(mm²s⁻¹)	(°C)	(°C)
OCB	0,09±0,00	0,9134±3,4*10 ⁻⁶	0,65±0,00	128,47±0,48	0,0057±0,0012	47,04±0,57	310	333
OCDAq	0,13±0,00	0,9144±3,5*10 ⁻⁵	0,68±0,03	130,64±1,79	0,0077±0,0002	46,90±0,87	318	334
OCDa	0,16±0,00	0,9145±2,4*10 ⁻⁵	1,00±0,03	132,27±0,47	0,0051±0,0029	49,63±0,00	298	333
OGB	0,10±0,00	0,9143±7,1*10 ⁻⁶	0,63±0,05	99,77±1,16	0,0134±0,0015	50,35±0,12	327	355
OGDAq	0,17±0,00	0,9144±1,1*10 ⁻⁵	0,72±0,03	125,74±0,24	0,0089±0,0005	48,55±1,14	320	351
OGDa	0,59±0,01	0,9149±7,8*10 ⁻⁶	2,28±0,06	125,73±0,20	0,0059±0,0012	53,52±1,63	270	320
OMB	0,30±0,01	0,9535±7,5*10 ⁻⁶	1,99±0,07	92,61±1,01	0,0180±0,0014	379,23±5,06	313	331
OMDAq	0,39±0,01	0,9563±1,5*10 ⁻⁵	1,97±0,03	92,72±0,94	0,0231±0,0018	480,59±11,88	288	330
OMDa	1,12±0,01	0,9143±5,1*10 ⁻⁶	5,79±0,06	98,10±1,80	0,0179±0,0014	607,58±3,20	270	290
OOB	0,16±0,01	0,9596±5,1*10 ⁻⁶	3,35±0,04	97,06±1,00	0,0192±0,0009	241,12±5,81	302	327
OODAq	0,23±0,01	0,9622±2,0*10 ⁻⁴	3,64±0,03	121,97±0,35	0,005±0,0017	338,30±0,76	282	332
OODa	0,78±0,01	0,9632±1,4*10 ⁻⁵	4,74±0,06	119,12±0,35	0,0031±0,0009	297,73±5,62	240	315
SBB	0,14±0,01	-	0,52±0,04	101,04±0,03	0,0061±0,0004	-	323	359
SBDAq	0,13±0,01	-	0,56±0,00	131,92±0,02	0,0075±0,0011	-	310	355
SBDa	0,21±0,01	-	1,00±0,03	128,23±0,98	0,0136±0,0026	-	300	343

Fonte: Autoria própria.