

Neima Lino Queface

**Geração de Biodiesel a partir da Biomassa Residual do Amendoim**

Licenciatura em Ensino de Química com Habilitação em Ensino de Biologia

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

Neima Lino Queface

**Geração de Biodiesel a partir da Biomassa Residual do Amendoim**

Monografia científica a ser apresentada na Faculdade de Ciências Naturais e Matemática, curso de Ensino de Química para a obtenção do grau académico de Licenciatura em Ensino de Química com Habilitação em Ensino de Biologia.

**Supervisor:**

Mestre Alberto Arnaldo Boane, MSc.

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

## Índice

|  |     |
|--|-----|
| Lista de Figuras e Tabelas.....                                    | i   |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos .....                     | ii  |
| Declaração de honra.....   | iii |
| Dedicatória .....  | iv  |
| Agradecimentos .....   | v   |
| Resumo .....   | vi  |
| CAPÍTULO I .....   | 1   |
| 1.0. Introdução .....  | 1   |
| 1.1. Problematização.....  | 2   |
| 1.2. Justificativa da Escolha do Tema e Relevância do Estudo ..... | 3   |
| 1.3. Objectivos da Pesquisa .....                                  | 4   |
| 1.3.1. Objectivo Geral.....  | 4   |
| 1.3.2. Objectivos Específicos.....                                 | 4   |
| 1.4. Perguntas Científicas .....                                   | 4   |
| 1.5. Hipóteses.....  | 4   |
| 1.6. Delimitação do Tema.....                                      | 5   |
| CAPÍTULO II.....   | 6   |
| 2.0. Fundamentação Teórica.....                                    | 6   |

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Oleaginosas .....  | 6  |
| 2.2.1. Amendoim.....  | 7  |
| 2.2.1.1. Óleo de Amendoim.....  | 8  |
| 2.3. Extração de Óleos Vegetais .....                                   | 9  |
| 2.3.1. Extração por solvente.....                                       | 9  |
| 2.4. Análise do Óleo Vegetal .....                                      | 11 |
| 2.4.1. Índice de Iodo .....   | 11 |
| 2.4.2. Índice de Acidez .....   | 11 |
| 2.4.3. Índice de Saponificação .....                                    | 12 |
| 2.5. Biodiesel .....  | 12 |
| 2.5.1. Processos de produção do Biodiesel a partir das Oleaginosas..... | 13 |
| 2.5.1.1. Transesterificação.....  | 14 |
| 2.5.1.1.1. Variáveis do Processo de Produção do Biodiesel.....          | 17 |
| CAPÍTULO III.....   | 19 |
| 3. Metodologia de Pesquisa .....  | 19 |
| 3.2. Local de Colheita da Amostra.....                                  | 19 |
| 3.3. Método e Tipo de pesquisa .....                                    | 20 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolha de dados.....                   | 21 |
| 3.5. Procedimento de Colheita e Conservação da Amostra .....            | 22 |
| 3.6. Fases do Trabalho .....  | 22 |

|  |    |
|--|----|
| 3.7. Parte Experimental.....   | 22 |
| 3.7.1. Desenho Experimental do Trabalho.....   | 23 |
| 3.7.2. Descrição do Trabalho Experimental.....   | 23 |
| 3.7.2.1. Determinação do Teor de Humidade, Cinza e Matéria Mineral (ST, SF e SV).....  | 23 |
| a) Teor de Humidade.....   | 23 |
| b) Teor de Cinza.....  | 24 |
| c) Matéria Mineral (ST, SF e SV).....  | 24 |
| 3.7.2.2. Extração por solvente e determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação do óleo da Biomassa residual do amendoim extraído..... | 26 |
| a) Índice de Iodo .....  | 26 |
| b) Índice de Acidez .....  | 27 |
| c) Índice de Saponificação .....   | 28 |
| 3.7.2.3. Produção do Biodiesel .....   | 29 |
| CAPÍTULO IV.....   | 31 |
| 4. Apresentação e Discussão dos Resultados.....  | 31 |
| 4.2. Resultados da análise do Teor de Humidade, Teor de Cinza, Matéria Mineral (ST, SF e SV), Carbono Fixo e Poder calorífico superior .....   | 31 |
| 4.3. Resultados da Extração por Solvente e determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação.....   | 32 |
| 4.4. Resultados da Produção do Biodiesel .....   | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 4.5. Resultados da análise da potencialidade do óleo da Biomassa residual do amendoim para a produção de Biodiesel.....           | 34 |
| CAPÍTULO V.....   | 36 |
| 5. Conclusões.....  | 36 |
| 5.2. Recomendações.....   | 37 |
| 6.0. Referências Bibliográficas.....  | 38 |
| APÊNDICES.....  | 42 |
| Apêndice I – Guião de Experiências.....   | 43 |
| Apêndice II – Resultados da determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação do óleo da Biomassa residual do amendoim ..... | 49 |

## Lista de Figuras e Tabelas

### Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Biomassa Residual do Amendoim.....                                   | 8  |
| Figura 2: Esquema da extração em Soxhlet.....                                  | 10 |
| Figura 3: Reação de Transesterificação.....                                    | 14 |
| Figura 4: Reações envolvidas na Transesterificação de Triacilglicerídios.....  | 15 |
| Figura 5: Reacção de Saponificação.....  | 16 |
| Figura 6: Fluxograma geral do processo de produção do Biodiesel.....           | 16 |
| Figura 7: Localização geográfica do Mercado Grossista do Zimpeto.....          | 19 |
| Figura 8: Determinação do teor de humidade.....                                | 24 |
| Figura 9: Determinação do teor de cinza.....                                   | 24 |
| Figura 10: Determinação de MM (ST, SF e SV).....                               | 25 |
| Figura 11: Extração por Solvente do Óleo da Biomassa residual do Amendoim..... | 26 |
| Figura 12: Determinação do índice de iodo.....                                 | 27 |
| Figura 13: Determinação do índice de acidez.....                               | 27 |
| Figura 14: Determinação do índice de saponificação.....                        | 28 |
| Figura 15: Processo de produção do Biodiesel.....                              | 29 |
| Figura 16: Formação de sabão durante o processo de Produção do Biodiesel.....  | 30 |

### Lista de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Composição em ácidos graxos do óleo de amendoim.....  | 8  |
| Tabela 2: Caracterização do óleo de amendoim.....   | 12 |
| Tabela 3: Equações usadas na determinação do Teor de Humidade, Cinza e Matéria Mineral (ST, SF e SV), Carbono Fixo e Poder Calorífico Superior..... | 25 |
| Tabela 4: Fórmulas usadas na determinação do índice de iodo, acidez e saponificação.....  | 28 |
| Tabela 5: Apresentação dos resultados da determinação do Teor de Humidade, Cinza, MM (ST, SF e SV), Carbono fixo e Poder calorífico superior.....   | 31 |
| Tabela 6: Apresentação dos resultados da determinação do Índice de Iodo, acidez e saponificação.....  | 32 |
| Tabela 7: Resultados da determinação do Índice de Iodo.....   | 49 |
| Tabela 8: Resultados da determinação do Índice de Acidez.....   | 49 |
| Tabela 9: Resultados da determinação do Índice de Saponificação.....  | 49 |

**Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos**

**ANP** – Agência de Petróleo, Gás Natural, e Biocombustíveis

**FCNM** – Faculdade de Ciências Naturais e Matemática

**h** – Horas

**H<sub>1</sub>** – Hipótese Verdadeira

**g** – Gramas

**MM** – Matéria Mineral

**min** – Minutos

**ml** – Mililitros

**pH** – Potencial de hidrogénio

**%** – Porcento

**ST** – Sólidos Totais

**SV** – Sólidos Voláteis

**SF** – Sólidos Fixos

**SO<sub>x</sub>** – Óxidos de Enxofre

**Declaração de honra**

Eu, Neima Lino Queface, declaro por minha honra que o presente Trabalho de Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações feitas pelo meu supervisor. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final de acordo com as normas estabelecidas pela Universidade Pedagógica de Maputo.

Declaro também que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Dezembro de 2022

---

(Neima Lino Queface)

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho em especial com muito amor e gratidão a minha amada mãe Hortência João Cossa, por ser a razão das minhas vitórias, pela educação e pelo apoio irrestrito durante toda a jornada, pois, é graças ao seu esforço que incansavelmente me tem proporcionado que consegui concluir a licenciatura.

## **Agradecimentos**

A Deus, pelo dom da vida e pela permissão de desfrutar deste momento.

A minha mãe Hortência João Cossa, minha fonte de inspiração, que sempre me auxiliou, investiu e me incentivou na busca dos meus sonhos.

Uma profunda gratidão ao meu supervisor Mestre Alberto Boane pela extrema paciência e orientação.

A toda a minha família em especial aos meus irmãos, Berta Lino Queface e Michel Lino Queface, minha avó Flora José Tsovo e as minhas tias Idora João Cossa e Telma João Cossa, pelo amor, carinho e apoio moral ao longo da minha vida e carreira estudantil.

Ao Técnico do Laboratório dr. Felício Simbine, pela paciência, colaboração, disponibilidade e suporte durante a realização das experiências.

Aos explicadores Augusto Chihale e Valdimiro Chihale pela preparação para o exame de admissão há alguns anos.

A dona Joana Duque dona do estabelecimento do mercado Grossista do Zimpeto que permitiu a recolha da amostra.

A Turma de Ensino de Química do ano 2017 em especial aos colegas Mauro Emídio Pacule e Safira Felisberto Mupatse.

Aos colegas Neves Alfredo, António Banze e Karina Guerreiro pelo auxílio com as fotos e pela companhia durante a realização das experiências.

A todo o corpo docente do Curso de Licenciatura em Ensino de Química e Curso de Licenciatura em Ensino de Biologia da UPM, pelo apoio moral e científico dado durante todo o percurso estudantil até à efectivação do presente trabalho, em especial ao Dr. Basílio Assane.

Aos amigos que seja pela amizade, palavras de ânimo, ou em oração ajudaram em algum momento na elaboração deste trabalho.

E por fim, a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que este trabalho se realizasse...

Muito obrigada!

**Resumo**

Os combustíveis fósseis ocupam grande parte de toda a energia consumida no mundo, actualmente, com o aumento do consumo de energia no mundo, a busca por fontes alternativas tornou-se mais intensa, uma alternativa energética para esse problema, é o uso da Biomassa, que corresponde a uma fonte renovável de energia que não causa grandes impactos ambientais. O presente trabalho de pesquisa que tem como tema: *Geração de Biodiesel a partir da Biomassa Residual do Amendoim*, teve como objectivo central avaliar o potencial da Biomassa residual do amendoim com vista à sua utilização como matéria-prima para a produção de Biodiesel, uma vez que o crescimento na produção de amendoim, provoca o aumento na geração destes resíduos orgânicos. Para tal, a pesquisa recorreu a uma metodologia fundamentada no método experimental com uma abordagem mista, que engloba a pesquisa quantitativa e qualitativa, constituíram técnicas de colheita de dados a pesquisa bibliográfica e a pesquisa laboratorial. A amostra foi colhida no Mercado Grossista do Zimpeto com base em uma amostragem não probabilística, com vista ao alcance dos objectivos previstos caracterizou-se a Biomassa residual do amendoim com base em parâmetros como o Teor de humidade, Teor de Cinzas, Matéria Mineral (Sólidos Totais, Sólidos Voláteis e Sólidos Fixos), Carbono Fixo e Poder Calorífico Superior, de seguida, procedeu-se com a extração do óleo e posterior análise, empregando as metodologias de Índice de Iodo, Acidez e Saponificação que são essenciais para avaliar o potencialidade do óleo para a produção de Biodiesel, com base nas análises feitas, foi possível concluir que a Biomassa residual do Amendoim possui potencial considerável para ser usado como matéria-prima para a produção de Biodiesel.

**PALAVRAS – CHAVE:** Energia, Biomassa residual, Amendoim, Óleo e Biodiesel.

## CAPÍTULO I

### 1.0.Introdução

A energia é vital para o ser humano, sem energia, nada acontece Queirós *et al.*, (2009). A começar pela energia retirada dos alimentos para sua nutrição, desde os primórdios, quando aprendeu a manipular o fogo para cozinhar seus alimentos e se aquecer, o ser humano foi aumentando cada vez mais o seu consumo de energia (FELTRE, 2004).

A energia é o factor determinante para o desenvolvimento de uma sociedade. Como a sociedade do século passado foi contemplada com uma energia barata, a maior parte das pessoas tem a energia como garantida e não tem percepção do seu papel único na sustentabilidade da civilização industrializada (QUEIRÓS *et al.*, 2009).

A maior parte de toda energia consumida no mundo, provém dos combustíveis fósseis. De acordo com Botelho (2012) a análise do cenário energético mundial indica que vivemos em uma situação de elevada dependência dos combustíveis fósseis como fonte de energia.

Segundo Queirós *et al.*, (2009) o modo de vida das sociedades ditas desenvolvidas, só se tornou possível pelo uso dos combustíveis fósseis, que não são mais do que as reminiscências da decomposição de matéria orgânica depositada há milhões de anos sobre rochas sedimentares.

Os combustíveis fósseis, somam aproximadamente 80% na participação da matriz energética mundial Encarnação (2008). Para Queirós *et al.*, (2009:10) actualmente, os combustíveis fósseis satisfazem cerca de 81% das necessidades energéticas primárias, sendo cerca de 2/3 utilizados para a produção de energia eléctrica.

Ao despontar o presente século com a diminuição de reservas de petróleo e crescente conscientização ambiental, a humanidade foi despertada a buscar novas fontes de energia.

Por ser considerada uma fonte de energia limpa e renovável, o interesse na utilização da Biomassa ganhou espaço no mercado de energia, passando a ser considerada uma boa alternativa para a redução da dependência dos combustíveis fósseis.

Tal como afirma Vargas *et al.*, (2017) iniciativas para potencializar o uso de energias renováveis a partir da Biomassa estão cada vez mais em alta, e a produção de biocombustíveis é uma delas, visando reduzir tanto a dependência em derivados do petróleo, quanto a emissão de poluentes.

De acordo com o Relatório Final de Avaliação do potencial de Biocombustíveis em Moçambique, realizada pelo Ministério da Agricultura e Ministério da Energia de Moçambique divulgado em 2008, o país possui um potencial de matéria-prima (resíduos orgânicos diversos) para a geração de Bioenergia (Biodiesel e outros), sendo necessário apenas o desenvolvimento de políticas para o reaproveitamento dessa matéria para a geração de energia limpa (SIQUICE, 2019).

Neste contexto, o presente trabalho, enquadra-se na linha de pesquisa em Química Ambiental e surge no âmbito da contribuição para a descoberta de novas fontes de energia, que sejam limpas e acessíveis, através do reaproveitamento da Biomassa residual do amendoim para a geração de Biodiesel, podendo assim, contribuir significativamente para uma das possíveis formas da redução da dependência dos combustíveis fósseis.

### **1.1.Problematização**

Actualmente, a maior parte da Biomassa residual gerada no mundo tem origem no desperdício de resíduos orgânicos, de acordo com Nhacule (2021) estes resíduos podem causar impactos ambientais se forem dispostos e geridos de maneira inadequada.

A geração excessiva de Biomassa residual e a falta de um plano de gestão adequado dos mesmos, tem se tornando um problema cada vez maior nos mercados da Cidade de Maputo.

No Mercado Grossista do Zimpeto, onde se comercializa vários produtos a grosso, por falta de boas condições de conservação, tem se verificado o descarte de vários produtos alimentares como o amendoim. O descarte do amendoim sem nenhum reaproveitamento é um desperdício, uma vez que o amendoim possui altos índices de óleo que pode ser usado como matéria-prima para produzir Biodiesel.

Segundo Pereira (2015) o amendoim é uma excelente oleaginosa para a produção de Biodiesel, Rudolf Diesel (inventor do motor diesel) demonstrou que era possível a utilização deste óleo empregado directamente em motores de combustão interna.

Com base nisto, torna-se indispensável a avaliação do potencial do óleo da Biomassa residual do amendoim com vista a sua utilização para a produção de Biodiesel como fonte alternativa, renovável e limpa de energia em contraste aos combustíveis fósseis.

Desta forma, surge a seguinte questão de pesquisa:

***Qual é o potencial de geração de Biodiesel a partir do óleo da Biomassa residual do amendoim para fins energéticos?***

## **1.2. Justificativa da Escolha do Tema e Relevância do Estudo**

A escolha do tema, baseou-se no facto de que em Moçambique, uma parte significativa da população se dedica ao cultivo e venda de amendoim, o que contribui na geração de resíduos que podem ser reaproveitados, contribuindo para a sua revalorização.

Os problemas ambientais ocasionados pelo uso indiscriminado dos combustíveis fósseis, resulta num incentivo a busca por novas fontes alternativas de combustíveis, assim sendo, a pesquisa será de grande relevância por tratar de um assunto actualmente debatido sobre o reaproveitamento de resíduos orgânicos e ao mesmo tempo a busca de novas fontes de energia que não comprometam aspectos ambientais.

A pesquisa será de grande contributo em diferentes áreas do saber, tais como:

- **Área ambiental:** a pesquisa será de grande importância, pois, a solução proposta poderá ajudar no reaproveitamento dos resíduos orgânicos como também a minimizar os problemas ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis.
- **Área académica:** nesta área, poderá despertar interesse no estudo das Biomassas residuais, aumentando assim o número de estudos relacionados ao tema e servirá de instrumento de consulta, pois, poderá fornecer informações acerca do potencial da Biomassa residual do amendoim para a produção de Biodiesel.

- **Área social:** a pesquisa poderá contribuir em aspectos sociais, pois, irá despertar o interesse da sociedade em optar pelo reaproveitamento dos resíduos de amendoim em vez do seu descarte e reconhecer a importância que os mesmos apresentam, pois, podem servir de matéria-prima para produzir Biodiesel.

### **1.3.Objectivos da Pesquisa**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

Avaliar o potencial da Biomassa residual do amendoim com vista à sua utilização como matéria-prima para a produção de Biodiesel.

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

- 1) Caracterizar físico-quimicamente a Biomassa residual do amendoim;
- 2) Determinar o índice de iodo, acidez e saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim;
- 3) Analisar a potencialidade do óleo da Biomassa residual do amendoim para a produção de Biodiesel.

### **1.4.Perguntas Científicas**

- 1) Quais são as características físico-químicas da Biomassa residual do amendoim?
- 2) Qual é o valor do índice de iodo, acidez e saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim?
- 3) Será que o óleo da Biomassa residual do amendoim possui potencial para a produção de Biodiesel?

### **1.5.Hipóteses**

- 1) **H<sub>1</sub>:** A Biomassa residual do amendoim apresenta características físico-químicas para a geração de energia.
- 2) **H<sub>1</sub>:** O óleo da Biomassa residual do amendoim possui valores de índice de iodo, acidez e Saponificação consideráveis.
- 3) **H<sub>1</sub>:** O óleo da Biomassa residual do amendoim possui potencial para a produção de Biodiesel.

## **1.6.Delimitação do Tema**

A presente pesquisa se limitará na produção de Biodiesel como forma de avaliar o potencial do óleo extraído a partir da Biomassa residual do amendoim para sua produção.

## **CAPÍTULO II**

### **2.0.Fundamentação Teórica**

Biomassa é a matéria orgânica de origem animal ou vegetal, dela provém os biocombustíveis e os combustíveis gasosos Queirós *et al.*, (2009). A Biomassa é uma alternativa viável para substituir os derivados dos combustíveis fósseis, pois, é considerada uma fonte renovável de energia.

Segundo Cardoso (2012) a utilização da Biomassa tem como grandes vantagens seu aproveitamento directo por meio da combustão em fornos e caldeiras e também a redução de impactos sócio ambientais. Como desvantagens, seu aproveitamento apresenta eficiência reduzida, contudo estão sendo pesquisados aperfeiçoamentos das tecnologias de conversão.

Existem muitas alternativas: pode-se usar cana-de-açúcar (ou outro material) para produzir Álcool etílico, pode-se queimar lenha, mas também queimar resíduos, como cavacos de madeira, bagaço de cana, lixo, etc., pode-se fermentar o lixo orgânico, em biodigestores, para produzir Metano (FELTRE, 2004).

### **2.1.Oleaginosas**

As oleaginosas contemplam um grupo de vegetais que possuem óleos e gorduras. Suarez *et al.*, (2009) afirmam que óleos e gorduras são substâncias classificadas como lipídeos, são insolúveis em água (hidrofóbicos) sendo encontradas em tecidos animais ou vegetais, são constituídas por uma mistura de diversos compostos químicos, sendo os mais importantes os ácidos graxos e seus derivados, tais como mono-, di- ou tria-acilglicerídeos e fosfatídios.

De acordo com Killner (2011) citado por Vargas *et al.*, (2017) quimicamente o óleo vegetal e gordura animal consistem em moléculas de triglicerídeos, tendo três ácidos graxos de cadeia longa que estão ligados através de uma ligação éster a uma única molécula de glicerol, estes ácidos graxos diferem pelo comprimento das suas cadeias de carbono, pelo número, orientação e posição de ligações duplas nas cadeias.

A relação entre a quantidade dessas classes de compostos, bem como os tipos de ácidos graxos dos quais são formados, depende da fonte do óleo ou da gordura e da região onde foram produzidas (PEREIRA, 2015).

Para Oliveira *et al.*, (2017) óleos vegetais em sua maioria, são formados por triglicerídeos e podem ser transformados em Biodiesel.

Kaminski *et al.*, (2003) acrescentam que a partir de óleos (palma, amendoim, soja, canola, girassol, algas, óleos de cozinha reciclados), utilizando processos de transesterificação, obtém-se Biodiesel.

Entre várias fontes disponíveis para a geração de energias renováveis, os óleos vegetais se destacam não só pela adequação das suas propriedades, mas, também por representarem forte apoio à agricultura familiar, criando melhores condições de vida (infraestrutura) em regiões carentes, valorizando potencialidades regionais e oferecendo alternativas a problemas económicos e sócio ambientais de difícil solução (RAMOS *et al.*, 2003).

Segundo Silva *et al.*, (2009) geralmente, não há alterações significativas nas propriedades do Biodiesel obtido de diferentes óleos vegetais, a exemplo do amendoim, soja ou de qualquer outro, alguns são mais viscosos, outros são menos estáveis quimicamente, ou ainda menos resistentes ao frio, entretanto, essas diferenças não interferem na qualidade de sua combustão, se o biocombustível for produzido adequadamente.

Tal como refere Pereira (2015) a composição em ácidos graxos das oleaginosas varia bastante, devido a isso, alguns óleos apresentam características melhores para a produção de Biodiesel, como por exemplo o óleo de canola, amendoim e palma por apresentam melhor resistência à oxidação que outros óleos devido à maior quantidade de ácido oleico.

Silva *et al.*, (2009) afirmam que para que um óleo vegetal seja adequado à produção de Biodiesel é necessário conter mínimo teor de impurezas e é importante que esse óleo contenha também o mínimo de água possível (praticamente neutro), ou seja, apresentar baixo teor de acidez.

### **2.2.1. Amendoim**

O amendoim (*Arachis hypogaea L.*) é uma oleaginosa originada da América, sendo utilizada como planta domesticada pelas civilizações indígenas sul-americanas há 3800 anos (PIGHINELLI, 2007).

Segundo Costa *et al.*, (2009) é uma das cinco culturas de oleaginosas do mundo, constituindo grande fonte de proteína vegetal. Suas sementes possuem altos índices de proteínas e óleo com aproveitamento em torno de 40 e 50% na extração do óleo.



**Figura 1:** Biomassa Residual do Amendoim

**Fonte:** Autora (2022)

### 2.2.1.1. Óleo de Amendoim

Para Silva *et al.*, (2009) o óleo da semente do amendoim possui tonalidade amarelo-clara, e seu odor e sabor são agradáveis, é relativamente livre de fosfatídeos e outros constituintes não-oleosos, quando comparado a outros óleos vegetais, principalmente ao do algodão.

De acordo com Pereira (2015) sua semente seca contém em torno de 50% de óleo, que apresenta em sua composição cerca de 50-60% de ácido oleico, 18-30% de ácido linolêico e 6-12% do ácido palmítico, devido à quantidade de óleo presente no amendoim, este tem se tornando bastante visado para a produção de Biodiesel.

A rica composição em ácidos graxos coloca essa oleaginosa entre as mais importantes fontes de óleo vegetal.

**Tabela 1:** Composição em ácidos graxos do óleo de amendoim

| Nome             | Símbolo                        | Composição em ácidos graxos |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Ácido palmítico  | C16 ou 16:0                    | 6 – 16                      |
| Ácido esteárico  | C18 ou 18:0                    | 1,3 – 6,5                   |
| Ácido oleico     | C18:1(n <sub>9</sub> )         | 35 – 72                     |
| Ácido linoleico  | C18:2(n <sub>9</sub> , 12)     | 13 – 45                     |
| Ácido linolênico | C18:3(n <sub>9</sub> , 12, 15) | <1                          |

**Fonte:** OLIVEIRA *et al.*, (2008)

## **2.3. Extração de Óleos Vegetais**

Extração é a transferência de solutos de uma fase líquida ou sólida para um solvente líquido, pode ainda ser definido como uma técnica que consiste na separação de um componente de uma mistura por meio de um solvente.

A extração de óleos vegetais pode ser realizada por meio de diferentes processos de extração como prensagem, por extração com solventes ou por combinação pelos dois métodos (CASTRO, 2014).

A extração por prensagem consiste em submeter o material a um esmagamento sob pressão e aquecimento, para facilitar o escoamento do óleo, através das células do material, a pressão e temperatura são específicas para cada tipo de material empregado.

A extração por solvente seja como uma operação isolada ou como uma operação complementar à prensagem vem adquirindo uma grande importância técnica e econômica, tendo em vista, os altos rendimentos obtidos industrialmente (CASTRO, 2014).

Por se tratar da extração que será usado para extrair o óleo bruto de amendoim, abordar-se-á com mais ênfase o processo de extração por solvente neste trabalho.

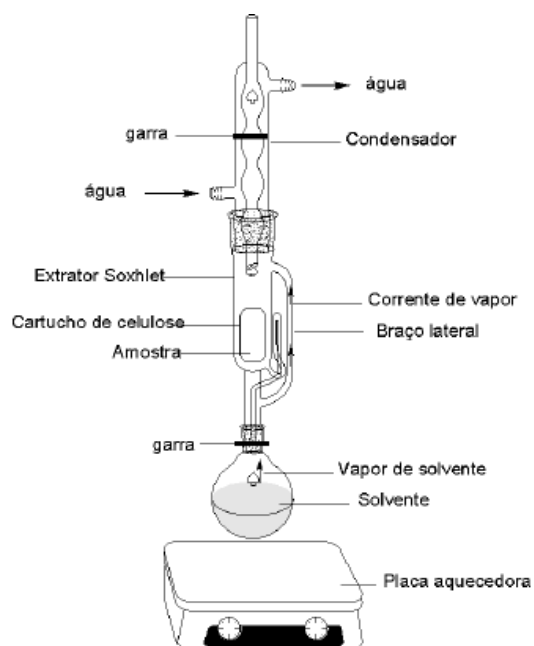
### **2.3.1. Extração por solvente**

Uma das maneiras de se fazer a extração por solvente é através de um aparelho chamado Soxhlet. Este aparelho foi desenvolvido por Franz von Soxhlet em 1879 e conhecido como extrator de Soxhlet (Figura 2).

De acordo com Silva *et al.*, (2006), para se realizar a extração por Soxhlet, deve-se inicialmente pesar o material que se deseja extrair o óleo essencial e transferir para um cartucho que será tampado com algodão.

O cartucho é então colocado no extrator e ao se aquecer o solvente provocando sua ebulição, fará com que o mesmo adentre ao condensador retornando a fase líquida e condensando sobre o cartucho contendo a amostra, o tempo necessário para este método de extração varia, podendo chegar até 6 horas.

A solução obtida óleo e solvente é removida do extrator e encaminhada para um evaporador para a remoção do solvente.



**Figura 2:** Esquema da extração em Soxhlet

**Fonte:** <https://www.passeidireto.com/arquivo/67256285/extracao-do-oleo-de-amendoim-ou-outras-oleaginosas>

Uma das principais vantagens do método de Soxhlet é o contacto directo da amostra com o solvente sendo renovada constantemente e a metodologia simples que não requer treinamento especializado.

A extração obtém maior quantidade de óleo quando comparado a outros métodos e sem a necessidade de filtrar a mistura no término do processo de extração, pois, a amostra esteve envolta no cartucho durante todo o procedimento (FORNASARI, 2014 citado por FERREIRA, 2015).

Segundo Ramalho (2013) e Pereira (2009) citados por Ferreira (2015) o hexano é o solvente preferido no processo de extração por apresentar várias vantagens como o seu baixo ponto de ebulição que diminui a decomposição do óleo, seletividade, e ser imiscível com a água, o que evita mistura azeotrópica. No entanto, sua inflamabilidade, custo e potencial poluidor são algumas desvantagens que justificam o estudo de alternativas ao seu uso.

## **2.4. Análise do Óleo Vegetal**

De acordo com Ferreira (2015) algumas características presentes no óleo vegetal são indicativas da qualidade do mesmo. Para determinar essas características, costuma-se submeter o óleo ou a gordura a determinadas reacções (FELTRE, 2004).

Dessas características, resultam o Índice de Iodo, Índice de Acidez e Índice de Saponificação que serão abordados neste trabalho.

### **2.4.1. Índice de Iodo**

De acordo com Ferreira (2015) o método convencional usado para determinar o grau de insaturação de óleos e gorduras é o Índice de Iodo.

Segundo Feltre (2004) é definido como o número de gramas de Iodo necessário para reagir com 100g de óleo ou gordura.

Nos ácidos graxos, a insaturação ocorre principalmente como ligações dupla, que são muito reactivas com os halogénios, neste caso o Iodo, assim, quanto maior for o Índice de Iodo, maior será o número de insaturações existentes no óleo ou na gordura.

Tal como afirma Ferreira (2015) este método estima o grau de insaturação de óleos e gorduras, quanto maior este índice, maior o número de duplas, então maior é a probabilidade de processos oxidativos.

### **2.4.2. Índice de Acidez**

Quando um óleo ou gordura é extraído de sua fonte, a existência de alguns ácidos orgânicos livres (ácidos graxos ou não), pode acarretar um certo teor de acidez nesses produtos (CASTRO, 2014).

Segundo Ferreira (2015) o índice de acidez avalia o estado de conservação do óleo, sendo essencial na determinação do seu estado de deteriorização (rancidez hidrolítica) que é a hidrólise da ligação éster devido à acção de enzimas lipases de origem microbiana ou lipases das próprias sementes oleaginosas, cuja reacção ocorre naturalmente.

De acordo com Oliveira (2005) o Índice de Acidez é definido como o número de Hidróxido de potássio (KOH) em miligramas, necessário para neutralizar os ácidos graxos livres, em um

grama de amostra. Quanto maior o valor da acidez maior será o grau de decomposição do lipídio (FERREIRA, 2015).

Esse índice varia naturalmente, entre 0,3 e 0,5% Lorini *et al.*, (2016). Estudos mostram que as perdas de óleo devido à acidez atingem o dobro do índice de acidez, ou seja, para cada 0,1% de acidez, ocorre uma perda de óleo de 0,2% (FREITAS *et al.*, 2001 citado por OLIVEIRA *et al.*, 2016).

### 2.4.3. Índice de Saponificação

Índice de saponificação (IS) é o número de miligramas de KOH necessário para saponificar completamente 1 g de óleo ou gordura, quanto maior for esse índice, menor será a massa molar do óleo ou da gordura (FELTRE, 2004).

Tal como afirma Ferreira (2015), o índice de saponificação é uma indicação da quantidade relativa de ácidos graxos de alto e baixo peso molecular. Aos ésteres de baixo peso molecular requerem-se mais álcali para a saponificação, assim o índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular dos ácidos graxos presente aos triglicerídeos.

**Tabela 2:** Caracterização do óleo de amendoim

| Análise                                       | Resultado               |
|---|-------------------------|
| Massa específica                              | 915 kg/m <sup>3</sup> * |
| Ponto de fulgor                               | 312 °C*                 |
| Poder calorífico superior                     | 40 kJ/kg*               |
| Índice de Iodo – Método de Wijs (cg/g)        | 94,85**                 |
| Índice de saponificação (mg KOH/g)            | 184,54**                |
| Ácidos graxos livres (g/100g de ácido oléico) | 0,32**                  |

**Fonte:** \* SILVA *et al.*, (2009)

\*\* PIGHINELLI (2007)

## 2.5. Biodiesel

O Biodiesel é um biocombustível renovável e sustentável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais. Quimicamente é definido como um éster metílico ou etílico de ácidos graxos de cadeia longa, obtido a partir da reação de transesterificação de triglicerídeos (SANTOS & PINTO, 2008).

As matérias-primas para a produção de biodiesel, são os óleos e gorduras de origem vegetal, animal ou, ainda, residual, de acordo com Queirós *et al.*, (2009) pode produzir-se Biodiesel a partir do óleo de sementes como a soja, gorduras de animais, de óleos usados nas frituras e de óleos de microalgas.

Todos os óleos não voláteis podem ser transformados em Biodiesel, desta forma, constituem matéria-prima para a produção de Biodiesel os óleos das seguintes espécies vegetais: grãos de amendoim, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, semente de girassol, semente de maracujá, polpa de abacate, semente de linhaça, semente de tomate, entre muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas ou polpas (PARENTE, 2003 citado por PEREIRA, 2015).

De acordo com Vargas *et al.*, (2017) o Biodiesel é um substituto do Diesel derivado do petróleo e produzido a partir de fontes renováveis, sua produção está em alta pelo facto de gerar menor impacto ambiental.

Santos & Pinto (2008) afirmam que esse biocombustível quando comparado ao Diesel, oferece vantagens para o meio ambiente como a redução de emissões de Dióxido de carbono (o principal responsável pelo efeito estufa) e de materiais particulados.

Testes de toxicidade mostram que o Biodiesel é consideravelmente menos tóxico do que o Diesel, entretanto, deve-se evitar sua ingestão ou o contacto com a pele (SILVA *et al.*, 2009).

O Biodiesel e o Diesel de petróleo possuem características de completa equivalência, os valores de desempenho e consumo são praticamente equivalentes, e não exigem qualquer modificação ou adaptação dos motores (ENCARNAÇÃO, 2008).

### **2.5.1. Processos de produção do Biodiesel a partir das Oleaginosas**

A produção do Biodiesel, representa a diminuição da dependência de combustíveis derivados de petróleo e uma alternativa para a produção de combustíveis menos poluentes (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

O Biodiesel pode ser produzido através de vários processos a partir de oleaginosas, como craqueamento térmico, micro emulsão, esterificação e transesterificação.

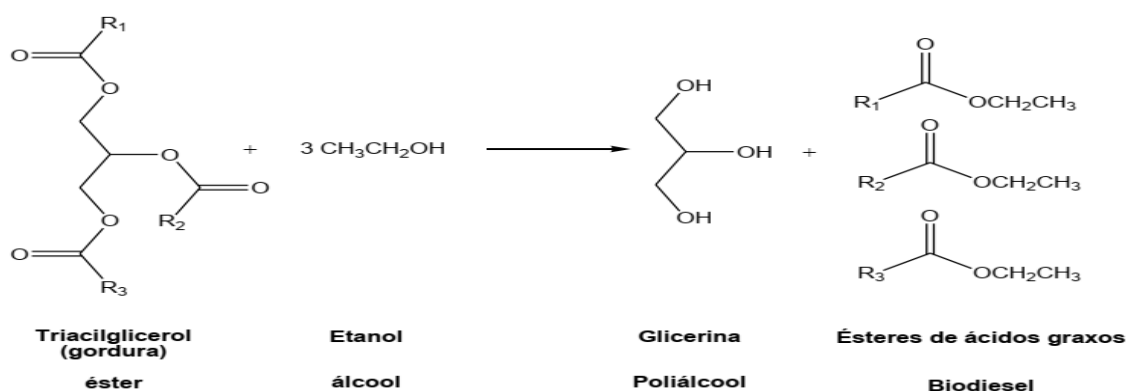
De acordo com Carvalho (2009) os dois primeiros processos, têm sido pouco utilizados, devido a facilidades associadas aos dois outros, além de o produto resultante dos dois primeiros não atingir especificação suficiente para ser utilizado.

No entanto, a mais usada é a reação de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais com Metanol ou Etanol Quesada (2010), e é este processo que será mais abordado com profundidade neste trabalho.

### 2.5.1.1. Transesterificação

A transesterificação também chamada de alcoólise é uma reação química de uma gordura ou óleo (triglicerídeos) com um álcool, formando ésteres e glicerol (PIGHINELLI, 2007:6).

De acordo com Santos & Pinto (2008) a transesterificação consiste na reação dos triglicerídeos presentes nos óleos (vegetais, animais ou residuais), álcool (Etanol ou Metanol) e catalisadores, os produtos dessa reação química são o glicerol e uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos (Biodiesel), conforme mostra a figura 3.



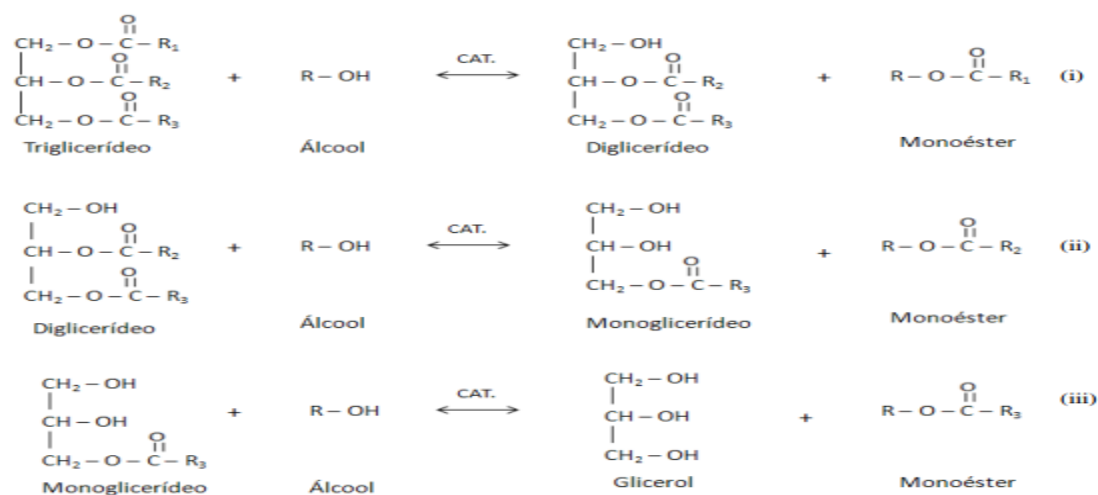
**Figura 3:** Reação de Transesterificação

**Fonte:** Ferreira (2015:40)

De acordo com Pereira (2015:28) a obtenção de Biodiesel por transesterificação corresponde a três reações consecutivas e reversíveis, nas quais são formados di- e mono-acilglicerídeos como intermediários (Figura 4).

Tal como refere Pighinelli (2007) a transesterificação é uma reação química reversível que ocorre em três etapas consecutivas: primeiramente, ocorre a quebra do triacilglicerídeo em diacilglicerídeo formando um éster, em seguida, o diacilglicerídeo se quebra em

monoacilglicerídeo formando outro éster e, finalmente, se forma o glicerol e mais uma molécula de éster.

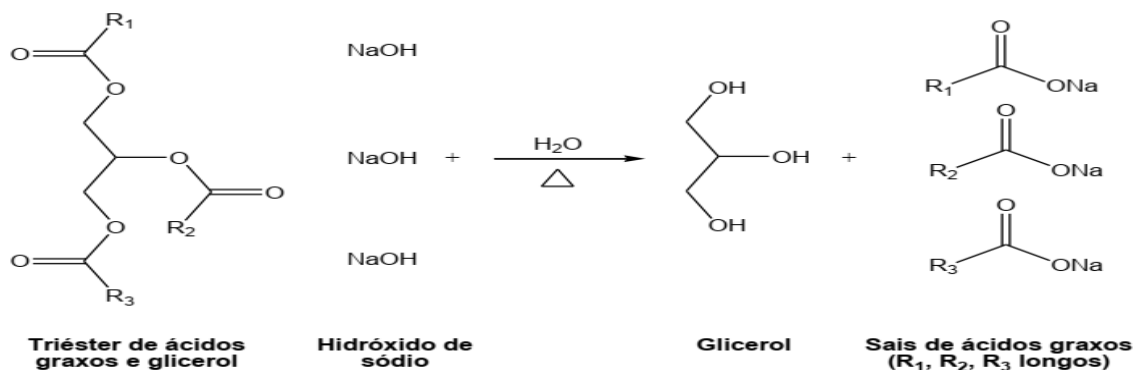


**Figura 4:** Reações envolvidas na Transesterificação de Triacilglicerídios

**Fonte:** Peiter (2013) citado por Pereira (2015)

No processo de obtenção do Biodiesel deve-se levar em conta também a possível ocorrência de saponificação, que é a formação de sabão por meio da reação dos excessos de ácidos graxos livres com boa parte do catalisador, aumentando o consumo de hidróxidos e formando o sabão, prejudicando assim a separação entre os ésteres e o glicerol durante a decantação (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

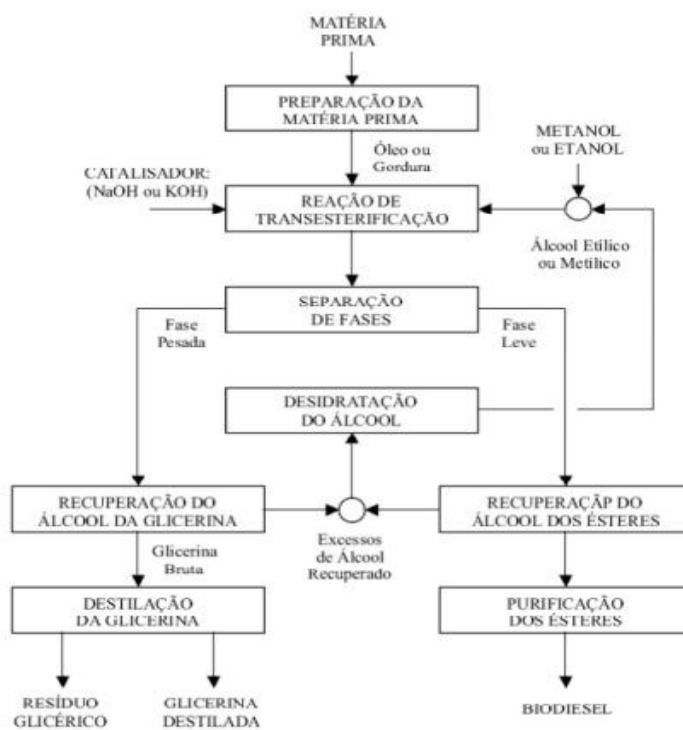
Segundo Santos & Pinto (2008) não se pode usar álcool comercial (mais de 2 ml/100, ml de álcool) porque a quantidade de água que está presente neste favorece a reação de hidrólise do triglicerídeo (reação de saponificação) em presença de base, formando-se sabão e glicerol como mostra a figura 5.



**Figura 5:** Reacção de Saponificação

**Fonte:** Ferreira (2015:43)

De acordo com Encarnação (2008), a reacção de transesterificação envolve as seguintes etapas: preparação de matéria-prima, reacção, separação de fases, recuperação do álcool e purificação dos ésteres, como mostra a figura 6.



**Figura 6:** Fluxograma geral do processo de produção do Biodiesel

**Fonte:** Parente (2003) citado por Pereira (2015:28)

### **2.5.1.1.1. Variáveis do Processo de Produção do Biodiesel**

Segundo Pereira (2015) na produção do Biodiesel é importante estudar as variáveis do processo, pois, elas podem interferir na taxa de conversão a Biodiesel.

As variáveis de processo são: tipo de álcool e proporções necessárias de álcool, tipo de catalisador e sua quantidade, agitação da mistura, temperatura e tempo de reacção e a relação molar.

- **Tipo de álcool e Proporções necessárias**

A transesterificação trata-se de um processo reversível e necessita de excesso de álcool para deslocar o equilíbrio para a direita, ou seja, objectivando o deslocamento do equilíbrio no sentido dos produtos e a escolha apropriada do álcool a ser utilizado como reagente faz uma extrema diferença (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A reacção de transesterificação ocorre na presença de um álcool de cadeia curta (Etanol ou Metanol), partindo-se do início, podemos afirmar que ambos (Etanol e Metanol) são álcoois com a capacidade de produção de Biodiesel, através do método da transesterificação, mas, cada um traz vantagens e desvantagens em relação à eficiência da produção do biocombustível.

O Metanol é um composto derivado de fontes minerais, no caso o gás metano, e sua principal vantagem em relação ao Etanol é a cadeia curta que possibilita a reacção mais fácil e eficiente, além da retirada da glicerina do produto final ser mais fácil.

Por sua vez, o Etanol é um composto que possui uma cadeia mais longa e, devido a isso, a transesterificação etílica se torna mais complexa do que a metílica, porém, do ponto de vista ambiental, o Etanol é derivado de matérias-primas vegetais, exercendo um efeito menos prejudicial ao meio ambiente, o que o torna um atractivo, o Etanol também é um álcool que é produzido a partir de óleos vegetais e residuais e, portanto, um combustível 100% renovável.

Vale ressaltar que o tipo de álcool utilizado contribui numa percentagem pequena se comparado com o custo total de produção dos biocombustíveis, sendo que o maior custo de produção é atribuído à matéria-prima base (que é das oleaginosas ou do óleo já servido) utilizada no processo, bem como qual o tipo de tecnologia vai ser aplicada.

- **Tipo de catalisador e sua quantidade**

A produção de Biodiesel pode ocorrer na presença de catalisadores, ácidos, básicos ou enzimáticos, sendo que o mais vantajoso levando em conta o rendimento e a velocidade de reação, é a catálise alcalina, segundo Santos & Pinto (2008) na reação de transesterificação, a catálise alcalina é muito mais rápida do que a ácida.

De acordo com Kaya *et al.*, (2009) citado por Pereira (2015) a utilização de uma base forte com o catalisador tem algumas vantagens como menor tempo de reação e menor quantidade de catalisador requerido para a reação de transesterificação.

- **Agitação da mistura**

A agitação desempenha um papel importante na obtenção do Biodiesel. Segundo Pereira (2015) quando a velocidade de agitação é baixa, a taxa de conversão de triglicerídeos em monoalquil ésteres também é baixa, todavia quando é muito alta favorece a formação de sabão.

- **Temperatura e Tempo de reação**

Segundo Pereira (2015) a temperatura pode influenciar positiva ou negativamente a conversão á Biodiesel, a transesterificação pode ocorrer a diferentes temperaturas proporcionando taxas de conversão diferentes variando a depender do tipo de álcool, catalisador e outras variáveis da reação.

- **Relação molar**

De acordo com Pereira (2015) para determinar as condições ótimas da reação de transesterificação, são analisadas diferentes relações molares álcool:óleo para diferentes matérias-primas.

## CAPÍTULO III

### 3. Metodologia de Pesquisa

Neste capítulo são apresentados e discutidos os métodos, materiais usados assim como os procedimentos experimentais seguidos para a realização da pesquisa.

Entende-se por metodologia os procedimentos que serão observados para atingir um determinado objectivo. Segundo Freitas & Prodanov (2013) metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para a construção de conhecimentos e tem como função mostrar os passos de condução da investigação (PONDJA & SANTOS, 2012).

#### 3.2. Local de Colheita da Amostra

A amostra da pesquisa foi colhida numa loja de venda de amendoim no Mercado Grossista do Zimpeto, na base de uma amostragem não probabilística por conveniência, que de acordo com Pondja & Santos (2012) se baseia no juízo de valor do investigador e geralmente não é usada para fazer generalizações sobre toda a população.



**Figura 7:** Localização geográfica do Mercado Grossista do Zimpeto

**Fonte:** Google maps, 2022

### **3.3. Método e Tipo de pesquisa**

A presente pesquisa recorreu-se ao método experimental, fundamentada numa abordagem mista que compreende a pesquisa qualitativa e quantitativa para a recolha, análise de dados e a discussão dos resultados.

- **Método Experimental**

Segundo Gil (2008) o método experimental consiste, especialmente, em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto.

O método experimental tem a vantagem de possibilitar a análise mais clara e sistematizada sobre a influência e interação das variáveis estudadas numa determinada hipótese permitindo formular leis gerais sobre um dado fenómeno (BOANE, 2017).

Este método consistiu na caracterização da Biomassa residual do amendoim, na extração do óleo e posterior determinação dos índices de iodo, acidez e saponificação e na produção do Biodiesel.

- **Pesquisa qualitativa**

De acordo com Zanella (2011) a pesquisa qualitativa é descritiva, pois, se preocupa em descrever os fenómenos por meio dos significados que o ambiente manifesta. A preocupação está em conhecer como determinado fenómeno manifesta-se.

A pesquisa qualitativa, consistiu na revisão da literatura que serviu como base para discussão dos resultados da caracterização da Biomassa residual do amendoim, determinação do índice de iodo, acidez e saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim, produção do Biodiesel e da potencialidade do óleo para a produção de Biodiesel.

- **Pesquisa quantitativa**

Para Zanella (2011) o método quantitativo preocupa-se com representatividade numérica, isto é, com a medição objetiva e a quantificação dos resultados.

A abordagem quantitativa tem como objectivo a representatividade numérica, permitindo representar e sistematizar a influência de um conjunto de factores sobre uma determinada variável na base de números o que facilitará a sua análise e interpretação (BOANE, 2017).

Este tipo de pesquisa permitiu, analisar o resultado das experiências usando dados numéricos para uma melhor interpretação dos resultados, como na caracterização da Biomassa residual do amendoim e na determinação do índice de iodo, acidez e saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolha de dados**

Segundo Zanella (2011) a escolha das técnicas para coleta e análise dos dados decorre do problema de pesquisa e dos objetivos. Para a colheita de dados desta pesquisa usou-se como técnicas e instrumentos de recolha de dados a pesquisa bibliográfica e a pesquisa laboratorial.

- **Pesquisa bibliográfica**

De acordo com Marconi & Lakatos (2003) a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

Esta pesquisa, foi usada com o objectivo de analisar diversas obras que abordam conteúdos similares ao tema, de modo a contribuir para o melhor desenvolvimento da pesquisa.

- **Pesquisa Laboratorial**

De acordo Zanella (2013) a pesquisa laboratorial tem como principal característica a realização de experiências em um local controlado, seja um laboratório ou não, ou seja, a pesquisa envolve algum tipo de experimento, geralmente em laboratórios, onde o pesquisador trabalha com variáveis que são manipuladas pelo pesquisador.

Para este efeito foi usado esta técnica para dar resultados sobre a caracterização da Biomassa residual do amendoim, extração e determinação do índice de iodo, índice de acidez e índice de saponificação e produção do Biodiesel.

### 3.5. Procedimento de Colheita e Conservação da Amostra

As amostras foram colhidas no mês de Abril em um saco plástico e transportadas para o Laboratório de Química da Faculdade de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Pedagógica de Maputo, onde foram armazenadas e conservadas a temperatura ambiente fora do saco plástico devido a humidade e posteriormente foram feitas as respectivas análises.

### 3.6. Fases do Trabalho

A pesquisa realizou-se em três (3) fases:

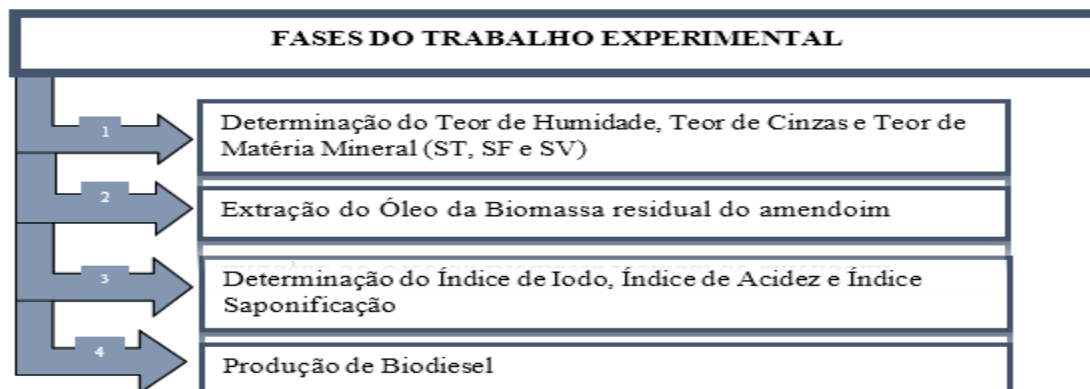
- **Pré-campo:** nesta fase, buscou-se informações com base na literatura que de alguma forma seriam relevantes para a investigação.
- **Pesquisa de campo:** consistiu no levantamento da Biomassa residual do amendoim no Mercado Grossista do Zimpeto na cidade de Maputo.
- **Pesquisa laboratorial:** consistiu na realização das experiências que teve lugar no Laboratório de Química da FCNM da Universidade Pedagógica de Maputo.

### 3.7. Parte Experimental

A parte experimental realizou-se em quatro (4) fases: a primeira consistiu na caracterização físico-química da Biomassa residual do amendoim, a segunda na extração do óleo.

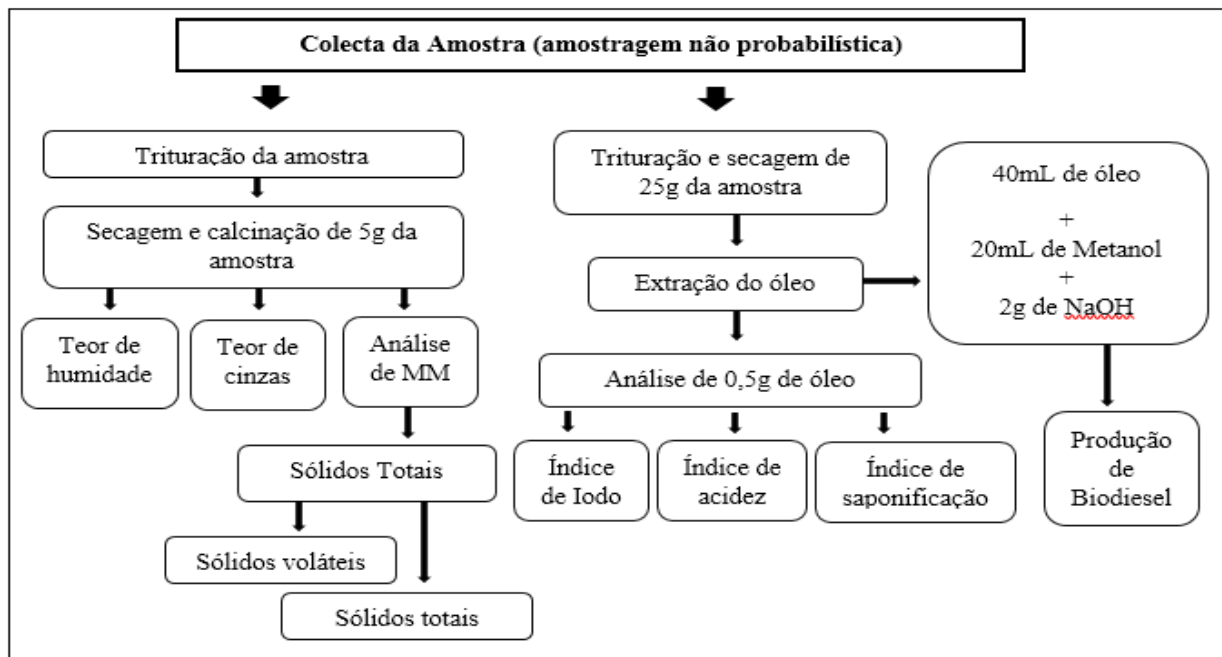
Na terceira fase realizou-se a determinação do índice de iodo, índice de acidez e índice de saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim, e por último, na quarta fase realizou-se a reacção de transesterificação para a produção do Biodiesel.

**Diagrama 1:** Fases do Trabalho Experimental



### 3.7.1. Desenho Experimental do Trabalho

O diagrama 2, resume o trabalho experimental realizado durante a pesquisa.



Fonte: Autora (2022)

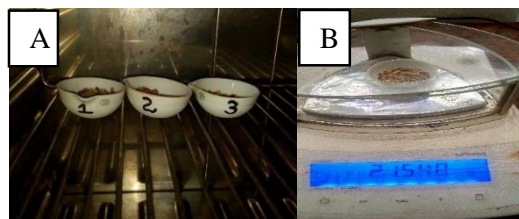
### 3.7.2. Descrição do Trabalho Experimental

A seguir, descreve-se com detalhes as actividades que foram desenvolvidas em cada fase experimental do trabalho.

#### 3.7.2.1. Determinação do Teor de Humidade, Cinza e Matéria Mineral (ST, SF e SV)

##### a) Teor de Humidade

Para a determinação do teor de humidade, pesou-se aproximadamente 5g da amostra em três cadinhos de porcelana previamente taradas e colocados em estufa a 105°C durante 16h até peso constante.



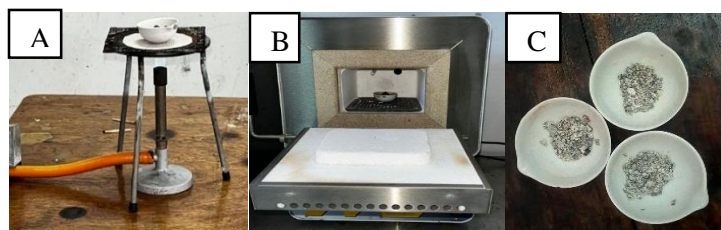
**Figura 8:** Determinação do teor de humidade

**Legenda:** A – Cadinhos na estufa contendo a amostra; B – Pesagem de um dos cadinhos após 16h na estufa.

### b) Teor de Cinza

Para a determinação do teor de cinzas, os cadinhos de porcelana foram calcinados na mufla a 550°C sem a amostra por 1h e pesados.

De seguida, pesou-se cerca de 5g da amostra e carbonizados no do bico de Bunsen e colocados novamente na mufla na mesma temperatura para serem calcinados por 6h até obtenção de cinzas e por último, pesou-se mais uma vez os cadinhos.



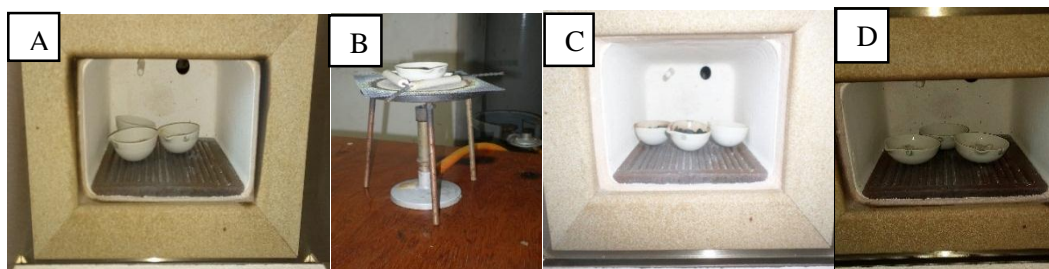
**Figura 9:** Determinação do teor de cinza

**Legenda:** A – Pré incineração da amostra no bico de Bunsen; B – Amostra na mufla; C – Resultado final após calcinação na mufla por 6h.

### c) Matéria Mineral (ST, SF e SV)

Para a determinação da MM, os cadinhos de porcelana foram secos em mufla a 550 °C por 1h.

De seguida, pesou-se cerca de 5g da amostra em cada cadinho que posteriormente foram carbonizados em bico de Bunsen e colocados na mufla a mesma temperatura por 6h e pesadas (figura 10).



**Figura 10:** Determinação de MM (ST, SF e SV)

**Legenda:** A – Cadinhos na mufla sem a amostra; B – Pré incineração da amostra no bico de Bunsen; C – Cadinhos na mufla contendo a amostra após pré incineração no bico de Bunsen para a determinação dos ST por 6h; D – Amostra na mufla para a determinação dos SF.

A tabela 3 apresenta as equações usadas na determinação do Teor de Humidade, Cinza, MM (ST, SF e SV) Carbono Fixo e Poder Calorífico Superior.

**Tabela 3:** Equações usadas na determinação do Teor de Humidade, Cinza e MM (ST, SF e SV), Carbono Fixo e Poder Calorífico Superior

| Parâmetro                              | Fórmula de Cálculo  |
|--|---|
| <b>Teor de Humidade</b>                | $\% \text{Humidade} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \text{ onde:}$ <p><math>m_1</math>: massa do cadinho vazio;<br/> <math>m_2</math>: massa do cadinho mais amostra antes da secagem;<br/> <math>m_3</math>: massa do cadinho mais amostra depois da secagem.</p> |
| <b>Teor de Cinza</b>                   | $\% \text{Cinza} = \frac{\text{massa da Cinza}}{\text{massa da amostra}} \times 100\%$  |
| <b>Sólidos Totais (ST)</b>             | $ST = \frac{[1000 \times (m_2 - m_1)]}{V} \text{ onde:}$ <p>ST: Sólidos Totais em mg/L;<br/> <math>P_2</math>: massa da cápsula com sólidos totais em mg;<br/> <math>P_1</math>: massa da cápsula vazia em mg;<br/> V: volume da amostra em mL.</p>                         |
| <b>Sólidos Fixos (SF)</b>              | $SF = \frac{(m_3 - m_1)}{V} \times 1000 \text{ onde:}$ <p>ST: Sólidos Fixos em mg/L;<br/> <math>P_3</math>: massa da cápsula com sólidos fixos;<br/> <math>P_1</math>: massa da cápsula vazia em mg;<br/> V: volume da amostra em mL.</p>                                   |
| <b>Sólidos Voláteis (SV)</b>           | $SV = ST - SF \text{ onde:}$ <p>SV: Sólidos Voláteis em mg/L;<br/> ST: Sólidos Totais em mg/L;<br/> SF: Sólidos Fixos em mg/L.</p>  |
| <b>Carbono Fixo (CF)</b>               | <p>Carbono fixo (%) = <math>100 - (\text{Cinzas \%} - \text{SV\%})</math> onde:<br/> Cinzas % = valor que vai ser encontrado no cálculo do teor de cinzas.<br/> SV% = valor que vai ser encontrado no cálculo dos sólidos voláteis em percentagem.</p>                      |
| <b>Poder Calorífico Superior (PCS)</b> | $PCS = (0,3536 \times CF) + (0,1559 \times SV) + (0,0078 \times \text{Cinzas})$ <p>Equação desenvolvida por Parikh, Channiwala e Ghosal</p>   |

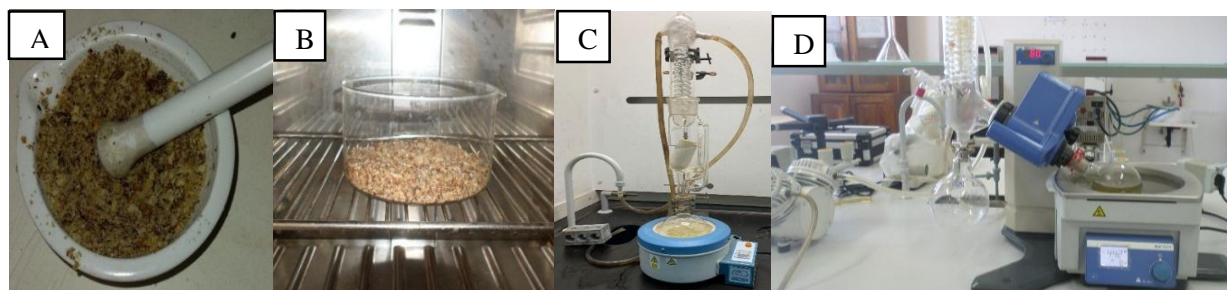
|  |   |
|--|---|
|  | (2005), que fornece o valor imediato do PCS em MJ.kg (AMISSE, 2021) |
|--|---|

**Fonte:** Autora (2022)

### 3.7.2.2. Extração por solvente e determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação do óleo da Biomassa residual do amendoim extraído

A extração foi realizada em triplicata em aparelho Soxhlet com 375 ml de Hexano e cerca de 25g da amostra com duração de cerca de 5h. Para o efeito, a amostra foi triturada com o auxílio do almofariz e pistilo e seca na estufa a 105°C por 2h.

Após a extração, a solução obtida do óleo e solvente foi colocada em rota vapor (figura 11).



**Figura 11:** Extração por Solvente do Óleo da Biomassa residual do Amendoim

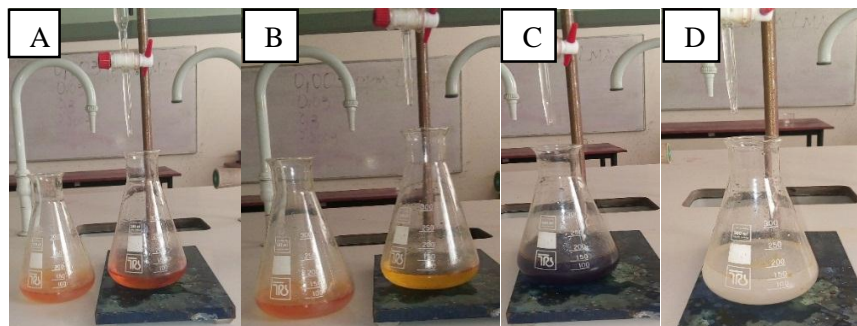
**Legenda:** A – Processo de trituração da Biomassa residual do amendoim com o auxílio do almofariz e pistilo; B – Amostra na estufa; C – Extração por solvente do óleo em aparelho Soxhlet; D – Evaporação do solvente no rota vapor.

#### a) Índice de Iodo

Para a determinação do índice de Iodo, o procedimento consistiu na pesagem de aproximadamente 0,5g da amostra onde de seguida foram adicionados 3 ml de Clorofórmio e 10 ml de uma solução de Iodo á 0,1M, deixou-se a mistura em repouso durante 30 minutos á temperatura ambiente e adicionou-se 8 ml de uma solução de Iodeto de potássio e 60 ml de Água destilada.

A titulação foi realizada e realizada em triplicata com uma solução de Tiosulfato de sódio a 0,1M até o aparecimento de uma coloração levemente amarela, adicionou-se 2 ml de uma solução de amido a 1% onde observou-se uma mudança de cor da mistura para azul escuro e

continuou-se a titulação com uma solução de Tiosulfato de sódio a 0,1M até o desaparecimento da coloração azul escuro.

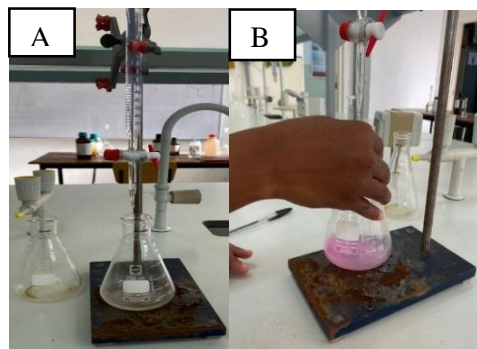


**Figura 12:** Determinação do índice de iodo

**Legenda:** A – Amostra contendo clorofórmio, solução de iodo, solução de KI e água destilada; B – Início da titulação com a solução de Tiosulfato de sódio á 0,1 M; C – Amostra depois da adição de uma solução de amido á 1%; D – Fim da titulação com a solução de Tiosulfato de sódio á 0,1 M.

### b) Índice de Acidez

Para a determinação do índice de acidez, aproximadamente 0,5g do óleo extraído foram adicionados a 5 ml de Etanol a 96% e 3 gotas do indicador Fenolftaleína. A mistura foi titulada com uma solução de Hidróxido de sódio á 0,01M e realizada em triplicata até o aparecimento de uma coloração rosa persistente por aproximadamente 30 segundos.



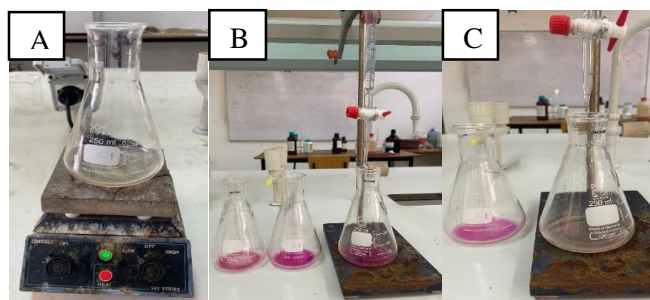
**Figura 13:** Determinação do índice de acidez

**Legenda:** A – Início da titulação com a solução de NaOH á 0,01 M; B – Fim da titulação com a solução de NaOH á 0,01 M.

### c) Índice de Saponificação

A quantificação do índice de saponificação consistiu na diluição de cerca de 0,5 g da amostra em 5 ml de uma solução alcoólica de Hidróxido de potássio a 4%.

De seguida a mistura foi aquecida e após o resfriamento adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína que mudou a coloração da solução para rosa. A titulação foi realizada em triplicata com uma solução de Ácido clorídrico á 0,5M até o desaparecimento da coloração rosa.



**Figura 14:** Determinação do índice de saponificação

**Legenda:** A – Aquecimento da amostra com uma solução alcoólica de KOH e Álcool etílico; B – Início da titulação com a solução de HCl á 0,5 M; C – Fim da titulação com a solução de HCl á 0,5 M.

A tabela 4 apresenta as fórmulas usadas na determinação do índice de iodo, índice e índice de saponificação.

**Tabela 4:** Fórmulas usadas na determinação do índice de iodo, acidez e saponificação

| Parâmetro                      | Fórmula de Cálculo  |
|--------------------------------|---|
| <b>Índice de Iodo</b>          | $I_I = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 12,69}{m}$ onde:<br>$V_b$ é o volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gasto, em mL, na titulação no branco;<br>$V_a$ é o volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ gasto, em mL, na titulação da amostra;<br>$M$ é a molaridade da solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ em mol/L padronizada;<br>$m$ é a massa da amostra em grama e<br>$I_I$ é o índice de Iodo em massa (g) de $\text{I}_2$ absorvido em 100g de óleo. |
| <b>Índice de Acidez</b>        | $\text{Acidez (\%)} = \frac{G \times 2,82}{m}$ onde:<br>$G$ = volume gasto de NaOH 0,1M na titulação, já descontado o volume da prova em branco;<br>$m$ = massa do óleo utilizada na titulação.   |
| <b>Índice de Saponificação</b> | $I_S = \frac{(V_b - V_a) \times M \times 56,1}{m}$ onde:<br>$V_b$ é o volume de HCl gasto, em mL, na titulação no branco;<br>$V_a$ é o volume de HCl gasto, em mL, na titulação da amostra;<br>$M$ é a molaridade da solução de HCl em mol/L padronizada;   |

|  |   |
|--|---|
|  | $m$ é a massa da amostra em grama e<br>$I_s$ é o índice de saponificação em massa (mg) de KOH por 1,0g de óleo. |
|--|---|

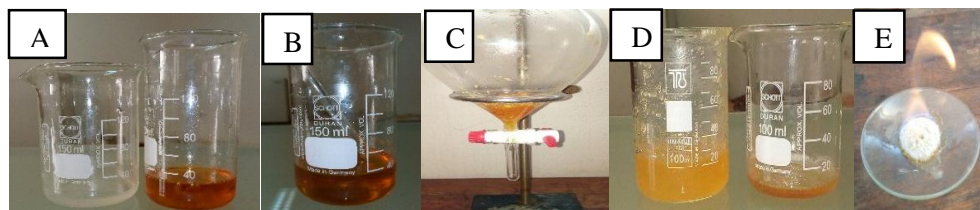
**Fonte:** Autora (2022)

### 3.7.2.3. Produção do Biodiesel

Para a obtenção do Biodiesel, foi preparada em um copo de Becker uma solução de Etanol e catalisador (NaOH), a solução pronta foi colocada lentamente no copo de Becker contendo óleo extraído e mantidos sob agitação com o auxílio de uma vareta de vidro, por aproximadamente 20 minutos.

Terminado o tempo reacional, a mistura transesterificada foi colocada em um funil de separação, onde permaneceu em decantação até o aparecimento de duas fases. O conteúdo do funil de decantação foi drenado até a remoção do glicerol.

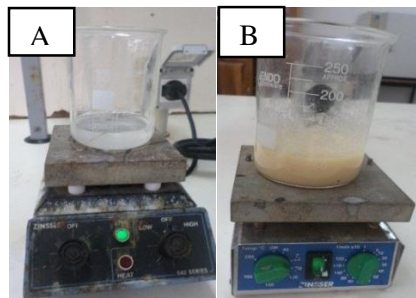
Em seguida, o Biodiesel remanescente foi submetido ao teste de combustibilidade, para tal, em um vidro de relógio colocou-se uma pequena quantidade da amostra e aproximou-se o palito de fósforo aceso.



**Figura 15:** Processo de produção do Biodiesel

**Legenda:** A – No copo de Becker a esquerda Etóxido de sódio e no copo de Becker a direita óleo extraído da Biomassa residual do amendoim; B – Mistura reacional do Etóxido de sódio e do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim; C – Decantação; D – No copo de Becker a esquerda Biodiesel e no copo de Becker a direita glicerol; E – Teste de combustibilidade do Biodiesel.

Durante a produção do Biodiesel a partir do óleo da Biomassa residual do amendoim, foi possível observar que a agitação constante e o aquecimento do óleo ou mesmo do Etóxido de sódio durante a reacção de produção do Biodiesel levou a formação do sabão (figura 16).



**Figura 16:** Formação de sabão durante o processo de Produção do Biodiesel

**Legenda:** A – Formação do Etóxido de sódio sob aquecimento; B – Mistura reacional do Etóxido de sódio e do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim.

## CAPÍTULO IV

### 4. Apresentação e Discussão dos Resultados

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos das experiências realizadas com vista a avaliar o potencial do óleo da Biomassa residual do amendoim para a produção de Biodiesel.

#### 4.2. Resultados da análise do Teor de Humidade, Teor de Cinza, Matéria Mineral (ST, SF e SV), Carbono Fixo e Poder calorífico superior

**Tabela 5:** Apresentação dos resultados da determinação do Teor de Humidade, Cinza, MM (ST, SF e SV), Carbono fixo e Poder calorífico superior

| Parâmetro                       | Resultado (Média)         |
|---------------------------------|---------------------------|
| Teor de Humidade                | 6,07%                     |
| aTeor de Cinza                  | 3,2%                      |
| Sólidos Totais (ST)             | 16,17 mg/L                |
| Sólidos Fixos (SF)              | 15,69 mg/L                |
| Sólidos Voláteis (SV)           | 0,48 mg/L                 |
| Carbono fixo (CF)               | 97,18%                    |
| Poder Calorífico Superior (PCS) | 34,68 MJ.kg <sup>-1</sup> |

**Fonte:** Autora (2022)

A análise do Teor de cinzas, MM, e Carbono fixo deve ser observado se tratando de Biomassa para a geração de energia, pois, é com base nessas análises que se pode ter o valor do PCS da Biomassa, tal como afirma Amisse (2021) o poder calorífico de uma Biomassa é a principal propriedade a ser analisada quando se avalia o seu potencial para a geração de energia térmica a partir da combustão, quanto maior o seu valor, mais qualificado é a Biomassa para gerar energia.

Dentre os factores que mais influenciam para o estudo da Biomassa residual do amendoim, destaca-se o conteúdo de água presente no material, ou seja, seu teor de humidade, que segundo Pohlmann (2014) afecta as necessidades energéticas dos processos de conversão de Biomassa aquando do seu uso final.

De acordo com Parigot (2014) a influência do teor de humidade na capacidade de gerar energia térmica, ou poder calorífico, é inversamente proporcional, ou seja, quanto maior o teor de humidade, menor o poder calorífico. Schirmer *et al.*, (2017) citado por Bianchini & Silva (2020)

acrescentam que a Biomassa residual apresenta potencial para utilização energética desde que reduzido seu teor de humidade para que haja um maior poder calorífico, Gracia *et al.*, (2012) citado por Braz (2014), acrescentam que uma Biomassa seca apresenta humidade inferior a 10%.

A determinação do teor de humidade é também fundamental para o estudo de Biomassas residuais que tem como destino a extração de óleo da Biomassa, tal como afirma Pighinelli (2007) o teor de humidade afecta de forma positiva o rendimento em óleo bruto.

Portanto, a análise do teor de humidade da Biomassa é fundamental também para o processo de extração que retira o óleo do amendoim, pois, se a Biomassa residual do amendoim apresentar teor elevado de humidade, significa que teremos menor redução na quantidade de óleo retirado.

Conforme os resultados apresentados, pode se observar que a Biomassa residual do amendoim apresenta valores de PCS ( $34,68 \text{ MJ.kg}^{-1}$ ) e teor de humidade (6,07%) significativos para a geração de energia como também para extrair o óleo da Biomassa residual do amendoim.

#### **4.3. Resultados da Extração por Solvente e determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação**

Quanto ao processo de extração, o tempo de duração do processo e a trituração da amostra contribuiram para a extração do óleo, tal como afirma Ferreira (2015) o grau de trituração, ausência de humidade e o tempo do processo contribuem significativamente para o melhor rendimento de extração.

Foram realizadas análises em triplicata para determinação do índice de iodo, acidez e saponificação. Os resultados obtidos nestas análises encontram-se na tabela 6:

**Tabela 6:** Apresentação dos resultados da determinação do Índice de iodo, acidez e saponificação

| <b>Parâmetro</b>               | <b>Resultado (Média)</b>     |
|--------------------------------|------------------------------|
| <b>Índice de Iodo</b>          | 78,20 g I <sub>2</sub> /100g |
| <b>Índice de Acidez</b>        | 0,498 %                      |
| <b>Índice de Saponificação</b> | 278,06 mg KOH/g              |

**Fonte:** Autora (2022)

O índice de iodo é a massa de Iodo em gramas que reagirá com as ligações duplas em 100g de gorduras ou óleos. É comumente usado para determinar a quantidade de insaturação de gorduras

ou óleos, como também do óleo que pode servir de matéria-prima para um biocombustível, pois, revela o grau de insaturações do óleo e conseqüentemente, do biocombustível gerado a partir deste.

O valor de índice de iodo encontrado (78,20 g I<sub>2</sub>/100g) para o óleo da Biomassa residual do amendoim é inferior ao de Pighinelli (2007:50), e por apresentarem índice de iodo inferior a 100, segundo Ferreira (2015:24) óleos com índice de iodo menor que 100, apresentam cadeias com ausência parcial ou total de duplas ligações, classificando o óleo como um óleo não-secativo (óleo insaturado que endurece formando um firme sólido após um período de exposição ao ar).

O índice de acidez, indica a presença de ácidos graxos livres presente no óleo que podem acarretar um certo teor de acidez. O óleo da Biomassa residual do amendoim, apresenta um valor de índice de acidez considerável (0,498%), pois, de acordo com Lorini *et al.*, (2016) o índice de acidez varia naturalmente, entre 0,3 e 0,5%, no entanto, Naik *et al.*, (1992), sugerem que a quantidade de ácidos graxos livres presentes nos óleos deve ser inferior a 3% para que a reação de transesterificação seja eficiente.

O índice de saponificação é uma determinação da quantidade relativa de ácidos graxos de alto e de baixo peso molecular, em relação a este índice, o óleo da Biomassa residual do amendoim extraído, apresenta um índice de saponificação muito elevado (278,06 mg KOH/g) em comparação ao valor encontrado por Pighinelli (2007:50) ao estudar a extração mecânica de óleo de amendoim que é de 184,54 mg KOH/g.

#### **4.4. Resultados da Produção do Biodiesel**

Tomando como base o referencial teórico quando o óleo vegetal interage com o álcool na presença do catalisador, ocorre a reação de transesterificação onde os produtos são o glicerol e o éster etílico do ácido graxo (Biodiesel), conforme a equação química da figura 3.

A saponificação apresenta-se como um problema no processo de obtenção do Biodiesel, segundo Oliveira *et al.*, (2017) no processo de obtenção do Biodiesel deve-se levar em conta também a possível ocorrência de saponificação, que é a formação de sabão por meio da reação dos excessos de ácidos graxos livres com boa parte do catalisador, aumentando o consumo de

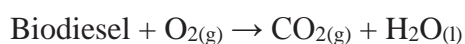
hidróxidos e formando o sabão, prejudicando assim a separação entre os ésteres e o glicerol durante a decantação.

O fenómeno observado na figura 16 é parecido com o que foi descrito por Dib (2010) quando estudava o processo de transesterificação com óleo residual, neste caso, deve-se usar um excesso maior de álcool para evitar a formação de sabão ao invés do Biodiesel (FERREIRA, 2015).

Silva (2005) citado por Pighinelli (2007) acrescenta que a presença de ácidos graxos livres em excesso nos óleos vegetais, neutraliza o catalisador básico, formando sabão e emulsões, prejudicando assim a separação de ésteres e do glicerol.

Com base no que foi descrito acima, os planejamentos experimentais foram realizados em condições específicas. A figura 15 mostra as fases de Biodiesel e glicerol formados ao final do período da decantação, a formação de substâncias de naturezas diferentes facultou a julgar a substância de interesse após o término da reacção, percebe-se que o primeiro filtrado é o glicerol, pois, apresentava-se de forma viscosa, portanto, é mais denso. E o segundo filtrado corresponde ao Biodiesel o qual adquiriu-se melhor esclarecimento no teste de Combustibilidade.

Em relação ao teste de combustibilidade, ao se aproximar o palito aceso ao vidro de relógio, o Biodiesel ardia, pois, é um combustível, tal como se referenciou na fundamentação teórica.



#### **4.5. Resultados da análise da potencialidade do óleo da Biomassa residual do amendoim para a produção de Biodiesel**

Segundo Yoneya (2010) citado por Pereira (2015) o óleo de amendoim tem grande potencial e poderá ser uma importante fonte de Biodiesel.

A análise da determinação do índice de iodo, acidez e saponificação do óleo da Biomassa residual do amendoim, permite analisar a potencialidade do óleo para a produção de Biodiesel.

Segundo Ferreira (2015) é importante determinar o índice de Iodo no óleo que será matéria-prima para a produção de combustível como Biodiesel, pois, revela o grau de insaturações do óleo e conseqüentemente, do Biodiesel gerado a partir deste.

O índice de acidez é de extrema importância para óleos que apresentam como destino a produção de Biodiesel, que devem atender às especificações regulamentadas pela Agência de Petróleo, Gás Natural, e Biocombustíveis (ANP). A Resolução nº 7/2008 da ANP afirma que o índice de acidez do Biodiesel deve ser mantido abaixo do limite estabelecido de 0,5 mg NaOH/g (0,5%), pois acima disso irá interferir na longevidade do motor (FERREIRA, 2015).

O índice de saponificação é uma análise importante a fim de garantir a qualidade do Biodiesel quanto ao seu poder de combustão, os ácidos graxos livres aumentam o índice de saponificação das gorduras vegetais. Segundo a mesma autora, a Resolução nº 7/2008 da ANP, não apresenta valores máximos e mínimos do índice de saponificação para o Biodiesel, mas para a matéria-prima sabe-se que quanto mais elevado o índice de saponificação, maior a tendência de ocorrer reações indesejáveis na transesterificação.

Portanto, tomando como base os resultados aqui apresentados e na produção do Biodiesel conforme a figura 15, fundamentados na revisão da literatura, o óleo da Biomassa residual do amendoim em análise, apresenta características significativas de um óleo que pode servir de matéria-prima para a produção de Biodiesel.

## **CAPÍTULO V**

### **5. Conclusões**

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que:

- A Biomassa residual do amendoim, apresenta características físico-químicas significativas para a geração de energia;
- A determinação do índice de iodo, acidez e saponificação é de extrema importância para análise do óleo da Biomassa residual do amendoim que tem como finalidade a produção de Biodiesel;
- O óleo da Biomassa residual do amendoim apresenta potencialidade como matéria-prima para a produção de Biodiesel.

## **5.2. Recomendações**

Para futuras pesquisas, recomenda-se:

### **Aos pesquisadores:**

- Estudos sobre o rendimento do óleo da Biomassa residual do amendoim;
- Análise de parâmetros físico-químicos do Biodiesel produzido a partir do óleo da Biomassa residual do amendoim, tais como, viscosidade, lubricidade, densidade, ponto de fulgor, poder calorífico, teor de Enxofre, biodegradabilidade e toxicidade e avaliação do seu rendimento;
- Estudos sobre a viabilidade económica do Biodiesel gerado a partir do óleo da Biomassa residual do amendoim;
- Pesquisas sobre as possibilidades de produção de sabão em vez de Biodiesel usando como matéria-prima o óleo da Biomassa residual do amendoim.

### **A Universidade Pedagógica de Maputo:**

- Criação de um centro de bioenergias com vista a potencializar mais pesquisas nesta área.

## 6.0.Referências Bibliográficas

AMISSE, Á. *Avaliação do Potencial Energético do Iodo da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Infulene*. Monografia científica para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Ambiental e Gestão de Desastres. Faculdade de Ciências Tecnológicas. Maputo, Universidade Técnica de Moçambique, 2021. 86p.

BIANCHINI, D. & SILVA, K. *Influência do Teor de Umidade e Teor de Cinzas na Geração de Energia Térmica de Serragem*. 2020.

BOANE, A. *Geração de Bio Hidrogénio a Partir de Resíduos Pecuários*. Dissertação de Mestrado para obtenção do grau académico de Mestre em Energia e Meio Ambiente. Faculdade de Ciências Naturais e Matemática. Maputo, Universidade Pedagógica, 2017. 111p.

BOTELHO, C. *Viabilidade Técnica e Aspectos Ambientais do Biodiesel Etílico de Óleos Residuais de Fritura*. Dissertação de Mestrado para Obtenção do título de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Energia. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2012. 121p.

BRAZ, C. *Caracterização de Biomassa Lignocelulósica para Uso em Processos Térmicos de Geração de Energia*. Dissertação de Mestrado para obtenção do título de Mestre em Química. Universidade Estadual Paulista, 2014. 116p.

CARDOSO, B. *Uso da Biomassa como Alternativa Energética*. Projecto de Graduação para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. 112p.

CARVALHO, L. *Produção de Biocombustíveis a partir da Biomassa de Dendê (Elaeis guinaeensis)*. Dissertação para obtenção do grau de Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2009. 96p.

CASTRO, H. *Processos Químicos Industriais*. Universidade de São Paulo. 2014.

COSTA, A. *et al.*, *Fungos associados à castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa Humb. & Bompl) e ao amendoim (Arachis hypogaea L.) comercialização em Fortaleza (Ceará)*. Fortaleza. 2009.

COSTA, T. *Potencial Energético de Biomassas Algas Obtidas em Lagoas de Alta Taxa para a Produção de Biocombustíveis Sólidos*. Dissertação para obtenção do título de Magister Scientiae. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2016.

DIB, F. *Produção de Biodiesel a partir de Óleo Residual Reciclado e Realização de Testes Comparativos com outros Tipos de Biodiesel e Proporções de Mistura em um Moto-Gerador*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica Área de Conhecimento: Ciências Térmicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2010. 109p.

ENCARNACÃO, A. *Geração de Biodiesel pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, uma Avaliação Económica*. Dissertação de Mestrado para Obtenção do grau de Mestre em Ciências. Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. 164p.

FELTRE, R. *Química*. 6ª edição. São Paulo. Editora Moderna. Volume 2. 2004.

FERREIRA, C. *Noz Macadâmia: Extração, Caracterização do Óleo e Estudo da Biomassa Residual como Fertilizante Orgânico*. Monografia para obtenção do grau de Licenciada em Química. Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015. 63p.

FREITAS, E. & PRODANOV, C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2ª edição. Rio Grande do Sul, 2013.

GIL, A. *Como Elaborar Projectos de Pesquisa*. 4ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 2002.

GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6ª edição. São Paulo. Editora Atlas. 2008.

HANSTED, A. *et al.*, *Caracterização Físico-Química da Biomassa de Leucaena leucocephala para Produção de Combustível Sólido*. Sorocaba. 2016.

LOPES, G. *Caracterização Química, Física e Sensorial de Produtos à Base de Amendoim*. Tese para obtenção do título de Doutor em Ciências dos Alimentos. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". São Paulo. 2012. 96p.

MARCONI, M. & LAKATOS, E. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª Edição. Editora Atlas. São Paulo. 2003.

NHACULE, D. *Proposta de Implementação de Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos no Restaurante do Hotel Dona Ana na Cidade de Vilankulo*. Projecto de Desenvolvimento para obtenção do grau de Licenciatura em Gestão Hoteleira. Escola Superior de Hotelaria e Turismo. Inhambane, Universidade Eduardo Mondlane, 2021. 34p.

OLIVEIRA, F.; SUAREZ, P. & SANTOS, W. *Biodiesel: Possibilidades e Desafios*. 2008.

OLIVEIRA, J. *Grau de Saponificação de óleos Vegetais na Flotação Seletiva de Apatita de Minério Carbonatítico*. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre Engenharia Mineral. Universidade Federal de Ouro Preto, 2005.187p.

OLIVEIRA, M. *et al.*, *Determinação do Índice de Acidez Titulável dos Grãos de Soja Colhidos na Safra 2014/15*. 2016.

OLIVEIRA, T. *et al.*, *Um Estudo de Matérias-primas para Fabricação de Biodiesel*. 2017.

PARIGOT, P. *Relação entre a Umidade e o Poder Calorífico da Biomassa Utilizada na Cocelipa*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Estágio Profissionalizante em Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal do Paraná, 2014. 34p.

PIGHINELLI, A. *Extração Mecânica de Óleos de Amendoim e de Girassol para Produção de Biodiesel via Catálise Básica*. Dissertação de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2007. 94p.

PEREIRA, F. *Processo de Produção e Purificação do Biodiesel de Amendoim*. Dissertação de Mestrado para Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015. 83p.

POHLMANN, J. *Avaliação da Combustibilidade e Reactividade de Biomassas Termicamente Tratadas e Carvões com Vistas à Injeção em Altos-Fornos*. Tese para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

PONDJA, A. & SANTOS, L. *Módulo de Métodos de Investigação*. UEM, Faculdade de Veterinária, 2012.

QUEIRÓS, M.; SIMÕES, M. & SIMÕES, T. *Química em Contexto*. 1ª edição. Porto. Porto Editora. 2009.

QUESSADA, T. *et al.*, *Obtenção de Biodiesel a partir de Óleo de Soja e Milho Utilizando Catalisadores Básicos e Catalisador Ácido*. Goiânia. 2010.

RAMOS, L. *et al.*, *Biodiesel: Um Projeto de Sustentabilidade Económica e Sócioambiental para o Brasil*. Volume 3. 2003.

SANTOS, A. & PINTO, A. *Biodiesel: Uma Alternativa de Combustível Limpo*. 2008.

SILVA, A. *et al.*, *Amendoim: o produtor pergunta, a Embrapa responde (Coleção 500 perguntas, 500 respostas)*. 1ª edição. Brasília. 2009.

SIQUICE, F. *Produção e Caracterização do Biodiesel obtido na Base do Óleo da Casca de Castanha de Cajú*. Dissertação de Mestrado para Aquisição do Grau Académico de Mestre em Energia e Meio Ambiente. Faculdade de Ciências Naturais e Matemática. Maputo, Universidade Pedagógica de Maputo, 2019. 98p.

SUAREZ, P. *et al.*, *Biocombustíveis a partir de Óleos e Gorduras: Desafios Tecnológicos para Viabilizá-los*. 2009.

VARGAS, B.; LISSNER, L. & METH, S. *Biodiesel: contexto, características, vantagens e produção*. 2017.

ZANELLA, L. *Metodologia de Pesquisa*. 2ª edição. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC. 2011.

### **Links/Sites**

[https://stringfixer.com/pt/Iodine\\_value](https://stringfixer.com/pt/Iodine_value)

<https://www.passeidireto.com/arquivo/67256285/extracao-do-oleo-de-amendoim-ou-outras-oleaginosas>

## APÊNDICES

**Apêndice I – Guião de Experiências****UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA DE MAPUTO****Faculdade de Ciências Naturais e Matemática****Curso de Licenciatura em Ensino de Química com Habilitação em Ensino de Biologia**

**Nome do estudante:** Neima Lino Queface

**Guião de Experiências para Geração de Biodiesel a partir da Biomassa Residual do Amendoim**

**Objectivos:**

- Determinar o Teor de Humidade, Teor de Cinza e Matéria Mineral (ST, SF e SV) da Biomassa Residual do Amendoim;
- Extrair óleo por solvente da Biomassa Residual do amendoim;
- Determinar o Índice de Iodo, Acidez e Saponificação do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim;
- Produzir Biodiesel a partir do óleo extraído da Biomassa residual do amendoim;
- Realizar o teste de combustibilidade no Biodiesel produzido.

**EXPERIÊNCIA 1: DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE, CINZA, E MATÉRIA MINERAL (ST, SF E SV)**

**Materiais e Reagentes**

| <b>Materiais</b>   | <b>Reagentes</b>  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balança analítica;</li> <li>➤ Cápsulas de porcelana;</li> <li>➤ Dessecador;</li> <li>➤ Estufa;</li> <li>➤ Mufla;</li> <li>➤ Pinça de Mohr.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 5 g da amostra.</li> </ul> |

**a) Teor de Humidade**

- Pesar os cadinhos de porcelana sem amostra;
- Pesar 5g de cada amostra e introduzir nos cadinhos;
- Voltar a pesar os cadinhos com a amostras;
- Colocar as amostras na estufa numa temperatura de 105°C por um período de 16h;

- Depois colocar as amostras no dessecador para arrefecer e voltar a pesar as amostras;
- Anotar as pesagens.

#### **b) Teor de Cinza**

- Colocar os cadinhos na mufla para ser incinerados a 550°C;
- Depois colocar os cadinhos no dessecador por aproximadamente 30 min;
- Pesar os cadinhos na balança analítica;
- Introduzir as amostras nos cadinhos já passados;
- Pesar os cadinhos com as amostras;
- Realizar a pré incineração no bico de Bunsen;
- Depois colocar cadinhos na mufla por 6h;
- Colocar os cadinhos no dessecador por 30 min;
- Pesar novamente os cadinhos com amostra incinerados;

#### **c) Matéria Mineral (ST, SF e SV)**

##### **Determinação de Sólidos Totais (ST)**

- Lavar as cápsulas de porcelana com água destilada e calcinar na mufla á 550°C por 1 hora;
- Deixar as cápsulas resfriar a temperatura ambiente no dessecador e pesar na balança (P<sub>0</sub>);
- Carbonizar a amostra na cápsula de porcelana numa chama proveniente do Bico de Bunsen;
- Transportar a cápsula para a mufla durante 6 horas á 550°C;
- Deixar arrefecer em dessecador após retirar da mufla e medir novamente o peso (P<sub>1</sub>).

##### **Determinação de Sólidos Fixos (SF)**

- Submeter os resíduos do procedimento anterior na Mufla a 550°C mantendo-se a essa temperatura por aproximadamente 20 minutos;
- Retirar com auxílio de uma pinça de Mohr e deixar resfriar em dessecador;
- Pesar e anotar o (P<sub>2</sub>).

##### **Determinação de Sólidos Voláteis (SV)**

- Efectuar diferença dos valores obtidos no procedimento a) (P<sub>1</sub>) e b) (P<sub>2</sub>), o valor encontrado considera-se dos sólidos voláteis.

## EXPERIÊNCIA 2: EXTRAÇÃO POR SOLVENTE DO ÓLEO DE AMENDOIM

### Materiais e Reagentes

| Materiais  | Reagentes   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Almofariz e pistilo;</li> <li>➤ Aparelho de Soxhlet;</li> <li>➤ Balança analítica;</li> <li>➤ Estufa;</li> <li>➤ Manta aquecedora;</li> <li>➤ Proveta de 500 ml.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Água destilada;</li> <li>➤ Resíduos de amendoim;</li> <li>➤ n-hexano.</li> </ul> |

### Procedimentos

- Triturar as amostras com o auxílio do almofariz e pistilo;
- Colocar as amostras trituradas em uma Tina e secar na estufa á 105°C por cerca de 2 horas;
- Pesar na balança em torno de 25 g da amostra e colocar em um cartucho de Soxhlet;
- Preencher o cartucho com algodão até cobrir toda a amostra e colocar o cartucho dentro do extrator de Soxhlet;
- Conectar o extrator de Soxhlet ao balão e adicionar 350 ml de n-hexano;
- Conectar o conjunto ao condensador e ligar a manta aquecedora mantendo em aquecimento por longo período (em torno de 4 á 5 horas);
- Encaminhar a solução obtida do óleo e solvente para o rota vapor para a evaporação do solvente;
- Anotar as observações.

## EXPERIÊNCIA 3: DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE IODO, ACIDEZ E SAPONIFICAÇÃO DO ÓLEO EXTRAÍDO DA BIOMASSA RESIDUAL DO AMENDOIM

### Materiais e Reagentes

| Materiais  | Reagentes   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balança analítica;</li> <li>➤ Bureta de 50 ml;</li> <li>➤ Erlenmeyers de 250 ml ou 300 ml;</li> <li>➤ Fogão elétrico;</li> <li>➤ Pipeta conta-gotas;</li> <li>➤ Proveta de 500, 100 e 10 ml;</li> <li>➤ Suporte universal e garra.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Água destilada;</li> <li>➤ Clorofórmio;</li> <li>➤ Etanol á 96%;</li> <li>➤ Fenolftaleína;</li> <li>➤ Solução de Amido;</li> <li>➤ Solução de Iodo;</li> <li>➤ Solução de Ácido clorídrico (HCl) á 0,5 M;</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Solução de Tiosulfato de sódio á 0,1 M;</li> <li>➤ Solução de Iodeto de potássio (KI) á 10%;</li> <li>➤ Solução de Hidróxido de sódio (NaOH) á 0,01 M padronizado;</li> <li>➤ Solução alcoólica de Hidróxido de potássio (KOH) á 4%;</li> <li>➤ Óleo de amendoim extraído.</li> </ul> |
|--|--|

### a) Índice de Iodo

#### Procedimentos

- Colocar 0,50 g da amostra em um erlenmeyer, e adicionar 3 ml de Clorofórmio e 10 ml de uma solução de Iodo á 0,1 M;
- Deixar a mistura em repouso durante 30 minutos ao abrigo da luz e à temperatura ambiente e de seguida adicionar 8 ml de uma solução de Iodeto de potássio a 10% e 60 ml de Água destilada;
- Realizar a titulação com Solução de Tiosulfato de sódio 0,1 M padronizado até atingir uma coloração levemente amarela;
- Em seguida, adicionar 2 ml de uma Solução de amido (a solução irá mudar de cor para azul);
- Continuar a titulação com Solução de Tiosulfato de sódio 0,1 M até o desaparecimento da coloração azul;
- Anotar o volume de Solução de Tiosulfato de sódio gasto em cada amostra e calcular o Índice de Iodo (Nota: realiza-se o procedimento em triplicata).

### b) Índice de Acidez

#### Procedimentos

- Pesar 0,50 g de amostra de óleo em um erlenmeyer e de seguida adicionar 5 ml de Etanol á 96% e 3 gotas do indicador Fenolftaleína;
- Titular a amostra com Solução de Hidróxido de sódio á 0,01 M até o aparecimento de uma coloração rosa (Nota: a coloração deve persistir no mínimo por 30 segundos para que seja considerado o fim da titulação);
- Anotar o volume da base gasto em cada amostra e calcular o Índice de Acidez (Nota: realiza-se o procedimento em triplicata).

### c) Índice de Saponificação

#### Procedimentos

- Em um erlenmeyer, dilui-se de 0,5 g da amostra em 5 ml de uma solução alcoólica de Hidróxido de potássio a 4% e 15 ml de Etanol;
- Aquecer a mistura à ebulição branda durante 15 minutos;
- Após o resfriamento, adicionar 3 gotas do indicador Fenolftaleína (a solução irá mudar de cor para rosa);
- Titular com a Solução de Ácido clorídrico á 0,5 M padronizada até o desaparecimento da cor rosa;
- Anotar o volume do ácido gasto e calcular o Índice de Saponificação (Nota: realiza-se o procedimento em triplicata).

## EXPERIÊNCIA 4: OBTENÇÃO DO BIODIESEL

### Materiais e Reagentes

| Materiais  | Reagentes   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Agitador magnético;</li> <li>➤ Balança analítica;</li> <li>➤ 2 Copos de Becker;</li> <li>➤ Fogão eléctrico;</li> <li>➤ Funil de decantação;</li> <li>➤ Proveta de 100 ml;</li> <li>➤ Termómetro;</li> <li>➤ Vareta de vidro.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Etanol;</li> <li>➤ Hidróxido de sódio (NaOH);</li> <li>➤ Óleo de amendoim extraído.</li> </ul> |

#### Procedimentos

- Aquecer em um copo de Becker 40 ml de óleo à uma faixa de 55 á 65°C;
- Dissolver em um copo de Becker 2 g Hidróxido de sódio em 20 ml de Metanol (dissolver o máximo possível e mexer);
- Adicionar o óleo a mistura de Hidróxido de sódio e Metanol e sob agitação aquecer a mistura a uma temperatura na faixa de 55 á 65°C;
- Colocar a amostra em um funil de separação, agitar e deixar em repouso (pode variar de 8 á 12 horas de tempo) até a separação de duas fases e de seguida descartar a fase inferior;

- Colocar a fase superior em um copo de Becker e medir o seu pH até que o mesmo, gire em torno de 5-7, caso não esteja nessa faixa, poderá se proceder com a purificação da amostra.
- Anotar as observações.

## **EXPERIÊNCIA 5: TESTE DE COMBUSTIBILIDADE DO BIODIESEL**

### **Materiais e Reagentes**

| <b>Materiais</b>                            | <b>Reagentes</b>                             |
|---|--|
| ➤ Cápsula de porcelana ou vidro de relógio. | ➤ Biodiesel obtido;<br>➤ Palitos de fósforo. |

### **Procedimentos**

- Aproximar o palito na substância contida na cápsula de porcelana ou vidro de relógio.
- Anotar as observações.

## Apêndice II – Resultados da determinação do Índice de Iodo, Acidez e Saponificação do óleo da Biomassa residual do amendoim

### Índice de Iodo

**Tabela 7:** Resultados da determinação do Índice de Iodo

| Titulação | Massa do óleo (g) | Volume de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ml) | Índice de iodo (g I <sub>2</sub> /100g) | Índice de iodo médio (g I <sub>2</sub> /100g) |
|-----------|-------------------|--|---|---|
| 1         | 0,511             | 3,4  | 84,43                                   | 78,20   |
| 2         | 0,507             | 3,2  | 80,09                                   |   |
| 3         | 0,525             | 2,9  | 70,09                                   |   |

### Índice de Acidez

**Tabela 8:** Resultados da determinação do Índice de Acidez

| Titulação | Massa do óleo (g) | Volume de NaOH (ml) | Índice de acidez (%) | Índice de acidez médio (%) |
|-----------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| 1         | 0,532             | 9,5                 | 0,503                | 0,498                      |
| 2         | 0,512             | 9,3                 | 0,512                |                            |
| 3         | 0,523             | 8,9                 | 0,479                |                            |

### Índice de Saponificação

**Tabela 9:** Resultados da determinação do Índice de Saponificação

| Titulação | Massa do óleo (g) | Volume de HCl (ml) | Índice de saponificação (mg KOH/g) | Índice de saponificação médio (mg KOH/g) |
|-----------|-------------------|--------------------|------------------------------------|--|
| 1         | 0,521             | 2,9                | 312,26                             | 278,06                                   |
| 2         | 0,514             | 2,5                | 272,85                             |  |
| 3         | 0,518             | 2,3                | 249,09                             |  |

**Fonte:** Adaptado pela Autora (2022)