UNIVERSIDADE DE

SOROCABA CIÊNCIAS

EXATAS

CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Chopin de Carvalho da Cunha RA: 00103343

Márcio José Sírtori RA: 00081527

Otávio Francisco Bernardes RA: 00056772

Processo da produção de Biodiesel com óleo de coco e metanol na presença de Catalisador básico (NaOH)

Sorocaba/SP

2024

Chopin de Carvalho da Cunha

Márcio José Sírtori

Otávio Francisco Bernardes

Processo da produção de Biodiesel com óleo de coco e metanol na presença de catalisador básico (NaOH)

Trabalho acadêmico para aprovação na disciplina Pesquisa, extensão e Inovação do curso de Engenharia Química da Universidade de Sorocaba, São Paulo

Orientador: Prof. Dra. Ana Carolina de Oliveria Plens

Sorocaba/SP

2024

[Carvalho, Chopin. Sírtori, Márcio. Francisco, Otávio.].
Nº Cutter [Processo da produção de biodiesel com óleo de coco e metanol na presença de Catalisador básico (NaOH) — [2024].
[qtd. de folhas] f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – [UNISO], [Sorocaba], [2024]

1. [Biodiesel]. 2. [Produção do biodiesel]. 3. [Condições do mercado atual]. I. Processo da produção de biodiesel com óleo de coco e metanol na presença de Catalisador básico (NaOH.

CDD [número da CDD].

Processo da produção de Biodiesel com óleo de coco e metanol na presença de Catalisador básico (NaOH)

Chopin de Carvalho da Cunha

Márcio José Sírtori

Otávio Francisco Bernardes

Trabalho de conclusão decursoapresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Enquenharia Química pela Universidade Cidade de Soroca (UNISO).

Aprovado em: _____/_____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Orientador
Ana Cararolina de Oliveira Plens

_____

Membro da Banca
Camila Augusta Arakaki

_____

Membro da Banca
Maria Eduarda Lousada Gonçalves

_____

RESUMO

Em 1973 com a crise do petróleo surgiu a necessidade de buscar alternativas energéticas, como o uso de óleo vegetal em substituição ao diesel, visando reduzir a poluição. O Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) foi uma das respostas, embora veículos comerciais ainda continuassem a depender do diesel. Atualmente, há um forte interesse em combustíveis renováveis. O biodiesel surge como uma alternativa real aos derivados do petróleo, visando reduzir a poluição atmosférica. Com potencial para ocupar uma grande parte do mercado futuro, o biodiesel representa uma nova fase para a agroindústria, envolvendo a produção de diversos produtos e subprodutos. No entanto, sua implementação eficaz requer investimentos em toda a cadeia produtiva para desenvolver tecnologias de alta qualidade, competitivas e sustentáveis. O trabalho proposto visa explorar futuras pesquisas voltadas para a produção de biodiesel, com foco na sustentabilidade econômica e social. Busca-se utilizar matérias-primas disponíveis em pequena escala industrial, mas com potencial para estudos, análises de rendimento e possíveis aplicações futuras.

Palavras-chaves: Petróleo. Biodiesel. Sustentabilidade. Potencial

ABSTRACT

Around the end of 1973, the oil industry faced a crisis that significantly affected importing countries like Brazil. The need for alternative energy sources arose, such as the use of vegetable oil as a substitute for diesel, aiming to reduce pollution. The National Alcohol Program (PROALCOOL) was one response, although commercial vehicles still relied on diesel. Currently, there is a strong interest in renewable fuels. Biodiesel emerges as a real alternative to petroleum derivatives, aiming to reduce atmospheric pollution. With the potential to occupy a large portion of the future market, biodiesel represents a new phase for the agro-industry, involving the production of various products and by-products. However, its effective implementation requires investments throughout the production chain to develop high-quality, competitive, and sustainable technologies. The proposed work aims to explore future research focused on biodiesel production, focusing on economic and social sustainability. The goal is to use raw materials available on a small industrial scale, but with potential for future studies, yield analyses, and possible applications.

Keywords: Petroleum. Biodiesel. Sustainability. Potential.

Índice de figuras

Figura 1- Reação de Transesterificação.....16

Figura 2 – Fruta oleaginosa 19

Figura 3 – Morfologia do Coco.....20

Figura 4 – Máquina de Extração do Óleo de coco.....22

Figura 5 – Balanço de massa reação de transesterificação 29

Figura 6 – Balanço de massa reação de transesterificação 30

Figura 7 – Densidade aparente experimento um 32

Figura 8 – Densidade aparente experimento dois 33

Figura 9 – Densidade aparente experimento três.....33

Figura 10 – Espectro infravermelho das três amostras 35

Figura 11 – Espectros no infravermelho para amostras de óleo diesel e de ésteres metílicos de óleo de soja.....36

Indice de Tabelas

Tabela 1- Normas e limites para a especificação do biodiesel.....15
Tabela 2 - Conteúdo de óleo em frutos.....20
Tabela 3 -Cadeia e % de ácidos graxos.....21
Tabela 4 – Rendimento Prático.....31
Tabela 5 – Rendimento Real.....31
Tabela 6 – Densidade do biodiesel obtido de diferentes origens.....32
Tabela 7 – Densidade aparente dos experimentos.....34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 Crise do Petróleo 11
1.2 Combustíveis Renováveis 11
1.3 Iniciativas Futuras 11
2 JUSTIFICATIVA 12
3. OBJETIVO 12
3.1 Objetivos específicos 13
3.1.1 Obtenção de um combustível sustentável 13
3.1.2 Permitir a produção de combustível barato e eficiente 13
3.1.3 Contribuição a iniciativas de pesquisas 13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
4.1 Biodiesel 13
4.1.1 Definição característica e comparação 13
4.1.2 Características físico-químicas 14
4.2 Produção de Biodiesel 16
4.3 Condições do Mercado atual 17
4.4 Matéria-Prima 19
4.4.1 Características do fruto 19
4.4.2 Concentração de ácidos graxos no óleo de coco 20
4.4.3 Extração do óleo de coco 21
4.4.4 Sustentabilidade vantagens e desafios da utilização do óleo de coco 22
4.5 Reatores Biodiesel 23
4.6 Tratamento de Efluente 24
4.6.1 Tipos de Tratamentos 24
4.6.2 Tratamentos eletroquímico 25
4.6.3 Tratamentos biológicos 25
5 METODOLOGIA **26**
5.1 índice de acidez e % ácido oléico 26
5.2 Processo reação de transesterificação 27
6 RESULTADO E DISCUSSÃO **28**

6.1 Caracterização do Índice de acidez do óleo de cocô..... 28

6.2 Rendimento reação de transesterificação..... 29

6.2.1 – Rendimento teórico 29

6.2.2 – Rendimento prático em laboratório..... 30

6.2.3 – Rendimento real..... 31

6.3 Caracterização do biodiesel 32

6.3.1 Densidade aparente 32

6.3.2 Espectrômetro Infravermelho 34

7 CONCLUSÃO..... 37

8 REFERÊNCIAS..... 37

1 INTRODUÇÃO

1.1 Crise do Petróleo

Por volta no final de 1973, a indústria produtora do petróleo sofreu uma crise, prejudicando vastamente todos os países importadores desse combustível fóssil, principalmente os que se encontravam em desenvolvimento como o Brasil. Desde então, pensar em alternativas para a obtenção de energias foi crucial para o desenvolvimento energético. Uma delas foi a utilização do óleo vegetal substituindo o óleo diesel, sendo menos poluente e por ter um grande poder calorífico. Para combater a crise deu-se ao do Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL), entretanto os veículos de âmbito comercial, como caminhões por exemplo, ainda continuaram a utilizar o diesel como combustível.

1.2 Combustíveis Renováveis

Atualmente, a procura por combustíveis renováveis tem sido abordada de forma intensa, surgindo o biodiesel como alternativa real em relação a utilização de derivados do petróleo, visando reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera. Através do seu efeito multiplicador e renovável o biodiesel tem imenso potencial para representar grande parcela do mercado futuro, sendo uma nova etapa para a agroindústria, por envolver a produção de óleos vegetais, álcool e mais os insumos e co-produtos da produção dos ésteres, como a glicerina. Entretanto, a implementação do biodiesel requer uma estrutura organizada de forma a atingir todos os mercados, ganhando assim competitividade.

Para isso são necessários investimentos em todas as áreas da cadeia produtiva do biodiesel para a obtenção de desenvolvimento de novas tecnologias, com intuito de alcançar um produto de qualidade com alto retorno de capital, que além de ter baixo custo, seja renovável, minimizando as atenuações do efeito estufa e possua um nível de biodegradabilidade maior que o diesel em quesito de decomposição (ARAÚJO; CARVALHO; SOUSA; et al 2009).

1.3 Iniciativas Futuras

A partir disso, o presente trabalho tem por prisma dar olhos a possíveis iniciativas de pesquisas futuras, visando a produção do biodiesel tendo como princípio

sustentabilidade econômica e social, na presença de uma matéria prima ausente em escala industrial, mas com pontos positivos para sua reação em bancada, analisando o rendimento e possibilitanto estudos e aplicações futuras ou possíveis inserções.

2 JUSTIFICATIVA

A inciativa da pesquisa sobre a produção desse biocombustível foi estudada pelo seu grande potencial de desenvolvimento e pela contribuição com desenvolvimento econômico e social, diversificação da matriz energética, redução do petróleo (diesel convencional), diminuindo a emissão de gases e poluição da nossa atmosfera, consequentemente, atenuando o processo do efeito estufa.

Em cima dessas condições, como matéria-prima foi utilizado o óleo de coco, sendo óleo de cadeia média de ácidos graxos, atualmente sem aplicação industrial porém encontram-se diversos estudos em desenvolvimento e planta piloto com a utilização dessa matéria-prima que tem demonstrado um rendimento considerável em suas reações de tranesterificações.

Para dar inicío a reação de transestereficação foi utilizado o reagente metanol para síntese do biodiesel, justificando-se essa escolha devido a sua viabilidade econômica no decorrer de todo o processo, pois ainda que o etanol tenha um custo menor no mercado, contudo, para ser competitivo com o metanol, seu preço precisaria ser por volta de 25% menor do que encontra-se atualmente, haja vista seu consumo especifico ser por volta 40% maior.

Como catalizador, utiizamos o hidróxido de sódio, tendo sua escolha embasada de acordo com a viabilidade econômica pois, no mercado possui preço inferior aos demais catalizadores em especial aos catalizadores ácidos, e por possuir acréscimo na velocidade da reação muito superior aos catalizadores de caráter ácido.

3. OBJETIVO

Produzir um biodiesel utilizando o óleo de coco como nossa matéria-prima, etanol e hidróxido de sódio como catalisador.

3.1 Objetivos específicos

3.1.1 Obtenção de um combustível sustentável

Os objetivos do presente estudo podem ser também destacados na premissa de produzir um combustível que permita a baixa degradação ambiental, implementando recursos de replantio da matéria prima, inibindo a poluição atmosférica com baixos índices de lançamentos de agentes nocivos na atmosfera e água, todavia, consolidando a nova tecnologia visando atender a demanda por energia as gerações presentes e futuras.

3.1.2 Permitir a produção de combustível barato e eficiente

Não menos importante, visamos obter um combustível alicerçados na viabilidade econômica, utilizando matéria prima com baixo preço no mercado, optando por reagentes econômicos e, por fim, sintetizando um combustível com bom rendimento na reação de transesterificação.

3.1.3 Contribuição a iniciativas de pesquisas

Em razão dos prejuízos causados ao meio ambiente pelos combustíveis fosseis, fundamentados nos novos paradigmas mundiais de redução de poluentesatmosféricos, o presente trabalho visa contribuir com informações que atendam a expectativa de promoção e produção de combustível que permita a renovação de energia sustentável no Brasil e no mundo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Biodiesel

4.1.1 Definição característica e comparação

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Bicombustível (ANP) o biodiesel tem por definição um composto de ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de materiais graxos, de gorduras de origem vegetal(oleaginosas) ou animal. Atualmente o biodiesel é

composto por triglicerídeos (livre de enxofre aromático) e diesel sendo classificado como: B, a ausência de enxofre no biodiesel pode diminuir a sua capacidade de lubrificação, mesmo sendo prejudicial ao meio ambiente e a saúde o enxofre tem propriedades que ajudam a luibrificação dos componentes do motor. A produção do biodiesel com boas propriedades de lubrificação é essencial para garantir que ele possa ser usado de maneira eficienete e segura em motores juntamente fracionado ao diesel moderno (BAESSO; et al, 2016).

Hoje no brasil ocorre discussão sobre o aumento da proporção de biodiesel no óleo diesel comercializado no Brasil tem gerado disputa entre agronegócio e setor de energia. Atualmente, o biodiesel representa 14% da composição do diesel produzido a partir do petróleo e a expectativa é que esse número chegue a 20% até 2030. (Alecssandra; et al, 2024)

Além de ser totalmente compatível com o diesel do petróleo em praticamente todas as suas propriedades, o biodiesel ainda apresenta diversas vantagens quando comparado com o combustível fóssil:

- O biodiesel é biodegradável, renovável e não tóxico. Por sua vez o biodiesel se degrada quatro vezes mais rápido do que o óleo diesel.
- O biodiesel é derivado de matérias-primas renováveis de ocorrência natural, reduzindo assim nossa atual dependência sobre os derivados do petróleo e preservando as suas últimas reservas.
- O biodiesel puro ou em mistura com o óleo diesel produz menos fumaça e materiais particulados.
- O biodiesel é praticamente isento de enxogre e compostos aromáticos. O biodiesel reduz as emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos aromáticos.
- O biodiesel aumenta a lubricidade do motor, o qual prolonga sua Vida útil. A redução do teor de enxofre no óleo diesel reduz sua lubricidade, o qual, pode ser corrigida pela adição de biodiesel ao óleo diesel.
- O biodiesel apresenta maior índice de cetano em relação ao óleo diesel, sendo melhor a combustão do biodiesel num motor a diesel (CARDOSO; et al, 2020).

4.1.2 Características físico-químicas

As características físicas e químicas do biodiesel variam de acordo com

a matéria-prima utilizada para a obtenção do combustível. No entanto, conforme a Resolução ANP 07 de 19/03/2008, o biodiesel puro (B100) a ser misturado ao diesel de petróleo na proporção de 5% deve atender às especificações descritos na norma para qualquer fonte de matéria-prima. Assim, os limites de alguns parâmetros físico-químicos a atender estão listados na Tabela 1. Quando enquadrados nesses limite, o biodiesel poderá ser usado na maioria dos motores modernos sem modificação e manterá o mecanismo, a durabilidade e a confiabilidade do motor.

Tabela 1 – Normas e limites para especificação do biodiesel.

Tabela 1 - normas e limites para especificação do biodiesel B100				
Característica	**unidade**	**limite**	**ABNT NBR**	**IN/ISO**
Massa especifica a 20°C	Kg/m^3	850-900	7148; 14065	EN ISO 3675
Viscosidade cinemática a 40°C	mm^2/s	3,0-6,0	10441	EN ISO 3104
Ponto de fulgor	°C	100,00	14598	EN ISO 12662
corrosividade ao cobre a 3h; a 50°C	-	1	14359	EN ISO 2160
Índice de acidez	mg KOH/g	0,50	14448	-
Estabilidade à oxidação a 110°C	h	6	-	EN 14112 (10)
Densidade	g/cm^3	0,86 a 0,90	-	-

A viscosidade cinemática e a densidade são propriedades fundamentais de combustível para motores diesel e afetam diretamente as características de desempenho do motor. Características de desempenho como número de cetano e poder calorífico estão relacionadas à densidade.

A seguir são apresentadas as propriedades físico-químicas para a qualidade do biodiesel, tais como, viscosidade, densidade, número de cetanos, ponto de fulgor, ponto de fluidez, ponto de névoa (ZUNICA; et al, 2011).

- Viscosidade: A maioria dos fluidos aumenta sua viscosidade com o decréscimo da temperatura. O diesel mineral e o biodiesel apresentam o mesmo comportamento da viscosidade em função da temperatura. Elevações da viscosidade podem ser acompanhadas por transições para comportamento não-newtoniano. Mudanças nas propriedades reológicas de escoamento podem restringir a passagem do fluido.
- Densidade: A densidade do biodiesel, ligeiramente superior à

do óleo diesel convencional, exerce efeito direto sobre o desempenho do motor. possui valor variável entre 0,86 e 0,90 g/cm3, dependendo da composição de ácidos graxos e sua pureza.

- Número de cetano: O número de cetano médio está relacionado com a qualidade da ignição do motor, seu valor para o biodiesel produzido no Brasil é 60, enquanto para o diesel mineral ocorre variação entre 48e 52. Por essa razão, a combustão do biodiesel é mais eficiente em motor diesel do que a combustão do próprio diesel mineral.
- O ponto de fulgor: No biodiesel, quando completamente isento de metanol ou etanol, é superior à temperatura ambiente, significando que o combustível não é inflamável nas condições normais de transporte, manuseio e armazenamento, servindo inclusive para ser utilizado em embarcações.
- Ponto de fluidez: Pode ser definido como a mais baixa temperatura em que o líquido escoa livremente. O ponto de fluidez do biodiesel é mais elevado devido maior quantidade de ácidos graxos saturados (ZUNICA; et al, 2011)

4.2 Produção de Biodiesel

A produção do biodiesel ocorre através do processo de transesterificação, coforme (Figura1), a partir de matérias-primas como óleos vegetais, gorduras animais, óleos alimentares usados.

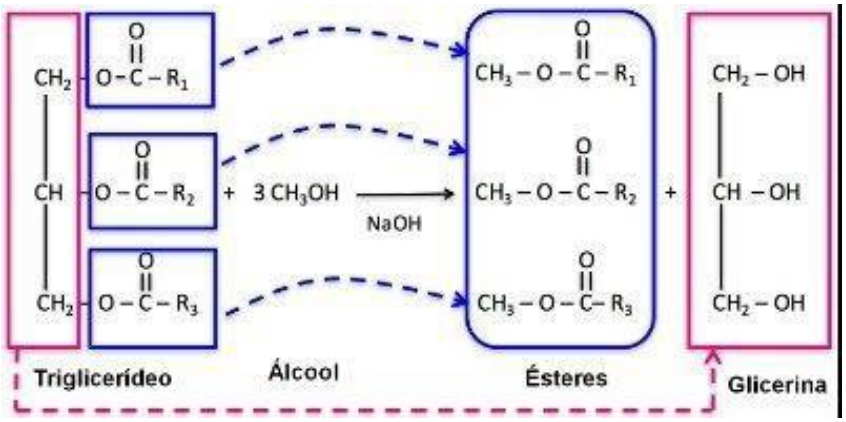

Figura 1- Reação de Transesterificação.

A partir desse processo, tem-se a preocupação de garantir a qualidade do

biocombustível que, seja aceito no mercado e de forma competitiva, mantendo os padrões de qualidade do produto. As características físico-químicas, são fundamentais para garantir a qualidade do biodiesel, estabelecendo-as em acordo às normas de especificação vigentes, objetivando teores e limites fixos e parametrizados dos contaminantes, para que não venham prejudicar seu desempenho funcional e atendam às exigências nacionais e mundiais para ter sua aplicação em motores de combustão interna e, em misturas fracionadas ao diesel convencional proveniente do petróleo. As etapas operacionais em sua cadeia produtiva como, condições da matéria-prima empregada, produção, condições de armazenamento, transporte e comercialização, serão relevantes e fundamentais para que o biodiesel atinja suas características físico-químicas nos conformes, (SERVERGNINI, 2014).

Em âmbito nacional visando as condições do mercado, o Brasil é considerado um país em alta quando a pauta é produção do biodiesel, além de apresentar solo propício para cultivo de diversas variedades de oleaginosas.

Para que a produção de biodiesel ocorra de forma eficiente, as reações de transesterificação e esterificação, devem acontecer na presença de um estímulo. A catálise tem como objetivo aumentar a velocidade de reação de um processo sendo utilizada como um catalisador a biomassa básica, sendo atualmente a forma mais empregada para o processo da reação do biodiesel, (CARDOSO, TS, SANTOS; et al 2020). Os catalisadores normalmente usados (NaOH, KOH, etc.) são agressivos ao meio ambiente e necessitam dependendo da ocasião de uma etapa de neutralização e um manuseio adequado para destinação de qualquer residual.

4.3 Condições do Mercado atual

Atualmente a premissa da produção do Biodiesel no cenário mundial vem para solucionar a problemática ambiental e sendo inserida cada vez mais na visão econômica e social de um país. Dessa forma, a diversificação de fontes de energia se torna indispensável para qualquer país desenvolvido, visando o desenvolvimento de sua economia e o crescimento em uma base sólida de sustentabilidade, com diversificação da matriz energética em fonte renovável (SOUSA; et al, 2018).

O cenário de geração de energia do mundo encontra-se cada vez mais em avanços e buscas de conhecimentos para diversificação de matrizes de energia

renovável. Desse modo, O biodiesel surge através de uma combustão limpa, atuando como um biocombustível renovável, que vem sendo fracionado ao diesel convencional de forma gradual ao decorrer dos anos, com objetivo de a priori limitar o consumo de combustíveis fósseis e contribuir para a diminuição de gases, poluentes, consequentemente, efeito estufa. Nessa perspectiva, tivemos em meados de 2005 pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel a implementação, tornando- se realidade a produção do Biodiesel no nosso país (COSTA; PEREIRA; et al, 2020).

O mercado de inserção do biodiesel puro encontra-se em desenvolvimento tecnológico no brasil e é considerado novo em escala industrial, encontrado mais em pesquisa e desenvolvimento como testes em bancada ou planta piloto. Em escala industrial existe a aplicação em misturas, como citado anteriormente, não tendo aplicação somente dele para funcionamento de motores a combustão.

Foi lançado em dezembro de 2004 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Depois de elaborado o BNDES, um marco regulatório que deu iniciativa a criação do Programa de Apoio a Investimentos em Biodiesel, quando a mistura de 2% de biodiesel no diesel estava se tornando natural. Posteriormente, em 13 de janeiro de 2005, foi sancionada a Lei 11.097, que permitiu definitivamente a mistura de 2% de biodiesel no diesel e estipulou prazo de três anos para a mistura se tornar obrigatória e colocou o biodiesel na matriz energética brasileira. Por fim em 2013, oito anos após a publicação da lei, o percentual mandatório de mistura se tornou 5%. Atualmente o biodiesel encontra-se fracionado no diesel convencional numa mistura de 14%. (Alecssandra; et al, 2024)

Mundialmente, o principal mercado de biodiesel encontra-se na Europa. A França, que é líder a anos do mercado, foi substituída pela Alemanha nos últimos anos. A Europa tem interesse no biodiesel porque a frota de automóveis a diesel é significativa. Além disso, a participação de veículos a diesel na frota vem numa tendência significativa de crescimento. A frota de automóveis nos EUA, por sua vez, é basicamente de automóveis a gasolina. As normas para emissões são mais restritas no EUA que na Europa, o que faz com que somente os motores turbo-diesel tenham mais possibilidades de participarem nesse mercado no futuro. Os EUA têm investido principalmente na produção de etanol, porque o custo de sua produção é menor do que o do biodiesel e porque o mesmo substitui a gasolina que tem grande mercado. Mesmo assim, em um contexto de margem de preços altos e

restrições ambientais em alguns estados, a produção de biodiesel tem crescido nos EUA. Outro mercado promissor é o asiático. Grandes consumidores de combustível e grandes produtores de óleos vegetais na Ásia têm se interessado pelo biodiesel e já criaram incentivos para a mistura com o diesel (PRATES; PIEROBON; COSTA; et al 2007).

4.4 Matéria-Prima

4.4.1 Características do fruto

A demanda por combustíveis renováveis face aos combustíveis fósseis tem aumentado de maneira exponencial nos últimos anos no Brasil e no mundo. Dentre as matérias primas com característica de biomassa, os frutos com grandes quantidades de matéria oleaginosa têm despertado o interesse dos pesquisadores.

O coco como matéria-prima escolhida (contendo óleo de coco essencial) se enquadra nos padrões essenciais para o processo de reação do biodiesel, tendo em vista, o Brasil ser um país privilegiado em extensão territorial e mais que isso, pelo seu clima tropical, o qual permite o cultivo de plantas oleaginosas dentre elas, o coco que, abundantemente tem uma produção em larga escala na região litorânea, em especial a nordestina, que abrange desde a costa do Para até o Espirito Santo, sendo uma fonte de energia limpa e renovável.

O coco é uma fruta oleaginosa, rica em ácidos graxos, tendo a sua polpa, mais precisamente no seu endosperma, uma quantidade superior a 60% de óleo, portanto, é um fruto com grande quantidade de óleo contendo ácidos graxos que serão

utilizados diretamente na produção do biocombustível (BALACHANDRAN; et al 1985).

Figura 2- Fruta Oleaginosa (Fonte: Adaptado de Araujo, G. et al).

O coco é constituído de várias partes, entretanto, a maior concentração do óleo está no seu endosperma, (polpa do fruto), conforme elencamos na figura abaixo:

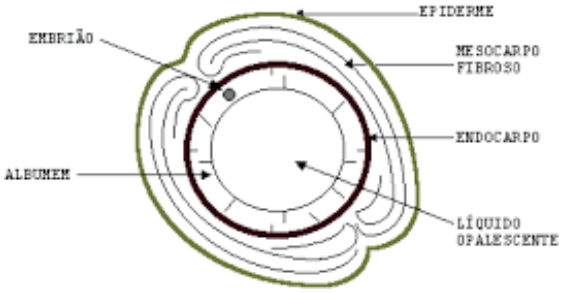

Figura 3 – Morfologia do Coco (Fonte: Adaptado de Fremond et. Al).

- Embrião: semente germinativa que se localiza dentro do albúmem

- A epiderme é a parte mais externa do coco, podendo ser verde, amarelada ou avermelhada de acordo com a espécie de planta.

- O mesocarpo, também é denominado de casca, podendo ser fibroso, da qual podem ser retirados fibras e podem ser comercializadas como matéria prima de outros utensílios e o pó utilizado no comercio agrícola.

- O endocarpo também chamado de coque, corresponde a uma casca dura que protege a parte consumida como alimento, por vezes utilizada como combustível em caldeiras.

- O albúmen ou albúmen sólido corresponde a castanha branca, sendo a parte mais consumida do coco e comercializada como coco ralado, leite de coco e comercio alimentício em geral. O líquido opalescente, também conhecido como albúmen líquido ou popularmente como água de coco, é a parte líquida do fruto consumida in natura ou envasada por indústrias, ocupando 3/4 do volume da cavidade central (CALLADO; PAULA, 1999)

4.4.2 Concentração de ácidos graxos no óleo de coco

Tabela 2: Conteúdo de óleo em frutos
Fonte: Própria

Conteúdo de óleo em alguns frutos	
Material oleaginoso	*Percentual de óleo*
Coco	*66 - 68*

Babaçu	*60 - 65*
Girassol	*35- 45*
Soja	*12-20*

O óleo de coco apresenta uma concentração rica em ácidos graxos, (ácidos carboxílicos de cadeia longa com mais de 12 carbonos), tendo como principais, o ácido láurico e o mirístico, conforme ilustrado na figura logo abaixo:

Tabela 3 – Cadeia e % de ácidos graxos
Fonte: Almeida, (2017); Fryle e Solomons, (2015).

Tipos de ácidos graxos/Número de atomos de carbono	***%ácidos graxos***	***Saturação***	***Tamanho da cadeia***
Capróico	*0-1*	*Cadeia saturada*	*Cadeia curta*
Caprílico	*5-7*		*Cadeia média*
Cáprico	*7-9*		
Láurico	*40-50*		
Mirístico	*15-20*		*Cadeia longa*
Palmítico	*9-12*		
Esteárico	*2-4*		
Palmítico	*0-1*	*Cadeia insaturada*	
Oléico	*6-9*		
Linoleico	*0-1*		

Tendo como reagente o óleo de coco, espera-se a obtenção de biodiesel com ésteres de cadeias longas.

4.4.3 Extração do óleo de coco

A extração do óleo de coco pode ocorrer em 3 etapas principais, a saber: trituração, processamento e filtração.

A trituração consiste em cortar o fruto em pedações menores e, posteriormente, prensando os pequenos pedaços a fim de obter a massa oleaginosa. Em média consegue extrair-se por este método mecânico, aproximadamente 80 % de todo o óleo existente no fruto (LOURENÇO, et. al).

Por último, esse material é filtrado a fim de obter o óleo livre de material sólido.

A seguir, ilustramos um dos equipamentos utilizados na extração do óleo:

Figura 4- Máquina de Extração do Óleo de coco.

Fontel: https://pt.made-in- china.com/co_zzhonest/product_Castor-Oil-Extraction-Machine-with-High-Production_euouhrsey.html Acesso em 03 de março de 2024.

4.4.4 Sustentabilidade vantagens e desafios da utilização do óleo de coco

O óleo de coco como matéria prima na produção de biodiesel é totalmente sustentável pois, como energia limpa, não agride o meio ambiente de igual forma aos combustíveis fosseis e possui fácil reposição, tendo em vista, conforma já mencionado anteriormente, o País possuir clima tropical que permite melhor cultivo desse tipo de planta.

Ainda no que se relaciona a sua sustentabilidade, o fruto é um material não prejudicial ao meio ambiente, sendo de fácil decomposição e, na seara ambiental, o biodiesel demonstra um bom percentual de emissões de CO2 na atmosfera por volta de 78% em comparação ao combustível fóssil.

Não menos importante, os demais gases provenientes da queima do biodiesel possuem uma menor quantidade de outras substâncias nocivas à saúde, como o monóxido de carbono, benzenos e dióxidos de enxofre (AGARWAL; et al, 2007).

Outro fator preponderante consiste na característica do óleo de coco apresentar grande quantidade de ácidos graxos de cadeia média e longa, permitindo o melhor rendimento do biocombustível.

Entretanto, também existem desafios, como variações na qualidade do óleo de coco devido a fatores sazonais e geográficos, bem como questões relacionadas à competitividade com outros usos do óleo de coco, como na indústria de alimento.

4.5 Reatores Biodiesel

Em processo de produção do biodiesel, o reator químico é o equipamento crucial já que neles teremos as reações em meio catalítico ou enzimático por exemplo, se for meio enzimático são considerados biorreatores. Em cima disso, pode-se dizer a existência de grande variedade de reatores com características diversas, porém para a aplicação temos que determinar a melhor aplicabilidade, classificando os reatores com alguns critérios (SILVA, 2011).

1) Tipo de operação, podendo ser operado de forma contínua (entrada e saída do produtofinal, sem etapas acontece ao mesmo tempo) e descontínua (etapas, bateladas) e semicontínuo (um processo que temos etapas contínuas e descontínuas).

2) Número de fases: Homogêneo e heterogêneo.

3) Característica do projeto, por exemplo os reatores de tanque, tubular ou coluna, de acordo com as características do processo.

No processo de produção do biodiesel podemos utilizar diversos reatores com operação e configuração diferente, porém no mercado são encontrados mais frequentemente, os reatores de tanque de leito fixo, com operação contínua e descontínua, reatores tubulares, com operação contínua. Em cima disso, diferentes configurações de reatores têm sido usadas e aplicadas no estudo do biodiesel, por exemplo num estudo com aplicação enzimática como a lipases, os reatores de leito fixo (PBR), são os mais utilizados. Esse tipo de reator encontramos maior área superficial por unidade de volume, para que ocorra o processo de reação em comparação a um reator de membrana e os reatores de leito fixo é cineticamente mais favorável que os reatores contínuos com agitação. Portanto, os reatores de leito fixo vêm sendo implementados com grande sucesso na síntese enzimática de biodiesel a partir de diferentes matérias-primas (óleos) (SILVA, 2011).

Entretanto, tem-se uma redução da eficiência da ação da enzima ao acumular o glicerol (nosso subproduto da reação) no leito catalítico, uma vez que a adsorção de compostos polares causa limitações e inibição da lipase, devido a formação de uma camada hidrofílica ao redor da enzima, o que dificulta o acesso ao substrato hidrofóbico e afeta a eficiência do catalisador no sistema. Para superar estas dificuldades, vem sendo abordado diversos estudos e estratégias para

remover o glicerol e não o deixar acumular, entre as quais pode ser destacada a utilização de colunas extratoras com resinas, por exemplo a resina Lewatit GF 202, que em estudos já mostrou eficiência comprovada na metanólise contínua na aplicação da matéria- prima óleo de soja (SILVA; RAMOS; TEIXEIRA; CASTRO, 2014)

4.6 Tratamento de Efluente

4.6.1 Tipos de Tratamentos

Na produção do biodiesel após a reação de transesterificação, o glicerol é removido por decantação, ocorrendo a separação do mesmo com os ésteres gerados, portanto, para atender as premissas de qualidade do biodiesel é necessário a realização da etapa de purificação que seria basicamente uma lavagem aquosa no produto, para a remoção de qualquer parcela de residual no biodiesel.

Após finalizar o procedimento de lavagem, a água irá remover qualquer catalisador (maior parcela é utilizado catalisador básico), sabões, sais, metanol e glicerina livre do biodiesel. A partir, do crescimento da produção de biodiesel em escalas industriais e utilizando o processo convencional (transesterificação com catalisador alcalino), surge-se a necessidade de tratar os efluente, devido a elevada geração durante este processo produtivo e possuir um alto valor de pH gerado dos residuais do catalisador alcalino, possuindo alto teor de sólidos e óleos da matéria-prima, e com isso, a junção desses componentes irão inibir a proliferação dos micro-organismos, resultando numa dificuldade de esse efluente degradar de forma natural. A partir disso, tem-se que garantir que no processo terá as características dentro dos padrões de lançamento de

efluentes presentes na Resolução CONAMA nº 357 de 17/6/2005 (MENESES; VASCONCELOS; FERNANDES; ARAÚJO, 2012).

Segundo Suehara et al. 2012, em um processo de transesterificação, para cada 100 L de biodiesel produzido, são gerados 20 L de efluente; conforme Kolesárová et al. 2014, dependendo da escolha do método de lavagem até 300 L de efluente podem ser gerados para cada 100 L de biodiesel produzidos. De Boni et al. 2013, verificaram que são necessários no mínimo 3 L de água para cada litro

de biodiesel produzido, Granjeiro também utilizou 3 L de água deionizada para lavagem de 1 L de biodiesel”(MENESES; VASCONCELOS; FERNANDES; ARAÚJO, 2012).

Em cima, de todas essas informações pode-se dizer que a necessidade é imprescindível em uma escala industrial de seguirem de acordo com as especificações para tratamento de efluentes, a partir disso, segue os tipos de tratamentos encontrados em processos produtivos.

4.6.2 Tratamentos eletroquímico

Aplicação de um processo de eletrocoagulação, onde se realiza teste com ânodo e cátodo, onde os eletrodos são conectados em uma rede de alimentação de corrente contínua, é acompanhado diversas variáveis como o pH inicial, concentração inicial e final dos teores dos óleos, sólidos suspensos, concentração do glicerol e metanol e pH final para descarte do efluente (ROMERO; LEITE; EGUILUZ, SALAZAR- BANDA; et al 2011).

4.6.3 Tratamentos biológicos

Normalmente esse residual encontra-se em condições que atenua a proliferação e o crescimento microbiano, como por exemplo, baixa concentrações de hidrogênio, pH elevado e baixa quantidade de nutrientes requeridos para o crescimento microbiano, para evitar que ocorra a eutrofização daquele local, tem que entrar no sistema pequenas concentrações de hidrogênio, podendo ser providas de (sulfato de amônio, cloreto de amônio ou ureia), extrato de levedura, di-hidrogenofosfato de potássio (KH_2PO_4) e sulfato de magnésio hidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$).

O tratamento ocorre onde coloca-se uma levedura com o objetivo principal de degradar o óleo, determina-se o pH e concentração inicial da levedura e uma proporção de carbono e nitrogênio adequado naquele sistema. O efluente é tratado diluído em um reator certas proporções que mostrou mais eficiência a degradação do óleo no efluente diluído. A partir disso, quanto maior o tempo de alimentação daquele reator reflete diretamente no aumento da remoção da carga orgânica (ROMERO; LEITE; EGUILUZ, SALAZAR-BANDA; et al, 2011).

4.6.4 Tratamento físico-químico

Para o tratamento físico químico de efluentes, utiliza-se principalmente ensaios de floculação (Jar Test) com adição de um floculante específico, mostra-se grandes impactos os tratamentos químicos realizados com sulfato ferro e sulfato de alumínio como floculante ($FeSO_4$ e $Al_2(SO_4)_3$). Em estudos e experimentos mostrou grande eficiência ao remover os sólidos suspensos do efluente, porém os componentes como metanol glicerol não é removido totalmente daquele sistema.

Levando em consideração os tratamentos citados, não conseguimos obter tratamento total dos contaminantes e resíduos do efluente, por isso temos diversos estudos viabilizando o uso de tratamentos combinados para atingir uma melhor performance e eficiência de degradação superiores (ROMERO; LEITE; EGUILUZ, SALAZAR-BANDA; et al, 2011).

5 METODOLOGIA

5.1 índice de acidez e % ácido oléico

Nesta etapa, o objetivo é investigar a acidez visando atender as normas brasileiras, em especial determinar a acidez do óleo.

O óleo utilizado em nosso processo de produção do biodiesel foi da marca COPRA industria alimenticia Ltda, óleo de coco extravirgem extraído da polpa do coco, seus príncipios nutricionais são: não hidrogenado e refinado, prensado a frio, sem adição de conservantes e aditivos e sem colesterol, como os óleoos vegetais.

Iniciando, pesou-se 7,0 gramas da amostra em um enlermeyer de 250 mL, em seguida foi adicionado 75 mL de etanol 96° GL. As amostras foram agitadas para a completa dissolução do etanol e em seguida, adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína 1%, agindo como indicador.

No tocante as titulações, estas foram realizadas utilizando-se de solução de NaOH 0,1 molar até a amostra atingir uma coloração levemente rósea, por no mínimo, 15 segundos.

5.2 Processo reação de transesterificação

Para a obtenção do biodiesel, adquirimos o óleo e côco extra-virgem da marca copra. Foi selecionada a rota metílica, utilizando o metanol em excesso em relação ao óleo de coco como reagente, hidróxido de sódio como catalizador, adaptando a metodologia proposta por (Geris; et.al, 2007).

a-) Preparação do Metóxido de sódio:

Inicialmente, foi preparada a solução de metóxido de sódio, adicionando 1,5g de NaOH em 35 ml de metanol, sob agitação constante, em temperatura aproximada de 45,0ºC, até a completa dissolução do reagente alcalino.

b-) Aquecimento do óleo de coco e reação de transesterificação:

Concomitantemente, foi aquecido o óleo de coco extra virgem até a temperatura aproximada de 50,0ºC, para que, em seguida, fossem misturadas as soluções sob temperatura de 45,0ºC, mediante agitação constante pelo tempo de 25 minutos, com o objetivo de permitir a reação de transesterificação.

c-) Separação das fases

Após a mistura dos reagentes, foi transferida a solução para um funil de decantação, aguardando a completa separação das fases por tempo aproximado de 15 minutos, observando a sobreposição do biodiesel em relação ao produto de fundo, contendo a fase mais densa constituída por sabões, glicerol, água e excesso do álcool.

Ato seguinte, foi retirado o material mais denso utilizando-se de uma proveta para observação do volume produzido.

d-) Lavagem ou remoção dos catalizadores:

Após a retirada do produto mais denso e medido seu volume, foi realizada a lavagem em meio ácido, adicionando 50 mL de solução aquoso de HCL 0,5%, agitando por 5 minutos, deixando decantar por outros 5 minutos, removendo a fase aquosa como resíduo.

Para garantir a remoção, utilizou-se a repetição do método, agora com 50 mL de solução saturada de NaCl e ao final, com 50 mL de água destilada, em derradeiro analisando o pH da última lavagem para comprovar a sua neutralidade.

e-) Retirada da umidade do biodiesel

Por último, para remoção da umidade contida no biodiesel, foi adicionado 2g de sílica agitando pelo tempo de 10 minutos e em seguida, transferindo para uma proveta de 100 mL deixando em repouso para sedimentação da sílica.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização do Índice de acidez do óleo de cocô

Segundo a metodologia estudada para caracterização do indice de acidez, foi necessário os seguintes dados para realização dos cálculos:

V - volume gasto de hidróxido de sódio (NaOH) na titulação;

N – Normalidade ou Molaridade da solução de NaOH;

F – Fator de correção da solução de hidróxido de sódio (NaOH);

Formulas:

$$\%\ de\ ácido\ óleioco = \frac{V\ x\ N\ x\ F\ x\ 28{,}2}{Peso\ da\ amostra}$$

Índice de Acidez (mg de KOH)= % Àcido óleico x 1,99

Dados Experimento:

V= 0,15ml;

N= 0,1 Mol/L;

F= 0,9646

Peso da amostra = 7g de óleo

Cálculo Indice de Acidez:

$$\%\ de\ ácido\ óleioco = \frac{0{,}15ml\ x\ \frac{0{,}1mol}{L}\ x\ 0{,}9646\ x\ 28{,}2}{7g} = \mathbf{0{,}058}\%$$

Índice de Acidez (mg de KOH)= 0,058% x 1,99 = **0,0115 mg KOH / g**

Especificações:

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a porcentagem de ácidos livres no oléo no geral não deve-se ultrapassar de 0,9% para o consumo humano e em termos práticos para aplicação em biocombustíveis, os derivados da soja principal matéria-prima utilizada na produção de biodiesel não

deve-se ultrapassar a 0,3% de acido oléico.

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) / 481/2021 da ANVISA, o índice de acidez do óleo de coco deve se encontrar no limite máximo de 4 mg KOH/g.

Sendo assim, o oléo de coco utilizado no experimento para reação de tranesterificação encontra-se nos padrões para aplicação no processo de produção, segundo a legislação.

6.2 Rendimento reação de transesterificação

6.2.1 – Rendimento teórico

Para um reação teoricamente com 100% de eficiência, pode ser demonstrada pela balanço de massa a seguir:

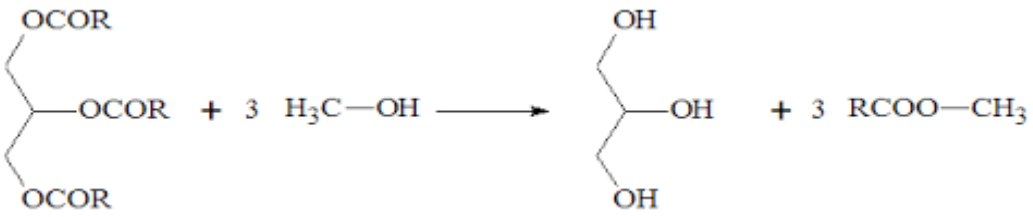

Figura 5 – Balanço de massa reação de transesterificação.

878g 96g 92g 882g

Na pratica, utilizamos 100g do óleo e obtivemos de acordo com a média da triplicata, 25 ml de Biodiesel, tendo o triglicerídeo como reagente limitante.

Sabendo que a densidade do óleo de coco é de 0,92 g/ml, para cada 100 gramas do óleo, temos:

D= m/v

M= dxv

M = 0,92 * 100 = 92gde óleo de coco.

Para uma análise pratica, com 100% de conversão, teríamos:

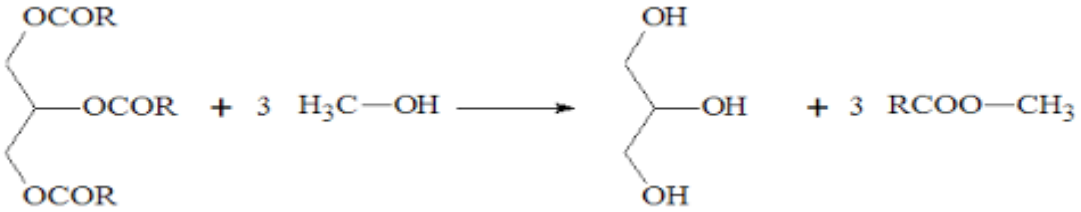

Figura 6 – Balanço de massa reação de transesterificação.

92g 92,4g

6.2.2 – Rendimento prático em laboratório

Primariamente, importante ressaltar que realizamos e registramos 03 resultados de experimentos. Como abaixo pode se observar, destacamos que a caracterização do produto está de acordo com as normas da ANP, contudo, há um grande desvio padrão entre os resultados, tendo em vista a falta de homogeneização dos procedimentos e também, a falta de equipamentos adequados para a adequação continua da temperatura e agitação dos reagentes e solução reacional após a mistura.

Foi calculado o rendimento do biodiesel com a finalidade de calcular a eficiência ou viabilidade de utilização do óleo de coco na reação de transesterificação para produção do biodiesel.

O rendimento do biodiesel foi determinado calculando-se a massa do biodiesel produzida após a reação, em relação a massa do óleo de coco utilizada.

Para este objetivo, utilizamos a equação abaixo:

% RB : MB/MO(g) x 100

Onde:

MB: massa do biodiesel

MO: Massa do óleo

RB: Rendimento do biodiesel.

Utilizando-se do cálculo acima, no experimento citado, obtivemos as seguintes pesagens e, consequentemente a seguinte média expressa no quadro abaixo:

Tabela 4 – Rendimento Prático.

Volume do óleo (mL)	Massa do óleo: (m= dxV) (g)	Massa do biodiesel (g)	Rendimento %: MB/MO X 100	Média do Rend. %: R1+R2+R3/3
V1: 100,21	92,19	23,78	25,79	30,97
V1: 100,13	92,12	6,22	6,75	
V3: 100,15	92,14	55,61	60,36	

Conforme demonstrado, seguindo a metodologia adotada e, utilizando-se dos recursos no laboratório, obtivemos em média o rendimento em massa de 31,0% do biodiesel.

6.2.3 – Rendimento real

Enquanto no rendimento teórico consideramos a quantidade em gramas produzida sem qualquer desvio ou seja, com uma taxa de conversão dos reagentes em 100% no produto esperado, e no rendimento pratico o que realmente se obteve na pratica laboratorial, o rendimento real se apoia na razão entre o resultado pratico e o teórico.

No presente experimento, obtivemos 03 resultados de experimentos, considerando o resultado teórico de 92,4g de produção de biodiesel, (item 6.2.1), temos os seguintes resultados título de rendimento real:

Tabela 5 – Rendimento Real.

Massa do biodiesel teórico (MBt): (g)	Massa do biodiesel no experiento prático MBp(g)	Rendimento %: MBp/MBt X 100	Média do Rend. %: R1+R2+R3/3
92,40	23,78	25,74	30,88
92,40	6,22	6,73	
92,40	55,61	60,18	

De acordo com os autores da metodologia utilizada, obtiveram o resultado por volta de 81,0%, em seus experimentos, em contraste de 88,0% da mesma metodologia utilizada por Rabelo (Rabelo, Apud, Geril et al.)

Entretanto, devido aos fatores expostos como falta de homogeneização de temperatura e agitação, o rendimento real em relação a uma reação 100% eficaz obteve um índice de 31% de rendimento

Por derradeiro, importante destacar que, o tamanho da molécula e as insaturações determinam o ponto de fusão dos óleos vegetais, incluindo o óleo de coco. Quanto maior a cadeia, maior o número de cetano, influindo diretamente na

sua combustão e lubricidade.

Concernente as insaturações, quanto maior for o número delas, mais instável quimicamente será a molécula, permitindo sua quebra através da catálise básica, favorecendo o rendimento da reação.

6.3 Caracterização do biodiesel

6.3.1 Densidade aparente

Segundo a pesquisa sobre “Propriedade Físico-químicas de diferentes biodiesel”, realizado por, (Zuniga; Romero; Coimbra; et al, 2011) , a densidade de diferentes biodiesel varia em torno de 0,86 a 0,90 g/cm^3 (Tabela 4), dependendo da composição de ácidos graxos e sua pureza.

Tabela 6 - Densidade do biodiesel obtido de diferentes origens.

Origem do biodiesel	Densidade (g/ cm^3)	Referência
Soja	0,88	Alptekin e Canakci, 2008
Farelo de arroz	0,88	Lin et al., 2009
Algodão	0,88	Alptekin e Canakci, 2008
Babaçu	0,88	Lima et al., 2007
Palma	0,86	Mundstein, Gonçalves e Mota, 2007
Mamona	0,917	Mundstein, Gonçalves e Mota, 2007
Girassol	0,88	Alptekin e Canakci, 2008
Milho	0,88	Alptekin e Canakci, 2008
Canola	0,88	Alptekin e Canakci, 2008
Pinhão Manso	0,86-0,88	Patil e Deng, 2009
Karanja	0,88-0,89	Patil e Deng, 2009

Nesse trabalho, foi realizado uma triplicata para validação da metodologia realizada e caracterização da produção do biodiesel, segue as seguintes densidades obtidas:

Experimento 1

Figura 7 - Densidade Aparente - Experimento um.

Em um volume de 27ml de biodiesel obtemos uma massa de 23,79g, calculando:

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m}{v} = \frac{23{,}79\ \text{g}}{27\ \text{ml}} = 0{,}8811\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

Experimento 2

Figura 8 - Densidade aparente - Experimento dois.

Em um volume de 7,1 ml de biodiesel obtemos uma massa de 6,22g, calculando:

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m}{v} = \frac{6{,}22\ \text{g}}{7{,}1\ \text{ml}} = 0{,}8746\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

Experimento 3

Figura 9 - Densidade aparente - Experimento três.

Em um volume de 63 ml de biodiesel obtemos uma massa de 55,63g, calculando:

$$\boldsymbol{\rho = \frac{m}{v} = \frac{55{,}63\ \text{g}}{63\ \text{ml}} = 0{,}8825\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

De acordo com as densidades de diferentes biodieseis embasada para validação desse trabalho, pode-se dizer, que pela caracterização por densidade aparente o biodiesel produzido com óleo de cocô nos experimentos realizados atenderam a densidade e encontra-se no limite embasado, conforme (tabela 7).

Tabela 7- Densidade aparente dos experimentos.

Experimentos	Densidade Aparente (Biodiesel Óleo de cocô)
1	0,8881
2	0,8746
3	0,8825

E para embasarmos na produção real com essa matéria prima, em cima da iniciativa realizado por (G.S Araújo; et al, 2009) foi encontrado a densidade do biodiesel produzido a partir do óleo de coco em 0,85927g/cm^3

6.3.2 Espectrômetro Infravermelho

Os espectrômetros FTIR permitem a identificação de compostos químicos por meio da irradiação de um feixe de luz infravermelha em uma amostra e, na sequência, a medição da quantidade de luz e os comprimentos de onda absorvidos. O padrão de absorção (espectro) fornece informações sobre a composição química da amostra (Alisson; Elton, 2018).

Para a análise em questão, o objetivo principal é identificar e localizar os

picos/bandas característicos do biodiesel para que seja analisado quais os compostos químicos presentes, assim, averiguar a estrutura molecular e funcionalidade dos compostos. Na pratica, foi usado o modelo: SPECTRUM 100 FT-IR Spectrometer da empresa PerkinElmer (2009), e antes de ser analisado as amostras, foi realizado a calibragem do equipamento, nisso feito o scanner, do ambiente para que haja interferências externas no resultado. Finalizado essa etapa, pingou-se uma gota da amostra 1 com uma rodagem de 16 varreduras.

Esse procedimento foi repetido mais duas vezes com as outras duas amostras, respectivamente. Por fim, obtivemos como resultado o gráfico abaixo:

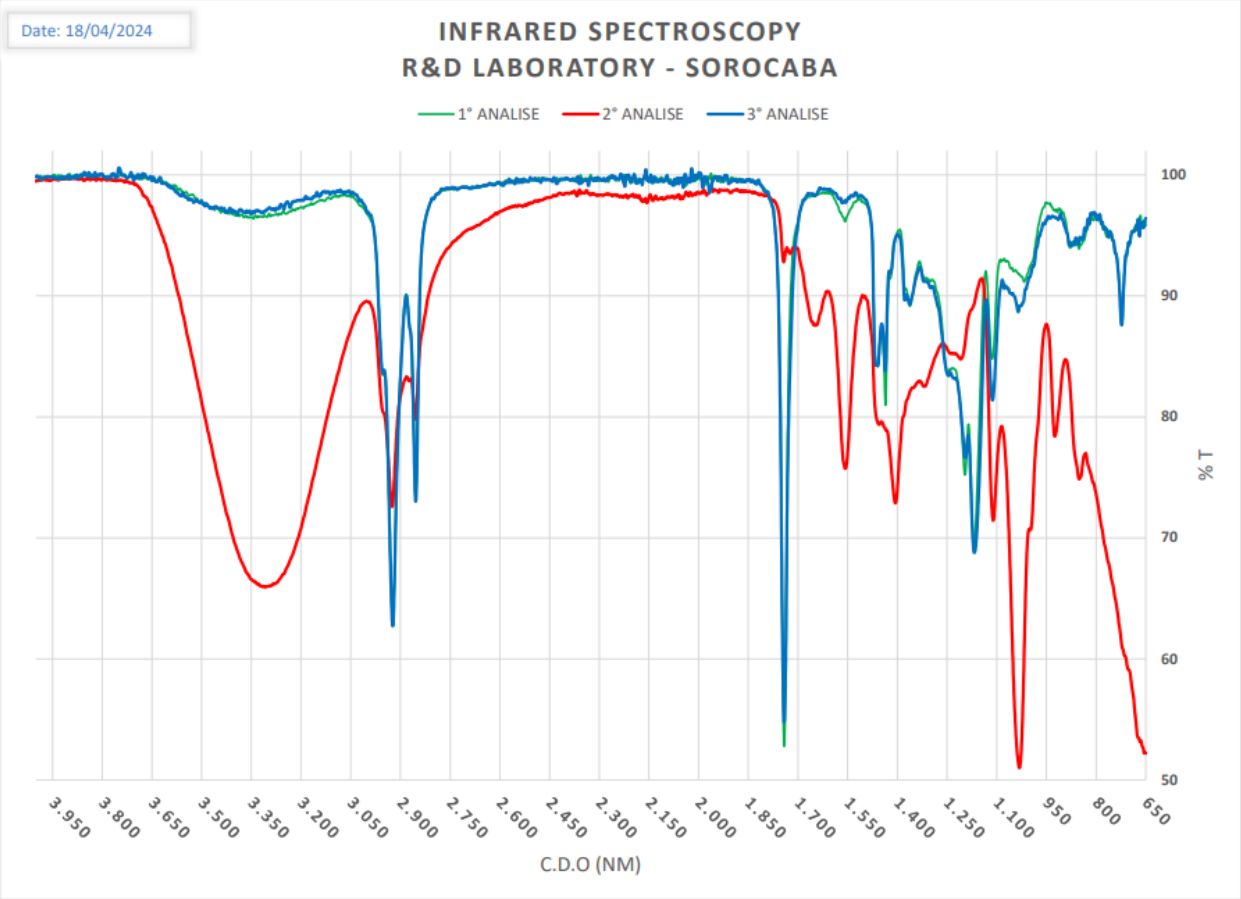

Figura 10: espectro de infravermelho das 3 amostras. Fonte Própria.

A figura mostra, à guisa de comparação, os espectros de infravermelho das três amostras produzidas e sobrepostas uma a outra. Note que a amostra 2 ocorreu uma distorção maior em relação as outras amostras possuindo uma banda bem arredondada entre os comprimentos de onda de 3.050 e 3.500 cm^-1 identificando que há a presença de ligações do grupo hidroxila (O-H) muito característico em álcoois, também um pico acentuado na região de 2.950 a 2.800 cm^-1 identificando a

presença de ligações (C-H) e também um ruído muito forte no final do gráfico, isso se deu pela interferência considerável da temperatura durante a produção laboratorial, não havendo o controle mais minucioso, e assim, produzido glicerina e agua incorporada ou que não reagiu corretamente.

As curvas 1 e 3 são bem semelhantes, tendo dois picos de comprimento de onda na região de 2.950 a 2.800 cm^-1 identificando a presença de ligações C-H, um pico bem acentuado na região de 1.750 cm^-1 é própria de ésteres alifáticos saturados, mostrando a que dentro da amostra possui o grupo funcional da carbonila (C=O) e tendo um ruído no final bem inferior comparado a amostra 2. Dentre os dados obtidos e comparados com:

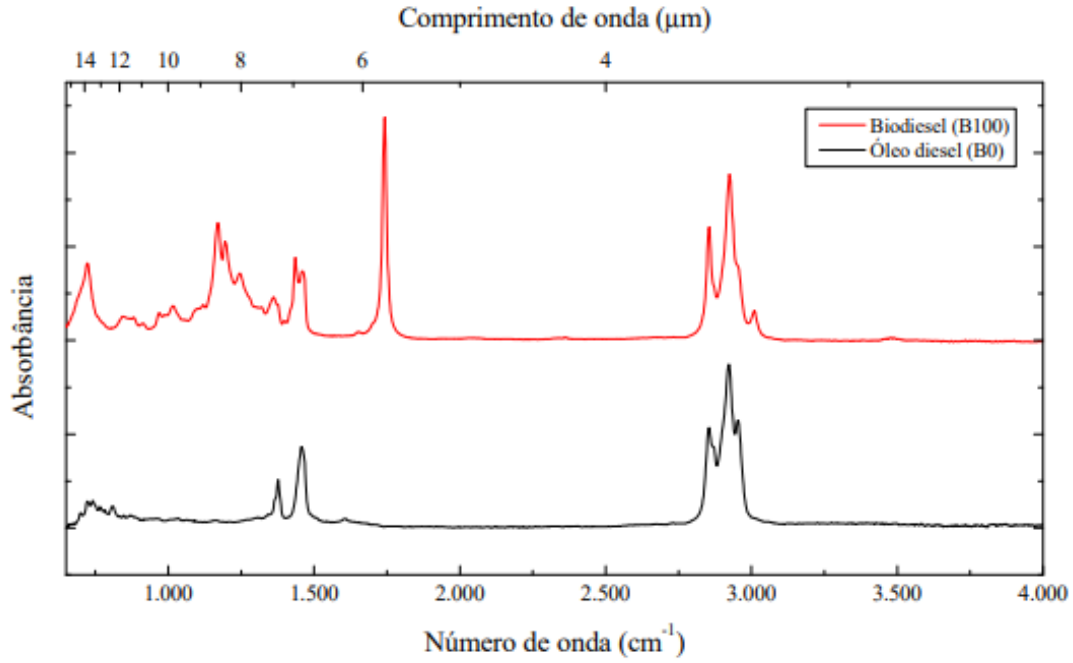

Figura 11: Espectros no infravermelho para amostras de óleo diesel e de ésteres metílicos de óleo de soja.

Fonte: Aliske, Marcelo Adriano (2010).

O espectro de infravermelho do biodiesel exibido na Figura 11, assim como o do óleo diesel, também contém bandas de absorção associadas aos modos vibracionais característicos de alcanos normais. Presentes nas regiões já acenadas para o óleo diesel, essas bandas acabam diferindo pela posição e intensidade. Verifica-se no espectro do biodiesel a ocorrência de absorção de fraca intensidade em regiões que correspondem a modos vibracionais típicos de alquenos. Desse modo, a banda ao redor de 1.655 cm-1 pode ser atribuída às vibrações de deformação axial

da ligação C=C, e a banda em cerca de 3.010 cm-1 às vibrações de deformação axial da ligação C–H da ligação dupla. A banda de absorção bastante intensa que aparece na região de 1.735 a 1.750 cm-1 é própria de ésteres alifáticos saturados, e se deve às 40 vibrações de deformação axial da ligação C=O (grupo carbonila). Adicionalmente, convém sublinhar a presença de bandas de forte absorção na região de 1.000 a 1.300 cm-1, que são atribuídas às vibrações de deformação axial da ligação C–O (Aliske, Marcelo Adriano; 2010).

Assim, concluímos que, quando se comparada a análise das 3 amostras junto com a literatura (a curva vermelha da figura 11), os picos em formato de “espadas” são muito semelhantes, deduzindo que foi produzido o biodiesel com uma precisão muito segura.

7 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos nesse resultado experimental, embasado nessa metodologia de aplicação, pode-se dizer que as variabilidades encontradas nas triplicatas ocorreram devido a manipulação e controle da temperatura e agitação em nosso processo de produção do biodiesel.

Pois foi realizado em uma simulação de um banho-maria e sua temperatura não é completamente controlada e a agitação operada em um agitador magnético, com isso, não temos controle ideal de quantos RPM ocorreu em cada experimento e também sem um eficiente controle nas eventuais oscilações de temperatura, devido a isso, os resultados, rendimentos, bandas do IR, encontra-se nessa variabilidade.

Para isso, pontos de melhoria para as demais iniciativas, seria a manipulação ideal da temperatura, um banho termostático seria uma alternativa eficiente, e um controle real de agitação, seguindo e manipulando essa variáveis no procedimento, pode-se afirmar que teriamos resultados mais próximos.

O objetivo dessa iniciativa é dar visibilidade para esse mercado, o qual possui base sólida em sustentabilidade e contribuir para estudos cientifícos mais aprofundados sobre esse tema.

8 REFERÊNCIAS

Cardoso, TS, Santos, RA dos, Costa, RTT da, Aviz, EO de, Araújo, JF de, Silva, AP da, Freitas, MCC de, & Correia, LM. Uma revisão da utilização de métodos heterogêneos para a produção de biodiesel/ Uma revisão do uso de

catalisadores heterogêneos para a produção de biodiesel: Iniciativa da Revista Brasileira de Ciência Aplicada. Páginas 4 (1),240–276, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.34115/basrv4n1-016. Acesso em: 03 out. 2023.

Costa, A. S. V. da S. V. da., & Pereira, C. A. F. Análise técnico-social da produção de biodiesel no Brasil e no desenvolvimento agrícola do norte de Minas Gerais: Iniciativa debate DRd - Desenvolvimento Regional Em Debate, Minas Gerais. Páginas 10, 789–809, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2885. Acesso em 03/10/2023 e 05/03/2024.

DE, Almeida Aldenyr Pontes. Etanólise do óleo de coco: estudo das variáveis de processo: Iniciativa do TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Etanólise do Óleo de Cocal: Estudo das Variáveis de Processo, Alagoas. Páginas, 80 f, 2010. Disponível em: http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/1281. Acesso em: 03 nov. 2023.

G. S. Araújo; CARVALHO, R. H. R.; SOUSA, E. M. B. D. de. Produção de Biodiesel a partir de Óleo de Coco (Cocos nucifera L.) Bruto: Iniciativa da Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Páginas, 10 f, 2009. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/3/G.%20S.%20Araujo%20-%20Resumo%20Exp.pdf. Acesso em: 02 nov. 2023.

Geris et al, Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/5RCVpxvN94V8bFnpv8sJSLJ/?lang=pt# Acesso em: 03 nov 2023.

Lopes et al, Biodiesel de soja: AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO E DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA DE BIODIESEL A PARTIR DE ROTA METÍLICA , 2007. Disponível em: https://www.abq.org.br/enquis/2021/trabalhos/134/22413-23657.html Acesso

em: 03 nov 2023.

PALOMINO-ROMERO, Joel A.; LEITE, Otávio M.; EGUILUZ, Katlin I. Barrios; SALAZAR-BANDA, Giancarlo R.; SILVA, Daniel P.; CAVALCANTI, Eliane B. Tratamentos dos efluentes gerados na produção de biodiesel: Iniciativa da Dissertação (Doutorado), Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Universidade Tiradentes, Aracaju. Páginas 20 f., 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100- 40422012000200025. Acesso em: 05 nov. 2023.

PRATES, Cláudia Pimentel T.; PIEROBON, Ernesto Costa; COSTA, Ricardo Cunha da. FORMAÇÃO DO MERCADO DE BIODIESEL NO BRASIL: Iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Industrial e Comércio Exterior, Rio de Janeiro. Páginas 27 f, 2007.Disponível em:https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2528/1/BS%2025%20Forma%c3%a7%c3%a3o%20do%20mercado%20de%20biodiesel%20no%20brasil_P.pdf. Acesso em: 02 nov. 2023.

SILVA, Benedito Inácio da. Análise e projetos de reatores químicos: Iniciativa da Biblioteca 24 Horas, São Paulo. Páginas 409 p, 2011. Disponível em:https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=uKZvSLkz2_sC&oi=fnd&pg=PA15&dq=Produ%C3%A7%C3%A3o+de+biodiesel+reatores&ots=pDZ850Cbwb&sig=yWeGqDKMme Zf89FIKQ1iK1FIO7A#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 03 nov 2023.

SILVA, W. Costa; RAMOS, L.; TEIXEIRA, L. F.; CASTRO, H. F. de. SÍNTESE ENZIMÁTICA DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE COCO EM REATORES DE LEITO FIXO, DOIS ESTÁGIOS, INCORPORANDO UMA COLUNA EXTRATORA DE GLICEROL: Iniciativa da Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena, Departamento de Engenharia Química (Eel- Usp), Florianópolis. Páginas 7 f, 2014. Disponível em: https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/ 1227-20390-179075.pdf. Acesso em: 03 nov. 2023.

SOUSA, Francisco das Chagas de. AS FALHAS NAS PREMISSAS DO

PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL: Iniciativa da Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis. Páginas v. 1, n. 1, p. 206-215, 2018. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7270/4197. Acesso em: 03 out. 2023.

MENESES, Janaina M. de; VASCONCELOS, Robelsa de Fátima; FERNANDES, Thalys de Freitas; ARAÚJO, Gilmar Trindade de. TRATAMENTO DO EFLUENTE DO BIODIESEL UTILIZANDO A ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO: INVESTIGAÇÃO DOS PARÂMETROS OPERACIONAL: Iniciativa da Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. Páginas Quim. Nova, Vol. 35, No. 2, 235-240, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/dV97QQjpmpvzM8JpXZ9b8pJ/. Acesso em: 01 Mar. 2024.

SEVERGNINI, K. INFLUÊNCIA DA CADEIA PRODUTIVA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO BIODIESEL: Iniciativa da Unoesc & Ciência ACET, Ed 5(1). Páginas 65–72, 2014. Disponível em: htttps://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/2136. Acesso em: 01 Mar. 2024.

Aline Cristine BAESSO, Brenda Mendes Munhoz de AZEVEDO, Dionê Andrade de ALVARENGA, Farihan Ihsan El MALT, Cleide Barbieri de SOUZA. Produção de biodiesel: inciativa da universidade do conhecimento científico. Páginas v. 13, n. 30, 2016. Disponível em: http://revista.lusiada.br/index.php/ruep/article/view/635/u2016v13n30e635. Acesso em: 02 Mar. 2024.

TOMASSI, A. C. Prospecção tecnológica sobre a utilização de óleo de coco para produção de biodiesel: Iniciativa do Embrapa. Porto Alegre, 2014. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de- publicacoes/-/publicacao/995621/prospeccao-tecnologica-sobre-a-utilizacao-de-oleo-de-coco-para-producao-de-biodiesel. Acesso em: 04 de Mar. 2024.

RIBEIRO, Livia Maria de Oliveira. Estudo do processo de produção de biodiesel de óleo de coco catalisado enzimaticamente: Iniciativa da. Dissertação de Mestrado, UFAL, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maceió, Alagoas. Página 72, 2010. Disponível em: Estudo do processo de produção de biodiesel de óleo de coco catalisado enzimaticamente.pdf (ufal.br). Acesso em 03 Mar. 2024.

PINHO, Ana, SOUZA, Aline. Extração mecânica de óleo de coco (cocos nucifera L.): Inciativa da revista Perspectivas Online: Biológicas & Saúde. Páginas v. 8, n 26, 9-18, 2018. Disponível em: (PDF) EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO (Cocos nucifera L.) (researchgate.net) Acesso em 03 Mar. 2024.

AGARWAL, A. K. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines: initiative Progress in Energy and Combustion Science. Páginas v. 33, p. 233-271, 2007.

PINHO, Ana, SOUZA, Aline. Extração mecânica de óleo de coco (cocos nucifera L.): Iniciativa da revista Perspectivas Online: Biológicas & Saúde. v. 8, n 26, p.9-18, 2018. Disponível em: (PDF) EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO (Cocosnucifera L.) (researchgate.net). Acesso em 03 Mar. 2024.

CALLADO, N. H.; PAULA, D. R. Gerenciamento de resíduos de uma indústria de processamento de coco: Iniciativa do estudo de caso: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Páginas 1937–1946,1999. Disponível em: http://search.bvsalud.org/cvsp/resource/pt/rep-42156 Acesso em 03 Mar. 2024.

Balachandran, F. M.; Arumughan, C.; Mathew, A. G. Distribution of major chemical constituents and fatty acids in different regions of coconut endosperm: Iniciativa da revista J. Am. Oil Chem. Soc. Páginas 1583- 6, 1985.

Zuniga; Romero; Coimbra; et al. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL: iniciativa da revista pesticidas de r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba. Páginas v. 21, 2011. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/viewFile/25939/17311. Acesso em: 17/04/2024.

FERNANDO, M.F.M et al. Produção de biodiesel em escala laboratorial: Inciativa do estudo com ferramenta de ensino interdisciplinar de engenharia focado no controle de processos industriais, 2012. Disponível em : https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_stp_166_965_21035.pdf Acesso em: 08 de Abril de 2024.

Geril et al, Biodiesel de soja: Iniciativa do estudo sobre reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/5RCVpxvN94V8bFnpv8sJSLJ/?lang=pt# Acesso em: 03 nov 2023.

Lops et al, Biodiesel de soja: Iniciativa do estudo sobre AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO E DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA DE BIODIESEL A PARTIR DE ROTA METÍLICA
, 2007. Disponível em: https://www.abq.org.br/enquis/2021/trabalhos/134/22413-23657.html Acesso em: 03 nov 2023.

MATIAS, Alecssandra et al. Aumento do biodiesel no diesel convencional. Jornão da USP, SP, 2024. “Setor” do Site. Disponível em: https://jornal.usp.br/radio-usp/aumento-do-biodiesel-na-composicao-do-oleo-diesel-gera-discussoes/#:~:text=A%20discuss%C3%A3o%20sobre%20o%20aumento%20da%20propor%C3%A7%C3%A3o%20de,que%20esse%20n%C3%BAmero%20chegue%20a%2020%25%20at%C3%A9%202030. Acesso em: 07/06/2024.