



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**FRANSCIANNE BATISTA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA DO ÓLEO DA SEMENTE DA *Morinda citrifolia***  
***Linn.* PARA OBTENÇÃO DE BODIESEL ETÍLICO**

**PALMAS – TO**  
**2023**

**FRANCIANNE BATISTA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA DO ÓLEO DA SEMENTE DA *Morinda citrifolia*  
*Linn.* PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL ETÍLICO**

Dissertação de mestrado apresentando como requisito para obtenção do título de mestre em Agroenergia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus Palmas.

**Orientadora:** Prof. Dra. Glaucia Eliza Gama Vieira.

**PALMAS – TO  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- A663a    Araujo, Franscianne Batista de.  
          Avaliação Físico - Química do Óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. Para obtenção de Biodiesel Ético. / Franscianne Batista de Araujo. – Palmas, TO, 2023.  
          54 f.  
  
          Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2023.  
          Orientadora : Gláucia Eliza Gama Vieira  
  
          1. Avaliação Físico - Química do Óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. Para obtenção de Biodiesel Ético. 2. Avaliação Físico - Química do Óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. Para obtenção de Biodiesel Ético. 3. Avaliação Físico - Química do Óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. Para obtenção de Biodiesel Ético. 4. Avaliação Físico - Química do Óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. Para obtenção de Biodiesel Ético. I. Título

**CDD 333.7**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

**FRANSCIANNE BATISTA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO FÍSICO - QUÍMICA DO ÓLEO DA SEMENTE DA *Morinda citrifolia*  
Linn. PARA OBTENÇÃO DE BIODIESEL ETÍLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia. Foi avaliado para a obtenção do título de Mestre (a) em Agroenergia e aprovada (o) em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora

---

Dr. Emerson Adriano Guarda, UFT.

---

Dra. Glaucia Elisa Gama Vieira, UFT.

---

Dra. Alessandra Maria de Lima Naoe, UFT.

---

Dr. Jeferson da Luz Costa, UFT.

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, por todo amor e apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

A minha mãe, marido e todos os familiares, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho. Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

A professora Glaucia Vieira por ter sido minha orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Ao Jeferson e José Fernandes que colaboradores do LedBio que me auxiliaram de forma imprescindível no desenvolvimento do projeto.

Aos professores do curso de mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins, pelos conselhos, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Por fim, à Universidade Federal do Tocantins, instituição de ensino essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

## EPÍGRAFE

*“Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo, à sombra do Onipotente descansará”  
Salmo 91:1*

## RESUMO

A busca por novas fontes de energia tem se intensificado nos últimos anos graças à possível escassez, a médio prazo, de combustíveis baseados em carbono. Além disso, os impactos ambientais gerados por esta fonte de energia têm intensificado as mudanças climáticas já perceptíveis em todo planeta. Portanto, o tempo disponível para o desenvolvimento de uma nova fonte de energia têm se esgotado rapidamente. Nesta temática, os biocombustíveis de diferentes matérias – primas são opções viáveis, de baixo custo e fácil produção. O biodiesel, uma mistura de óleo vegetal com o diesel tradicional é um biocombustível já utilizado em vários países como Brasil e Estados Unidos. Podendo ser gerado a partir de várias matérias – prima como o girassol e a soja, o noni (*Morinda citrifolia Linn.*) foi usado nesta pesquisa como possível fonte para geração deste combustível. Determinar e analisar as propriedades físicoquímicas do bio - óleo extraído da semente do Noni, obtendo a partir daí o bio – óleo e também, determinar as características físico – químicas do biodiesel gerado a partir desta substância foram os objetivos deste trabalho. A metodologia envolveu o processo de transesterificação para gerar o biodiesel. Os parâmetros analisados foram a densidade, umidade, pH, teor de corrosão, acidez, o Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), viscosidade e a análise termogravimétrica (TGA). Como resultados, obteve-se um óleo com duas fases, chamada de fase 1 e fase 2, ambas submetidas para a produção de biodiesel. Dos parâmetros analisados, o pH, o teor de corrosão, a viscosidade não apresentou valores mínimos necessários nas duas fases do óleo para a produtividade do biodiesel. Somado ao baixo rendimento, concluiu-se que o biodiesel a partir do óleo de Noni não é passível de produção e comercialização. Como projetos futuros, sugere-se a pesquisa do seu uso em cosméticos, área que se mostra promissora no uso desta matéria – prima.

**Palavras-chave:** óleo, biodiesel e noni.

## ABSTRACT

The search for new energy sources has intensified in recent years due to the possible insufficiency, in the medium time, of carbon-based fuels. In addition, the environmental impacts generated by this energy source have intensified the already perceptible climate changes across the planet. Therefore, the time available for the development of a new energy source has been running out quickly. In this theme, biofuels from different raw materials are viable, low-cost and easy-to-produce options. Biodiesel, a mixture of vegetable oil and traditional diesel, is a biofuel already used in several countries such as Brazil and the United States. Being able to be generated from various raw materials such as sunflower and soybean, Noni (*Morinda citrifolia* Linn.) was used in this research as a possible source for generating this fuel. Determining and analyzing the physical-chemical properties of the bio - oil extracted from the Noni seed, obtaining from there the bio - oil and also, determining the physical - chemical characteristics of the biodiesel generated from this substance were the objectives of this work. The methodology involved the transesterification process to generate biodiesel. The parameters analyzed were density, humidity, pH, corrosion content, acidity, Fourier Transform Infrared (FTIR), viscosity and thermogravimetric analysis (TGA). As a result, an oil with two phases was obtained, called phase 1 and phase 2, both submitted to the production of biodiesel. Of the analyzed parameters, the pH, the corrosion content, the viscosity did not present minimum values necessary in the two phases of the oil for the productivity of the biodiesel. Added to the low yield, it is concluded that biodiesel from Noni oil is not amenable to production and commercialization. As future projects, research on its use in cosmetics is suggested, an area that shows promise in the use of this raw material.

**Key words:** oil, biodiesel and noni.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Áreas atuais de aplicação da <i>Morinda citrifolia</i> L.....	17
Gráfico 2 Dados estatísticos análise do pH.....	31
Gráfico 3 Dados estatísticos análise do pH do biodiesel gerado.....	32
Gráfico 4 Dados estatísticos análise da acidez.....	34
Gráfico 5 Dados estatísticos análise da acidez.....	37
Gráfico 6 Dados estatísticos análise da umidade.....	39
Gráfico 7 TG/DTG Óleo de Noni fase 1.....	40
Gráfico 8 Óleo de Noni fase 1.....	41
Gráfico 9 TG/DTG Óleo de Noni fase 2.....	42
Gráfico 10 TGA Óleo de Noni Fase 2.....	43
Gráfico 11 TGA Óleo de soja.....	44
Gráfico 12 FTIR da fase 1 do óleo extraído do noni.....	45
Gráfico 13 FTIR da fase 2 do óleo extraído do noni.....	45
Gráfico 14 FTIR Biodiesel Fase 1.....	45
Gráfico 15 FTIR Biodiesel Fase 2.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Relação de ácidos graxos na composição do Noni, coco, licuri, pinhão manso e abacate.....	18
Tabela 2 Teor de óleo vegetal gerado na fase 1 e na Fase 2.....	29
Tabela 3 Medição do pH na fase 1 e 2 do óleo extraído da semente do Noni e o óleo de soja	30
Tabela 4 Análise estatística medição do pH.....	30
Tabela 5 Medição do pH na fase 1 e 2 do biodiesel gerado.....	31
Tabela 6 Análise estatística medição do pH do biodiesel.....	32
Tabela 7 Acidez.....	33
Tabela 8 Análise estatística medição da acidez.....	33
Tabela 9 Teor de corrosão ao cobre.....	34
Tabela 10 Viscosidade das amostras de biodiesel fase 1 e biodiesel fase 2.....	36
Tabela 11 Densidade.....	36
Tabela 12 Análise estatística medição da densidade.....	37
Tabela 13 Porcentagens dos teores de umidade dos óleos extraído do Noni.....	38
Tabela 14 Análise estatística medição da densidade.....	38

Tabela 15 Resultados obtidos pelas curvas TG/DTG e DTA para o óleo de Noni na fase 1 ...	41
Tabela 16 Resultados obtidos pelas curvas TG/DTG e DTA para o óleo de Noni na fase 2 ...	42
Tabela 17 TGA Óleo de soja.....	44
Tabela 18 Bandas e atribuições.....	47

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

*IEA - Agência Internacional de Energia*  
*TEP - Tonelada equivalente de petróleo*  
*CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento*  
*UDOP - União dos Produtores de Bioenergia*  
*GC/MS - Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas*  
*TGA - Análise termogravimétrica*  
*DTG - Termogravimetria derivada*  
*DTA - Análise térmica diferencial*  
*B - Biomassa*  
*Tcz - Teor de cinzas*  
*N - Nitrogênio*  
*C - Carbono*  
*H - Hidrogênio*  
*S - Enxofre*  
*O - Oxigênio*  
*T. inicial (°C) - Temperatura inicial*  
*T. final (°C) - Temperatura final*  
 *$\Delta M$  - Perda de massa*  
*R (%)S - Rendimento sólido*  
*R (%)L - Rendimento líquido*  
*R (%)G - Rendimento Gasoso*  
*SQ - Soma de quadrados*  
*Gl - Grau de liberdade*  
*MQ - Quadrado médio*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivo Específico.....	15
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	16
3.1 Origem e caracterização do Noni ( <i>Morinda citrifolia</i> L.).....	16
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	21
4.1 Obtenção da matéria prima.....	21
4.2 Preparação das amostras.....	22
4.3 Granulometria das sementes.....	23
4.4 Extração do óleo.....	24
4.5 Determinação do índice de acidez.....	25
4.6 Determinação da densidade.....	25
4.7 Produção do biodiesel pela transesterificação.....	25
4.8 Infravermelho por transformada de Fourier - FTIR.....	26
4.9 pH.....	27
4.10 Teor de corrosão.....	27
4.11 Análise termogravimétrica - TGA.....	27
4.12 Determinação do teor de umidade.....	28
4.13 Análise dos dados.....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
5.1 Rendimento do óleo vegetal.....	29
5.2 pH.....	29
5.2.1 pH do óleo de Noni.....	30
5.2.2 pH do óleo do biodiesel gerado.....	31

5.3 Acidez.....	33
5.4 Teor de corrosão ao cobre.....	34
5.5 Viscosidade.....	35
5.6 Densidade.....	36
5.7 Teor de umidade.....	38
5.8 Análise termogravimétrica - TGA.....	39
5.9 Infravermelho por transformada de Fourie - FTIR.....	44
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>

## INTRODUÇÃO

Em função do crescimento populacional no mundo se faz necessário que haja na mesma proporção o aumento do desenvolvimento tecnológico, pois, a demanda de energia cresce na mesma proporção. A forma tradicional, baseada em carbono já se apresenta saturada, principalmente graças aos impactos ambientais gerados por essa matéria – prima e pela dificuldade de obtenção crescente dela. Desta forma, a busca por alternativas energéticas que fogem do uso de combustíveis fósseis se tornou um desafio contra o tempo já que as mudanças climáticas acentuadas não nos permitem a dependência do petróleo nos próximos anos.

Na busca por alternativas ao carbono, temos em destaque as pesquisas voltadas para biomassa, energia solar, energia eólica, geotérmica e hidrelétrica (AHMED et al.,2018).

A depender da região e da matéria – prima, a geração de energia a partir da biomassa vegetal se torna viável. Como definição, a biomassa compreende toda matéria orgânica, independente da sua origem, sendo essa submetida para produção de biocombustíveis, energia elétrica e outros recursos energéticos, tendo como outras vantagens, a baixa emissão de poluentes. Por sua composição físico – química, os estudos para a produção de biodiesel por meio de técnicas variadas têm se destacado, podendo ser obtidos combustíveis líquidos, sólidos, gasosos (ARNOLD et al., 2018).

Os óleos extraídos de vegetais são utilizados para produção de biodiesel há mais de um século na França. No entanto, em função da falta de estudos especializados na época, foram detectados problemas no funcionamento dos motores dos carros. Aliadas a isso, as questões financeiras fizeram com que o óleo vegetal deixasse de ser atrativo no mercado de combustíveis. Apesar destes percalços, a ênfase presente na sustentabilidade se manteve no meio acadêmico, fazendo com que os estudos sobre essas matérias – primas permanecesse em evidência. (CUNHA *et. al.*, 2018)

No meado do século XX, países da Europa se dedicaram à produção de biodiesel a partir de óleos vegetais. Isso despertou o interesse de organizações em todo o mundo, em decorrência da necessidade de se obter uma alternativa de combustível mais limpo, menos poluente, além de proporcionar uma possível autonomia na produção de energia. Um dos motivos que incentivaram o aumento das pesquisas na produção de biodiesel foi a possível ameaça de escassez do petróleo (FIGUEREDO, 2019).

O biodiesel é produzido a partir de óleos vegetais extraídos das sementes de soja, milho, girassol, amendoim, algodão, canola, mamona, babaçu, palma (dendê) e macaúba, entre outras oleaginosas existentes no país. O combustível também pode ser obtido a partir de óleos residuais

e de gorduras animais. Como requisito, é necessário que essa matéria-prima apresente elevado potencial produtivo pela quantidade de ésteres e ácidos graxos.

O uso desse combustível contribui de maneira significativa para a redução do aquecimento global visto que emite menos CO<sub>2</sub> e não contém enxofre. Portanto, o biodiesel apresenta caráter biodegradável e entre outros benefícios, não apresenta toxicidade, além de aumentar a capacidade de caso misturado com o diesel, auxiliar na sua lubrificação. (RAMALHO; SUAREZ, 2017).

De acordo com COSTA *et.al.*, 2020, atualmente o Brasil ocupa o segundo lugar no processo de produção de biodiesel, porém mesmo com esse avanço é fundamental que as pesquisas continuem progredindo no intuito de diminuir o gasto com a produção, um dos maiores gargalos. Na figura 1, é possível analisar a distribuição por regiões brasileiras de matérias – primas cujas suas sementes já são utilizadas para produção de biodiesel.

Figura 1 Regiões brasileira e os tipos de matérias-primas mais usadas para a produção do biodiesel



Fonte COSTA *et. al.*,2020.

É possível afirmar que hoje no Brasil, 12 oleaginosas possuem viabilidade de uso na produção de biodiesel (PONTEL, 2016) e outras estão em estudo ou em fase final de desenvolvimento para seu uso como biocombustíveis. Segundo o autor, as mais usadas são a soja, o girassol, a moringa, o babaçu, o milho, e o pinhão-manso.

Para que o uso de uma oleaginosa seja viável como matéria – prima para produção de biocombustíveis, são realizados vários procedimentos com objetivos diferentes e, portanto, análise de características diferentes. Uma das principais características é a porcentagem do teor de éster. De acordo (COSTA et.al.,2020), tal parâmetro é considerado muito importante no que diz a respeito da conversão em biodiesel, pois quanto maior a porcentagem do teor de éster, mais puro é o biodiesel.

Para Torres, et al. (2017) o benefício medicinal do Noni é adquirido por meio do processo de maceração e/ou decocção e possui atividade antibacteriana, antioxidante, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imune estimulante. O primeiro estudo relatado a partir do uso do noni foi da década de 1920 por Simonsen, que relatou alguns constituintes da *Morinda Citrifolia* e a partir de então seguiram o levantamento de teorias na tentativa comprovações das propriedades e usos medicinais.

As características das oleaginosas escolhidas para extração de óleos vegetais influenciam na qualidade do biodiesel produzido. A *Morinda citrifolia* Linn, popularmente conhecida como noni, se enquadra na categoria das oleaginosas. Trata-se de uma planta da família Rubiaceae originária do sudeste asiático, mas que pode ser encontrada em vários lugares do mundo. Apesar de não serem encontrados estudos que apontem os dados estatísticos sobre a produção, é predominante nos estados do Acre, São Paulo, Minas Gerais, Pará, Sergipe, Bahia, Tocantins e Ceará. O seu consumo apresentou um aumento significativo nos últimos vinte anos, em decorrências de propriedades teóricas fitoterápicas (CORREIA et al., 2011).

O Noni é uma árvore de pequeno a médio porte, variando de 3 a 10 m de altura com presença de folhas largas, brilhosas, abundantes e de coloração verde clara. As flores, pequenas e brancas dão origem ao fruto, que possui forma oval, forte odor e elevada quantidade de sementes com variação de tamanho entre 4 e 7 cm. Este fruto não se danifica com facilidade e devido a isso, não necessita de refrigeração e tratamento específico para o transporte após serem colhidos. A planta do Noni floresce e origina frutos durante todo o ano. Esses são consumidos em maior quantidade nas regiões norte e nordeste do Brasil (BRITO et al., 2013).

A germinação da espécie é visível a partir de trinta dias e apresenta seu pico de germinação aos sessenta dias de cultivo. Sendo de caráter precoce, a planta produz frutos com um ano de plantio. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), não existem estudos conclusivos acerca da área plantada do n. no Brasil. Isto se dá em virtude de sua recente abordagem empírica no país (SOUSA et. al., 2009).

A polpa, a casca e as sementes do n. possuem elevado teor de umidade, além de significativas quantidades de carboidratos, proteínas, e traços de lipídeos. O n. tem variáveis

teores dos compostos bioativos vitamina C e carotenoides totais. A polpa do fruto em questão, apresenta alta capacidade de combater aos radicais livres e está diretamente associada à prevenção do envelhecimento precoce e ao aparecimento de doenças degenerativas. Em função do aumento no consumo do n., bem como sua vasta aplicação, notou-se que suas sementes têm apenas 2% de seu volume utilizado na produção de repelentes e insumos. Com isso, há o descarte de aproximadamente 97,5% (COSTA, 2016).

Esse percentual decorre da inutilização das sementes para outros fins. Logo, isso representa a geração de um volume considerável de resíduos sólidos equivalente à mais de 150 toneladas de sementes ao ano nos setores em que o n. é utilizado (WEST et. al., 2008).

A literatura sobre o uso do Noni (*Morinda citrifolia L.*) é escassa, principalmente seu uso para produção de biocombustíveis. Ao longo da realização deste trabalho, durante a pesquisa bibliográfica, a temática mais comum apresentada em bases de periódicos foi a possibilidade da extração do óleo da semente a partir de uma mistura de solventes composto por hexano e etanol e posteriormente destinado para produção do biodiesel. Ao longo da pesquisa, esse tipo de trabalho serviu como base para o uso do método de extração e na análise dos resultados obtidos.

A produção brasileira de resíduos agroindustriais é comumente descartada de forma ambientalmente inadequada, seguindo na contramão da tendência mundial do desenvolvimento sustentável. Os processos industriais sustentáveis utilizam seus resíduos agroindustriais como fonte de novos produtos e energia, promovendo geração de renda para a população e minimizando consideravelmente os impactos ambientais negativos de atividade industrial.

A crescente preocupação com os impactos ambientais e a busca por fontes de energias renováveis, tem sido alvo do desenvolvimento de vários processos sustentáveis que transformam biomassa descartada em novos materiais, produtos e consequentemente, energia. A produção de biodiesel tem se destacado mundialmente como uma alternativa utilizada para minimizar os impactos ambientais negativos gerados pela produção de resíduos agroindustriais oleaginosos.

Nesse contexto, se propõe a utilização da semente da *Morinda citrifolia*, como alternativa para a produção de biodiesel, no qual este resíduo agroindustrial comumente descartado sem finalidade, poderá ser destinado para um objetivo útil, proporcionando o equilíbrio econômico, social e ambiental característico de uma fonte de energia renovável.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Extração e caracterização do óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn. para obtenção de biodiesel etílico

### **2.2 Objetivo Específico**

- Determinar e analisar as propriedades físico-químicas do bio - óleo extraído da semente da *Morinda citrifolia* Linn.;
- Obter o biodiesel etílico em escala de bancada a partir do bio-óleo da semente da *Morinda citrifolia* Linn.
- Determinar e analisar as propriedades físico-químicas do biodiesel etílico do bio-óleo extraído da semente da *Morinda citrifolia* Linn.;

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

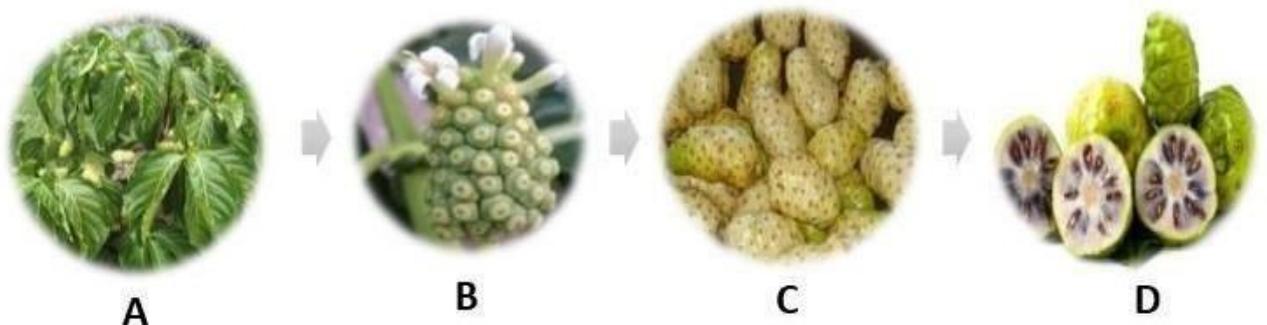
No Brasil, a *Morinda citrifolia* L. tornou-se popular apenas nos últimos dezoito anos. Neste mesmo período, os Estados Unidos (EUA), comercializavam os extratos na forma de chás, cápsulas e sucos, sendo os americanos considerados os pioneiros nas pesquisas sobre a planta em estudo e suas propriedades medicinais. O Brasil se encontra na quinta posição de consumidores de suco de n. no mundo (SAMPAIO, 2010).

#### 3.1 Origem e caracterização do Noni (*Morinda citrifolia* L.)

O Noni é um fruto oriundo de uma planta arbórea da família Rubiaceae, com o nome científico denominado de *Morinda citrifolia* Linn. Existem em torno de 50 a 80 espécies da planta que podem ser encontradas em regiões tropicais da África, Austrália e Ásia. O Noni é nativo da Ásia, mais especificamente da faixa costeira de Índia, Sri Lanka e sudeste do continente, e ilhas do Oceano Pacífico como Polinésia, Hawaii e da Austrália (HORTO DIDÁTICO DE PLANTAS MEDICINAIS DO HU/CCS, 2020; GARCIA, 2020).

A polpa do n. vem se destacando nos últimos anos sendo o principal alvo de pesquisas no âmbito medicinal. Esse fruto, possui mais de 200 substâncias identificadas, dentre as quais estão os compostos fenólicos, o maior grupo encontrado de micronutriente funcional, ácidos orgânicos, antraquinonas, vitaminas C e ácidos graxos (PALIOTO *et al.*, 2015). A Figura 1 mostra as etapas morfológicas da planta em estudo.

Figura 2 Etapas morfológicas da *Morinda citrifolia* Linn.



Fonte PLANTAS EXÓTICAS, 2015.

Onde:

**A** – Espécie cultivada;

**B** – Floração;

**C** - Frutos maturados;

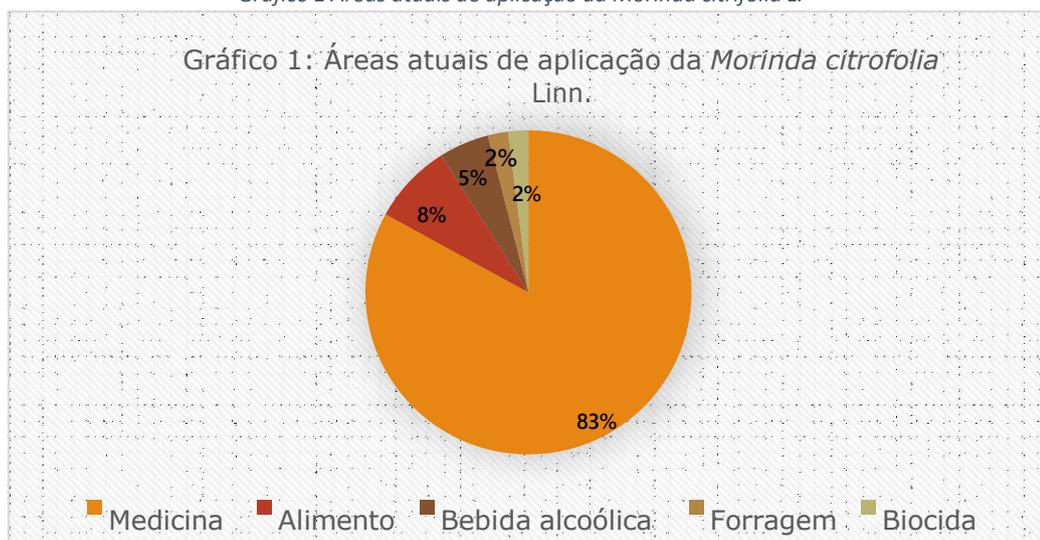
**D** – Interior dos frutos.

Segundo (SANTO, 2016), desde o ano 2000, o plantio e comercialização do n. no Brasil apresentam crescimento. Apesar de existirem apontamentos relativos ao uso medicinal ou fitoterápico da polpa do fruto, é importante ressaltar que, até o momento não existem experimentos conclusivos em relação a possíveis efeitos colaterais do produto ou subprodutos.

Já no setor alimentício, as folhas podem ser usadas como hortaliças ou no preparo de bebidas alcoólicas, devido ao alto teor de fermentação. Pode ser utilizado também para forragem, por meio do uso da biomassa na compostagem, alimentação de animais e produção de biocida a partir das sementes.

Na polpa, casca e sementes do n. pode ser observado um teor de umidade significativo. Além disso, o fruto em questão apresenta carboidratos e proteínas em grande quantidade com perfil lipídico baixo. Os compostos bioativos como vitamina C e carotenoides apresentam diferente teor de concentração variável em partes distintas do n. A polpa é rica em vitamina C, enquanto a casca possui índices satisfatórios de carotenoides sendo considerada uma fonte de nutrientes. Os teores fenólicos superam grande parte das frutas encontradas no cerrado brasileiro (COSTA et. al., 2013). O Gráfico 1 mostra as diversas aplicações da utilização da *Morinda citrifolia* Linn.

Gráfico 1 Áreas atuais de aplicação da *Morinda citrifolia* L.



Fonte Adaptado de WUST, 2014.

Em virtude de suas propriedades onde há ácidos graxos insaturados, a semente da *Morinda citrifolia* L. apresenta um grande potencial para a produção do biodiesel. A Tabela 1 mostra a relação de ácidos graxos encontrados na composição das sementes de n. e outras sementes.

*Tabela 1 Relação de ácidos graxos na composição do Noni, coco, licuri, pinhão manso e abacate*

<b>Composição (%)</b>	<b>Noni</b>	<b>Coco</b>	<b>Licuri</b>	<b>Pinhão</b>	<b>Abacate</b>
<b>Ácido cáprico</b>	0,41	4,99	13,94	-	-
<b>Ácido palmítico</b>	12,28	8,85	4,0	15,42	2,20
<b>Ácido esteárico</b>	4,36	3,39	4,2	5,53	0,10
<b>Ácido oléico</b>	11,79	5,65	4,08	39,71	4,12
<b>Ácido linoléico</b>	68,89	0,94	1,2	38,72	1,29
<b>Ácido palmitoléico</b>	0,43	1,0	3,98	0,82	0,20

Fonte Adaptado de SAMPAIO, 2010 e SILVEIRA, 2012.

A composição do n. apresenta 11,79% no que se refere ao ácido oleico e 68,89% de ácido linoleico, o que conferirá propriedades distintas no produto, o biodiesel. O comparativo entre os somatórios dos insaturados nos dois frutos apresenta uma diferença de 1,61%. Valores próximos sinalizam que as sementes do n. têm um grande potencial para a produção do biodiesel. Esse por sua vez tem finalidade substituir o óleo diesel. Sua obtenção ocorre através da reação do perfil graxo através de um intermediário ativo pela transesterificação (GURGEL et. al., 2017).

A utilização de biomassas para a produção de biodiesel tem sido bastante abordada em estudos que visam implementar métodos alternativos que venham a refletir a preocupação com as questões do meio ambiente. Logo, a sustentabilidade tem direcionado o foco para a utilização constante destes materiais em pesquisas relativas à produção do biodiesel (CUNHA et. al., 2018).

Existem diversas técnicas de extração. Entre as quais, a extração obtida por meio do fluxo contínuo tem como finalidade a obtenção de óleos ou resinas encontrados em vegetais. Este processo leva em consideração a utilização de solventes apolares, sendo o hexano e o álcool etílico, os mais utilizados. A escolha varia de acordo com a polaridade desejada da molécula (MIGOTO, 2018).

Já a destilação por arraste a vapor, possibilita a extração de óleos essenciais de tecidos vegetais. O vapor obtido por meio da passagem da água por temperaturas de cerca de 100°C desencadeia em um leito fixo a extração do óleo e obtenção da essência retirada de uma planta aromática (PEREIRA, 2010).

O processo de enfleurage permite a extração de óleos originários das pétalas de flores ou plantas que apresentem em sua composição um teor relativamente baixo de óleo. Em virtude disso, o valor comercial deste produto tende a ser maior frente a outros tipos de óleos obtidos em maior abundância. Neste processo, as pétalas são depositadas em uma camada de gordura disposta sob uma placa de vidro. Há a mudança de pétalas em decorrência do tempo necessário

para cada espécie e se obtém o óleo após o tratamento da gordura com a utilização de álcool e posterior destilação em baixas temperaturas (PEREIRA, 2010).

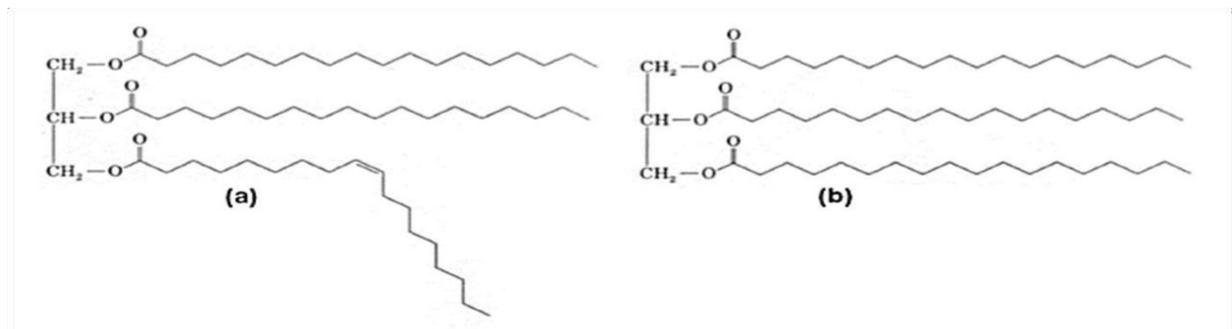
Por intermédio do uso de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a extração por fluido supercrítico se dá pela difusividade e dissolução sem que haja a presença de um solvente específico. Os pontos críticos são facilmente obtidos e por isso, a pureza do óleo é uma das principais características deste método (MIGOTO, 2018).

Na caracterização dos solventes extratores, o hexano é um solvente apolar, e o clorofórmio é polar. O solvente hexano foi usado para a extração em função de algumas características, como dissolver com facilidade o óleo, sem agir sobre os componentes da matéria oleaginosa, possuir uma composição homogênea e estreita faixa de temperatura de ebulição, ser imiscível em água com a qual não forma azeótropos além de possui baixo calor latente de ebulição (MANDARINO, 2015).

Em relação à descrição química dos óleos extraídos, tem-se que a composição dos ácidos é de fundamental importância. A quantidade de ligações duplas ou insaturações, e o comprimento da cadeia estão diretamente ligados estabelecendo as características dos ácidos graxos, conseqüentemente, dos triglicerídeos e ainda as do óleo e do biodiesel. Essas características contribuem diretamente para qualidade ou característica do biodiesel formado, evidenciando o ponto de congelamento, viscosidade e estabilidade oxidativa (SILVEIRA, 2012).

Todos os óleos vegetais apresentam em sua composição química características bem similares que dependem da classe de componentes em que se enquadram. Classes essas, que podem ser glicerídeos e não glicerídeos. Triglicerídeos tendem a ser conhecidos como glicerídeos, e podem ser determinados quimicamente como ésteres e ácidos graxos (ALVES, 2010). A Figura 3 mostra a comparação entre as cadeias dos triglicerídeos com ácidos graxos saturados e insaturados

Figura 3 - Triglicerídeos com ácidos graxos



Fonte ALVES, 2010.

Onde:

(a): Triglicerídeos com ácidos graxos insaturados; (b): Triglicerídeos com ácidos graxos saturados.

Os óleos vegetais podem ser diferenciados das gorduras por possuir ácidos graxos insaturados, já as gorduras possuem ácidos graxos saturados. Além disso, há diferenças visíveis em função do estado físico que ambos apresentam temperatura ambiente, onde os óleos vegetais são encontrados no estado líquido, enquanto as gorduras se caracterizam por seu estado sólido (WUST, 2014).

As moléculas dos óleos vegetais são formadas por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina tornando-a um triglicerídeo. A transesterificação é um processo de conversão de triglicerídeos a ésteres de ácido graxos e glicerina, através da reação com álcoois, na presença de uma base (catalise básica) ou um ácido (catalise ácida). Essa reação é a mais utilizada na obtenção do biodiesel. O catalisador tem a função de aumentar a cinética da reação, propondo uma nova rota (ENCARNAÇÃO, 2008).

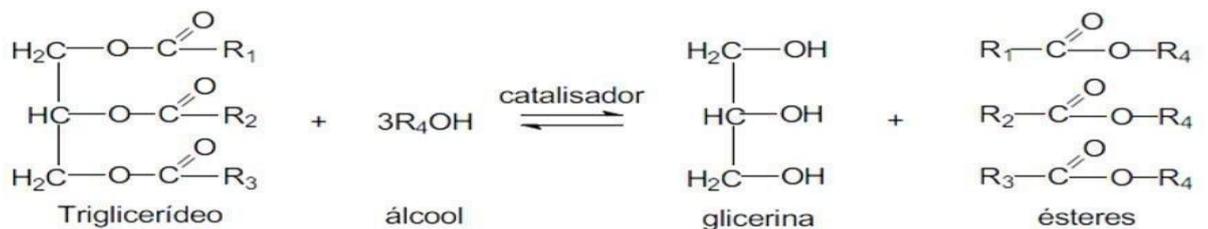
Baseado nas técnicas e nos experimentos de extração de óleos vegetais tem-se a solubilização do óleo no solvente que ocorre de duas maneiras. Primeiro, ocorre a dissolução através do contato entre as células vegetais, e a desintegração do material através da trituração. Segundo, compreende-se que a moagem ou prensagem cria uma estrutura porosa, onde o solvente penetra o tecido, extraíndo óleo de forma intracelular e depois ocorre a difusão do extrato externo, onde o óleo atravessa a parede celular que funciona como uma membrana semipermeável (RAMALHO; SUAREZ, 2012).

Após as extrações do óleo do n. com solventes hexano e etanol, esse serão encaminhados para o processo de produção de biodiesel e assim submetidos a algumas análises físicos –

químicas, como índice de acidez, teor de umidade, viscosidade cinemática, densidade, pH, teor de corrosão, FTIR e TGA, realizadas em cada fase formada do óleo.

Na reação de transesterificação obteve-se o produto final formado por duas fases separáveis por decantação ou centrifugação. A fase pesada, que se deposita no fundo do funil, é formada por glicerina bruta, e está banhada de excesso do metanol utilizado, água, e impurezas inerentes ao n. Através da Figura 4, pode-se observar a reação de transesterificação.

Figura 4 Reação de transesterificação



Fonte Alves, 2010.

A fase menos densa que se concentra acima da fase pesada é constituída de uma mistura de ésteres, conforme a natureza do álcool originalmente adotado, também impregnado de excessos reacionais, álcool e impurezas (ALVES, 2010).

Portanto o presente estudo é pautado em que o Noni é uma planta com origem da família rubiaceae, acredita-se que após das análises das suas características físico-químicas da semente possui um potencial para extração do óleo vegetal e posteriormente produção de biodiesel.

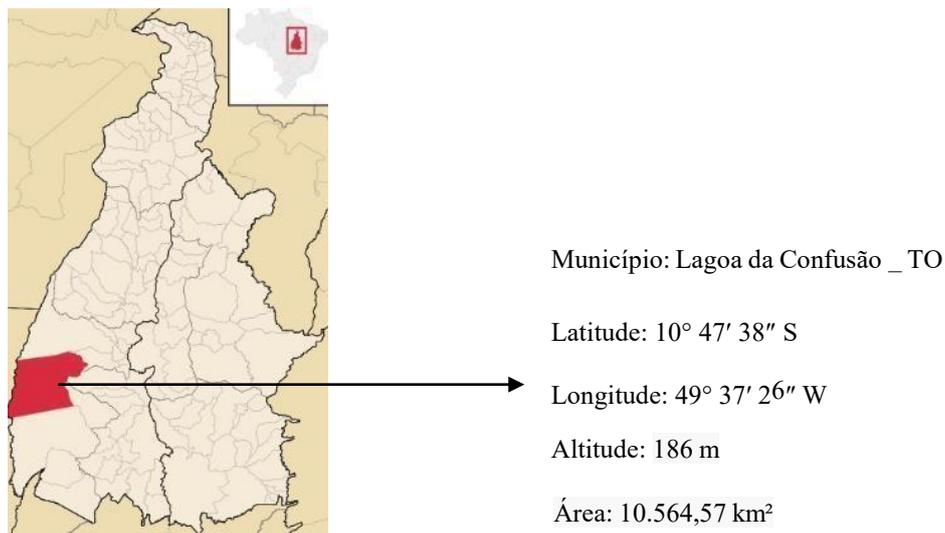
## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Obtenção da matéria prima

As sementes da *Morinda citrifolia* Linn. utilizadas neste trabalho para o processo de produção de biodiesel, foram cultivadas no município de Lagoa da Confusão -TO. A área

plantada foide sete hectares (ha), na chácara Ilha do Formoso, situada na rodovia TO 374, às coordenadas 10° 47' 38" S , 49° 37' 26" W, entre o município de Cristalândia e a ilha do bananal no Tocantins. A localização do município de pode ser observada através da Figura 5 a seguir

Figura 5 Mapa do estado do Tocantins com os dados do município da Lagoa da Confusão - TO



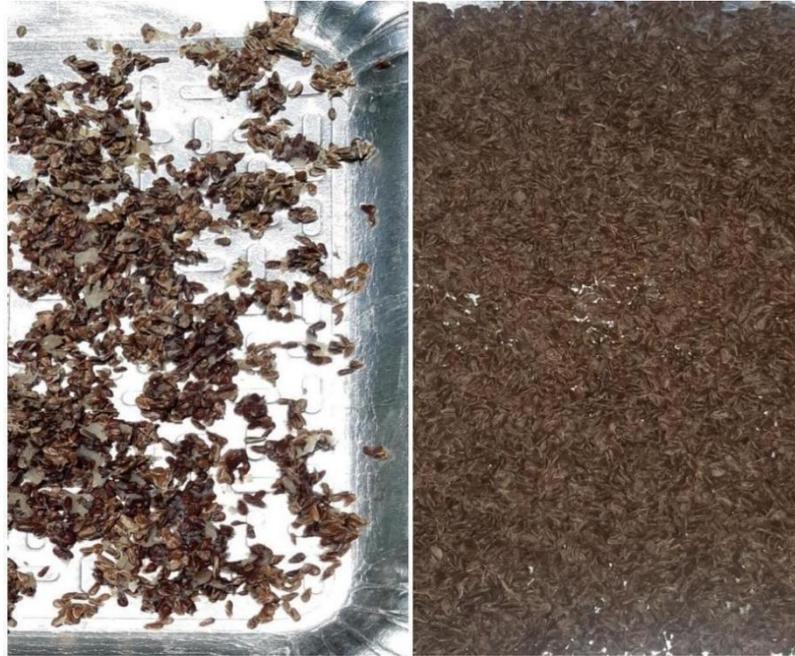
Fonte Autora

Os arbustos da *Morinda citrifolia* Linn. foram coletados, tendo os frutos um distanciamento de 2m × 2m, não sendo irrigados e nem adubados. O período de coleta foi dividido em dois distintos: a primeira coleta foi realizada no período chuvoso entre os meses de julho de 2021 e dezembro de 2021 e a segunda foi realizada entre os meses de janeiro de 2022 e março de 2022.

#### 4.2 Preparação das amostras

Os frutos foram macerados em peneira em água corrente para retirada da polpa e obtenção das sementes, lavadas e expostas ao sol como mostra a figura 6 para secagem e posteriormente submetidas ao processo de trituração com a utilização de um multiprocessador.

Figura 6 Sementes do Noni em processo de secagem



Fonte Autora

As colheitas das sementes do *Noni* foram realizadas em momentos distintos e para a composição do material analisado, para produção do óleo e do biodiesel, foram misturadas todas as biomassas colhidas em um total de 12 amostras pesando 100 gramas cada uma na área de estudo.

#### 4.3 Granulometria das sementes

O processo de separação granulométrica consiste no intuito de separar e classificar materiais de acordo com seus diâmetros, destacando-se o método do peneiramento. Este método consiste em um conjunto de peneiras com uma certa quantidade de biomassa predisposta do material que se almeja separar e classificar. Sob movimentação, as sementes propendem a passar ou conservar nas peneiras de acordo o seu diâmetro e o diâmetro de abertura das peneiras. Dessa maneira a técnica de peneiramento é bastante aplicada para realização do processo de separação e classificação de sementes de biomassas, além de ser utilizada para construção de modelos de distribuição de materiais. Portanto, o presente estudo objetivou realizar a separação das sementes de *Noni* em diferentes condições e determinar um modelo de distribuição granulométrica para as sementes. Considerando o peneiramento das sementes retidos na peneira de 10 Mesh, na qual cerca de 90% dos grãos permaneceram retidos, foram encontradas partículas de tamanhos entre 2 mm e 2,5 mm. Além disso, o modelo que melhor descreveu o ensaio foi o Gates, Gaudin e Schuhmann (GGS) segundo (CAROLINA,2020), para uma condição operacional de 5 minutos e intensidade de agitação.

Figura 7 Granulometria da semente do Noni seca e triturada



Autora

Fonte

#### 4.4 Extração do óleo

A extração do óleo foi realizada utilizando o hexano e o etanol em um sistema unificado como solvente. Esse processo foi realizado em uma batelada de seis vezes ao mesmo tempo para obtenção de um volume suficiente para realização das análises. Foi utilizada a metodologia citada por Akbar et al. (2009) com algumas alterações.

Inicialmente foram pesadas e separadas 12 amostras com peso de 100 g de semente triturada. Essas amostras foram adicionadas separadamente a papel filtro e então colocadas no extrator tipo soxhlet. Em seguida, balões volumétricos de 250 mL foram adicionados aos solventes na proporção 100 mL de hexano e 100 mL de etanol, ambos aquecidos a aproximadamente 70 °C sob refluxo contínuo por seis horas. Em seguida, houve um período de espera para que o volume refluxado atingisse a temperatura ambiente. Por fim, as amostras foram encaminhadas para separação do óleo e solvente, por meio de um rota-evaporador. A figura 8 abaixo apresenta as duas fases do óleo vegetal gerado e o sistema tipo Soxhlet de batelada.

Figura 8 Processo de batelada por Soxhlet e as duas fases do óleo vegetal gerado



*Fonte Autora*

#### **4.5 Determinação do índice de acidez**

Segundo Araújo (2011), a acidez expressa a quantidade de ácidos graxos livres presentes no biodiesel a depender da matéria – prima utilizada. Ainda segundo o autor, é a quantidade de base medida em miligramas de hidróxido de potássio necessária para neutralizar uma grama da amostra.

O óleo com altos valores de acidez pode promover a corrosão e formação de depósitos nos motores, além de afetar a qualidade do combustível gerado.

Para este trabalho, foi utilizada a metodologia AOCS Cd 3d-63, da American Oil Chemists' Society. A determinação da acidez foi realizada para as fases obtida na extração do óleo do Noni.

#### **4.6 Determinação da densidade**

A densidade relativa foi determinada com base nos procedimentos ASTM D4052 e ABNT NBR 14065. Durante o processo, foram usados 10 ml da amostra na célula do densímetro (DMA 4500) à temperatura de 25°C e a leitura dos resultados foi realizada de forma direta no densímetro.

#### **4.7 Produção do biodiesel pela transesterificação**

Na produção do biodiesel foi realizado o processo de transesterificação sugerida. O óleo foi pesado e levado ao aquecimento em banho maria entre 60°C e 70°C sob agitação.

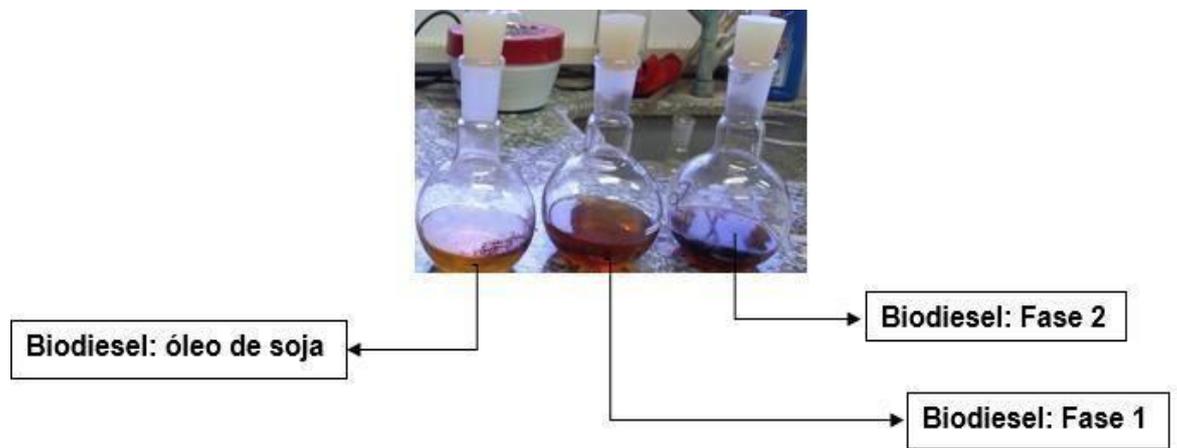
Paralelo a isso, foram calculadas as quantidades do catalisador hidróxido de potássio (KOH) e metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) a ser utilizadas para o preparo da solução.

Em seguida o hidróxido de potássio foi dissolvido no metanol e ao atingir a temperatura de  $55^\circ\text{C}$ , foi acrescentada a solução descrita sendo deixada em aquecimento durante uma hora.

Após a mistura atingir a temperatura ambiente, foi disposta em um funil de separação e após de 40 minutos, foi realizada a separação do biodiesel produzido e a glicerina. Em seguida, foram realizadas duas lavagens com cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) seguidas de lavagens com água até que o pH permanecesse na faixa entre 6 e 7.

O biodiesel gerado apresentou uma coloração amarela e leitosa, retornando para um béquer em agitação até a mudança de cor e eliminação de toda a água. Ao fim do processo, foi realizada a separação do óleo em duas fases (fase 1 e fase 2). Como forma de comparação dos parâmetros físico – químicos das duas fases do óleo, foi utilizado o biodiesel gerado a partir do óleo de soja.

Figura 9 Obtenção da bancada do biodiesel do óleo do Noni fase 1 e 2 e do óleo de soja



Fonte Autora

#### 4.8 Infravermelho por transformada de Fourier - FTIR

A espectroscopia de infravermelho tem sido sugerida como uma ferramenta útil de análise não destrutiva para distinguir diferentes pectinas (Abdenor Fellah et al., 2009). Esta técnica proporciona um método simples e rápido para a detecção quantitativa e separação de pectinas com diferentes graus de esterificação, com a vantagem da obtenção de informações sobre a distribuição dos substituintes.

Os espectros de FTIR do biodiesel foi realizado pelo espectrômetro FTIR IRAffinity1, com sensor de reflectância total atenuada (ATR). A análise consistiu em colocar uma gota da amostra sobre o cristal do equipamento e, em seguida, ocorreu à incidência de uma fonte de

radiação infravermelha, permitindo a absorção pela amostra e a obtenção de seus dados espectrais.

#### **4.9 pH**

A determinação do pH das fases 1 e 2 do biodiesel foi realizada em solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), a amostra das duas fases foram transferidas para recipiente plástico e adicionados 50ml da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01mol L<sup>-1</sup>. Após isso, as amostras foram agitadas em agitador circular horizontal por 10 minutos a 220 rpm. Em seguida, foram deixadas em repouso por 30 minutos e os valores de pH em suspensão foram medidos em pHmetro modelo Q400AS da marca QUIMIS® com eletrodo combinado de vidro modelo QA338-ECV combinado Ag / AgCl com legibilidade de 0,01pH.

#### **4.10 Teor de corrosão**

Este procedimento foi executado de acordo com o método ASTM D - 130 (2010), tanto na fase 1 quanto na fase 2 do biodiesel. Foram mergulhadas, uma por vez, 3 lâminas de cobre comercial 99% com formato retangular (1,9cm x 0,93cm x 0,47cm) em 200 ml biodiesel a temperatura de 50 °C por 3 horas. Na borda de cada lâmina foram feitos orifícios de 2 mm para estas serem sustentadas por um fio de náilon e assim serem suspensas nas amostras de biodiesel. Antes e depois dos testes de imersão, cada lâmina foi lavada com água destilada, desengordurada com acetona e secadas em ar quente. Cada experimento foi realizado em frascos de vidro e protegidos da luz. Interpretou-se o grau de corrosão comparando as lâminas submersas com a placa de referência de corrosão padronizada e classificada visualmente nos padrões de uma escala de classe 1a (ligeira mancha) para classe 4c (mancha pesada).

#### **4.11 Análise termogravimétrica - TGA**

A análise termogravimétrica é uma técnica analítica que monitora a perda ou ganho de massa de uma amostra em função do tempo ou da temperatura, onde é submetida a um programa de temperatura e atmosfera controladas. Essa análise pode fornecer informações sobre reações químicas e sobre transições físicas (CAI et al., 2017). O instrumento utilizado é um analisador termogravimétrico, ou termobalança, que consiste em um pequeno prato com amostra que é apoiado por uma balança de precisão, uma pequena amostra permite a pesagem contínua à medida que a temperatura do forno segue a programação estipulada (CAI et al., 2017; HUANG et al., 2016). Com esse gráfico de decrescimento poderá se observar na faixa de temperatura de

ebulição dos ésteres quanto de massa foi perdido obtendo uma estimativa da conversão de óleo em éster.

As análises termogravimétricas foram realizadas com as sementes inteiras e no menor MESH. Em seguida, do óleo da biomassa em estudo foi realizada a mesma análise nas fases 1 e 2 do óleo e do óleo de soja, por fim dos biodiesel das fases 1 e 2.

#### **4.12 Determinação do teor de umidade**

Para a determinação da umidade do óleo gerado nas fases 1 e 2, foi utilizado o método ASTM D373-85.

#### **4.13 Análise dos dados**

Para análise estatística dos dados foi utilizado o software BioEstatistic 5.0 em todas as análises com o acompanhamento do software Microsoft Office Excel para tabulação do estudo. Os dados foram analisados a partir da estatística descritiva para análises imediatas, análise elementar, para poder calorífico e para caracterização físico-química do bio-óleo, e pela estatística descritiva Anova para os rendimentos das frações obtidas no processo termoquímico do óleo do Noni, onde o teste F foi baseado em um intervalo de 95% de confiança.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Rendimento do óleo vegetal

Conforme Pighinelli et al. (2008), o método de batelada de grãos oleaginosos é um método seguro e de baixo custo para a obtenção de óleos vegetais, sendo considerado uma alternativa para pequenas comunidades agrícolas. Como desvantagem em relação ao método tradicional com o uso de solvente, o autor cita a menor eficiência deste método, sendo afetada diretamente por parâmetros como como o teor de umidade e temperatura dos grãos além de aspectos construtivos da prensa, como dimensionamento do seu eixo e da gaiola.

A tabela 2 a seguir apresentam os valores de rendimento das fases 1 e 2 do óleo gerado a partir da semente do Noni.

*Tabela 2 Teor de óleo vegetal gerado na fase 1 e na Fase 2*

Amostras	mIAS (g)	mOE (g) Fase		Teor de óleo (%)	
		1	2	Fase 1	Fase 2
1	100,02	3,86	1,56	3,85	1,55
2	100,05	3,85	1,55	3,84	1,55
3	100,01	3,84	1,54	3,83	1,54
4	100,03	3,87	1,56	3,86	1,56
5	100,02	3,86	1,55	3,85	1,55
6	100,04	3,84	1,54	3,83	1,54
7	100,04	3,86	1,53	3,85	1,53
8	100,02	3,85	1,55	3,84	1,55
9	100,01	3,86	1,56	3,85	1,56
10	100,03	3,85	1,55	3,84	1,54
11	100,02	3,85	1,54	3,84	1,54
12	100,01	3,87	1,56	3,86	1,56

*Fonte Autora*

É possível verificar que a separação da glicerina não foi eficiente nas amostras 4, 9 e 12 no biodiesel em ambas as fases do óleo vegetal. Durante o processo, houve a formação de uma emulsão, fato que comprometeu o rendimento. Além disso, as mesmas amostras apresentaram um valor do índice de acidez maior do que as demais. Por fim, as demais amostras tiveram rendimentos aceitáveis, tendo uma média no rendimento foi de 3,85% na fase 1 e 1,55% na fase 2.

### 5.2 pH

O equipamento utilizado nas medições deste parâmetro foi disponibilizado pelo Instituto de Ledbio – UFT, como sistema de medição para estudo da caracterização do óleo e do biodiesel produzido da semente do Noni. A temperatura das medições variou no intervalo de 24 – 27°C, sendo que todas as medições foram feitas por um único operador para a elaboração

da referência para que houvesse uma precisão na operação do equipamento e conseqüentemente na coleta dos dados.

Foram realizadas 3 medições para as amostras do óleo extraído fase 1 e 2 e do óleo de soja, que foi utilizado como óleo de referência.

### 5.2.1 pH do óleo de Noni

Os valores do pH encontrados nas duas amostras de ambas as fases do óleo de Noni gerado foram acima de 8,0, sendo que algumas medições ficaram acima de 9,0, considerado alcalino.

*Tabela 3 Medição do pH na fase 1 e 2 do óleo extraído da semente do Noni e o óleo de soja*

<b>Medições</b>	<b>Fase 1: óleo do Noni</b>	<b>Fase 2 :óleo do Noni</b>	<b>Óleo de soja</b>
<b>pH (Medição 1)</b>	8,64	13,40	3,0
<b>pH (Medição 2)</b>	9,30	13,31	3,1
<b>pH (Medição 3)</b>	9,79	13,45	3,0

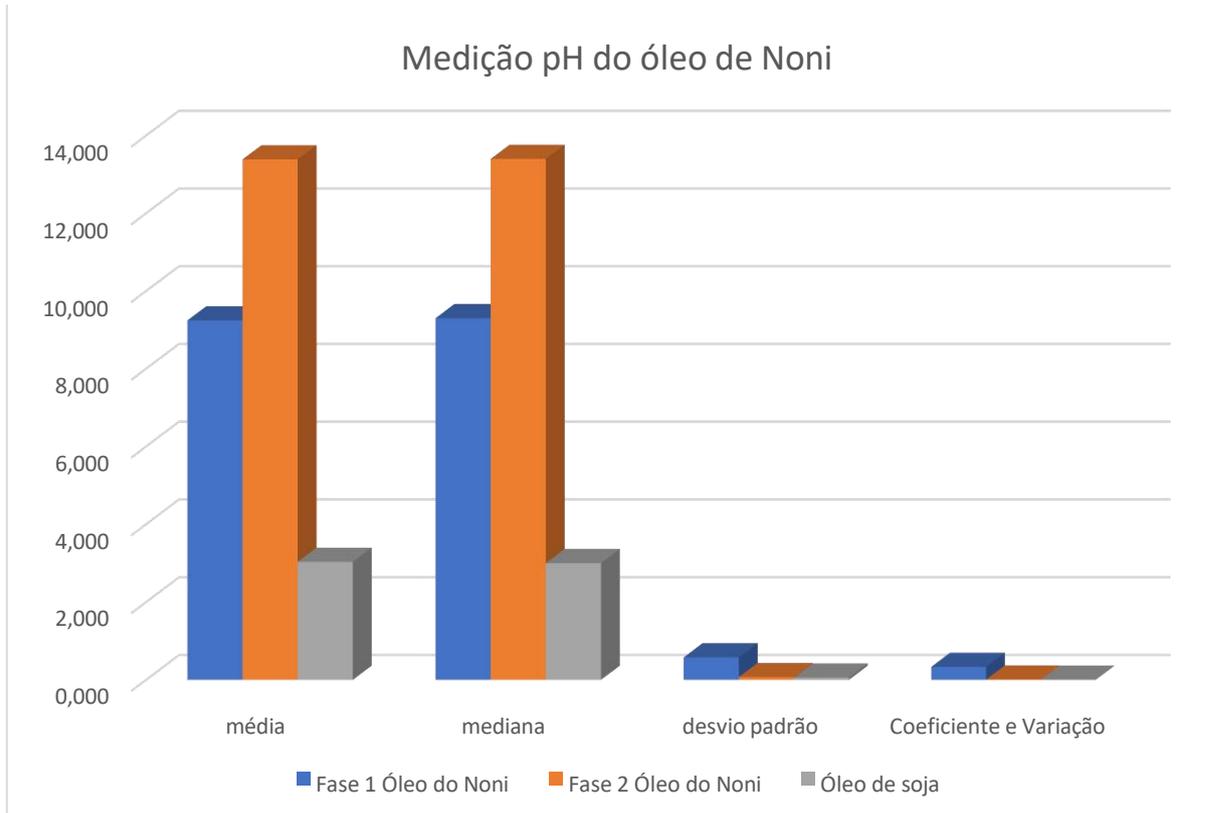
*Fonte Autora*

*Tabela 4 Análise estatística medição do pH*

	<b>Fase 1 óleo do Noni</b>	<b>Fase 2 óleo do Noni</b>	<b>Óleo de soja</b>
<b>Média</b>	9,243	13,387	3,033
<b>Mediana</b>	9,300	13,400	3,000
<b>Desvio Padrão</b>	0,577	0,071	0,058
<b>Coefficiente e Variação</b>	0,333	0,005	0,003

*Fonte Autora*

Gráfico 2 Dados estatísticos análise do pH



*Fonte Autora*

### 5.2.2 pH do óleo do biodiesel gerado

A tabela abaixo apresenta os valores do pH encontrados para as duas fases do biodiesel gerado.

*Tabela 5 Medição do pH na fase 1 e 2 do biodiesel gerado*

Medições	Fase 1 do biodiesel	Fase 2 do biodiesel
<b>pH (Medição 1)</b>	7,21	10,38
<b>pH (Medição 2)</b>	7,22	10,37
<b>pH (Medição 3)</b>	7,21	10,35

*Fonte Autora*

Nota-se que a fase 1 do biodiesel apresenta-se praticamente na fase neutra, diferente da fase 2, mais alcalina.

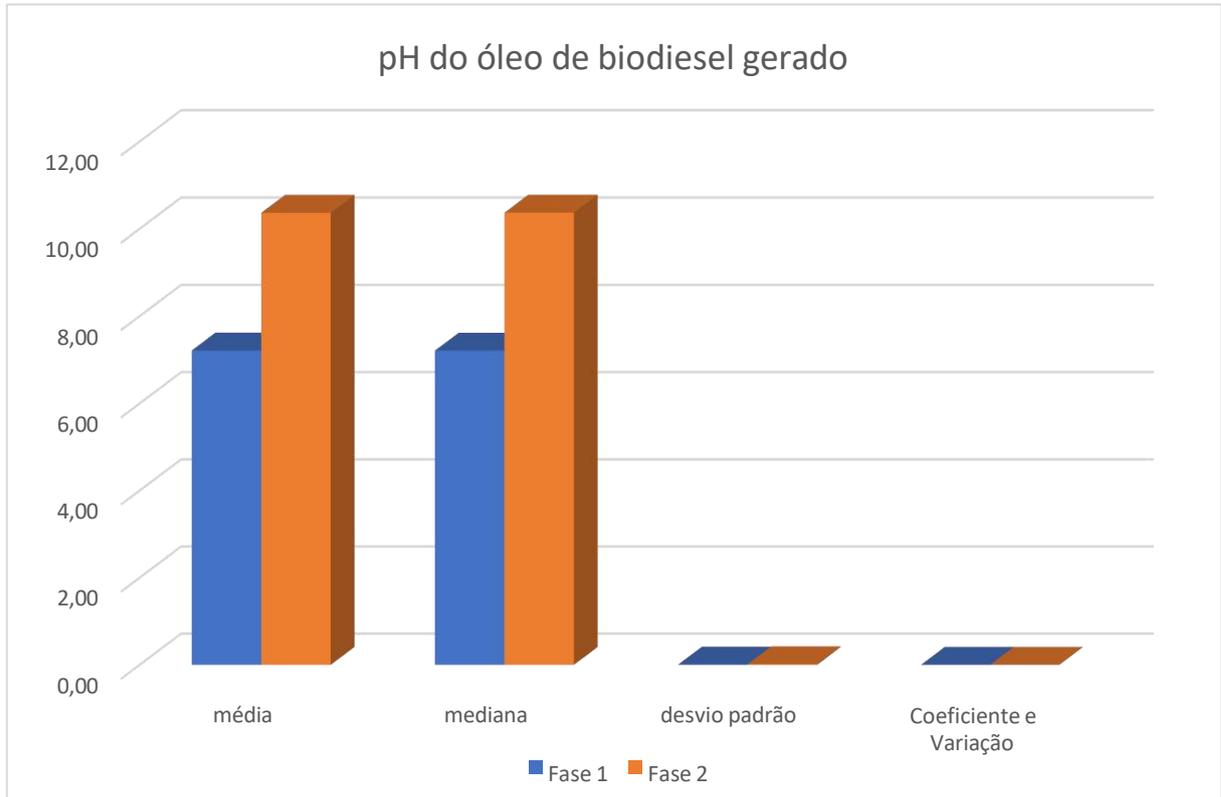
*Tabela 6 Análise estatística medição do pH do biodiesel*

Fase 1 do biodiesel	Fase 2 do biodiesel
---------------------	---------------------

<b>Média</b>	7,21	10,37
<b>Mediana</b>	7,21	10,37
<b>Desvio padrão</b>	0,01	0,02
<b>Coefficiente de Variação</b>	3,333E-05	2,333E-04

*Fonte Autora*

Gráfico 3 Dados estatísticos análise do pH do biodiesel gerado



*Fonte Autora*

Em trabalho realizado por Correia (2013) ao analisar a o processo de pirolise do esgoto doméstico para a geração de biodiesel, foi encontrado valor próximo para o óleo gerado (pH 7,5) e acima do encontrado em outras biomassas lignocelulosica (pH entre 2,0 e 3,0) (FIGUEIREDO, 2011). De acordo com ZHANG (2011), o pH de bio-óleo proveniente de materiais lignocelulósicos e outras biomassas é baixo devido à presença de ácidos carboxílicos, principalmente o acético e o fórmico.

Já Oliveira (2012) comparou o biodiesel gerado a partir da linhaça e da soja, obtendo um pH de valor 7,0 e 9,0 respectivamente para a soja e linhaça. Dessa forma, o biodiesel de linhaça demonstrou pH muito alto, podendo indicar um óleo bastante antigo, com perdas de propriedades. Ainda segundo o autor, os óleos vegetais apresentam pH considerados ácidos

nesta faixa já que o biodiesel gerado a partir destes óleos apresentam uma densidade menor, certamente ocasionado pelo processo de transesterificação.

A preocupação com o pH do bio-óleo é que este não esteja fortemente ácido, pois poderá causar desgaste em estruturas metálicas de motores. Desta forma, o tanto a fase 1 quanto a fase 2 do biodiesel gerado pelo Noni não apresentam um pH com qualidade satisfatória.

### 5.3 Acidez

Segundo Araújo (2011), a acidez expressa a quantidade de ácidos gordos livres presentes no biodiesel a depender da matéria – prima utilizada. O óleo com altos valores de acidez pode promover a corrosão e formação de depósitos nos motores, além de afetar a qualidade do combustível gerado. Ainda segundo o autor, é a quantidade de base medida em miligramas de hidróxido de potássio necessária para neutralizar uma grama da amostra.

Um elevado índice de acidez no biodiesel pode indicar que o combustível já possui um certo grau de deterioração, já que os ácidos são produtos de oxidação do biodiesel. Os ácidos formados, além de serem um sinal de deterioração do produto, podem levar a problemas nos motores, a partir da corrosão das peças metálicas (ANP, 2021).

No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) determina que o valor máximo do teor de acidez para o biodiesel seja de 0,5 KOH/g.

Os dados de acidez obtidos para o biodiesel gerado a partir do óleo de Noni são apresentados na tabela abaixo.

*Tabela 7 Acidez*

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
	( mg de KOH/g)	( mg de KOH/g)
<b>Medição 1</b>	0,21	0,42
<b>Medição 2</b>	0,22	0,43
<b>Medição 3</b>	0,21	0,43

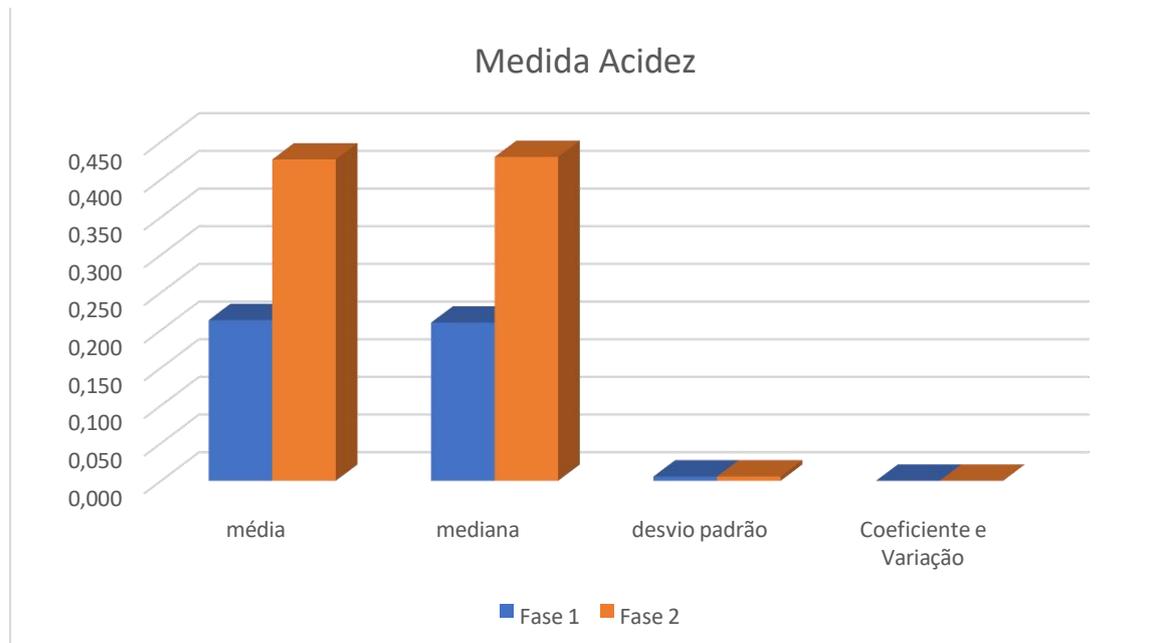
*Fonte Autora*

*Tabela 8 Análise estatística medição da acidez*

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
<b>Média</b>	0,213	0,427
<b>Mediana</b>	0,210	0,430
<b>Desvio Padrão</b>	0,006	0,006
<b>Coefficiente e Variação</b>	3,333E-05	3,333E-05

*Fonte Autora*

Gráfico 4 Dados estatísticos análise da acidez



Fonte Autora

Em todas as fases nas 3 medições realizadas, o biodiesel apresentou valores abaixo do preconizado pela ANP, não sendo necessário nenhum processo posterior para correção da acidez.

Oliveira (2018), observou o aumento da acidez em bio – óleo devido à formação de ácidos carboxílicos durante o estudo de oleaginosas para a produção de biodiesel. Já Oster (2013) ao analisar o caroço de pequi com a mesma função, encontrou o valor de 3,25 mgKOH/g, constatando o valor elevado para a produção de biodiesel – a ANP preconiza que o valor máximo de acidez deve ser de 0,5 mgKOH/g para a produção de biocombustíveis, portanto, necessitando de uma desacidificação prévia deste óleo.

#### 5.4. Teor de corrosão ao cobre

A tabela abaixo apresenta o resultado das amostras do teste de corrosividade em cobre.

Tabela 9 Teor de corrosão ao cobre

	Fase 1	Fase 2
Medição 1	3A	4A
Medição 2	3A	4A
Medição 3	3A	4A

Fonte Autora

O teste de corrosão ao cobre permite verificar o grau de corrosividade a peças metálicas com ligas de cobre, muito comum em veículos e demais equipamentos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, peças com ligas de cobres são encontradas em instalações para armazenamento de combustíveis.

De acordo com a tabela 6, todas as amostras que foram submetidas a fase 1 do biodiesel apresentaram corrosividade 3A na tabela do método ASTM D130. Ou seja, consideradas não corrosivas. Em trabalho realizado por Alexandre (2013) para caracterizar o lodo de esgoto para uso em biocombustíveis, também foi encontrado o mesmo valor no teste de corrosão.

Entretanto, já a fase 2 do biodiesel se mostrou corrosiva às placas de cobre. Em análise com a mesma tabela, o valor encontrado de 4A já é considerado corrosivo.

## 5.5 Viscosidade

Este parâmetro assume especial importância em termos de comportamento mecânico do combustível, fundamentalmente em duas situações:

1. Durante a injeção: uma viscosidade elevada gera resistência na bomba injetora, gerando um aumento de pressão e conseqüentemente um aumento do volume injetado, aumentando o tempo de ignição e originando maiores emissões de NOx;
2. Ao longo da combustão: Uma viscosidade elevada gera uma atomização pobre do combustível na câmara de combustão, pois o fluido oferece maior resistência para se dividir em micro gotículas, não proporcionando assim maior área de troca de energia no seio do fluido para promover combustão completa, gerando resíduos carbônicos que poderão ocluir componentes do motor.

Considera-se valores elevados de viscosidade no biodiesel quando o processo de fabricação é adequado e realizado corretamente. Basicamente, devido a matérias-primas altamente viscosas, constituídas por triglicérides de elevado peso molecular (Araújo, 2010). Pode-se citar por exemplo o óleo de mamona, de viscosidade elevada ( $240 - 300 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Paralelamente a este fato, considera-se também que haja uma relação inversa entre a viscosidade e pureza (conversão em ésteres) do biodiesel obtido. Contudo, mesmo uma conversão elevada não é suficiente para gerar viscosidades aceitáveis se a matéria-prima for muito viscosa.

A análise da viscosidade obtida foi realizada em triplicata e com a temperatura em  $55^\circ\text{C}$ . A tabela abaixo apresenta os resultados de viscosidade.

Tabela 10 Viscosidade das amostras de biodiesel fase 1 e biodiesel fase 2

Amostras	Biodiesel - Fase 1 viscosidade (cP x 10 <sup>3</sup> )	Biodiesel - Fase 2 viscosidade (cP x 10 <sup>3</sup> )
1	6,89	3,12
2	6,87	3,15
2	6,89	3,12

Fonte Autora

Para Pontel (2016), três fatores explicam o comportamento da viscosidade pois contribuem diretamente para o aumento da barreira potencial necessária para o movimento das moléculas: a inserção dos grupos hidroxílicos nas cadeias de ácidos graxos; a inserção de grupos de éteres vicinais às hidroxilas e a consequente redução das insaturações de configuração cis em função da modificação feita.

Oliveira (2018), em estudo sobre oleaginosas para produção de biocombustíveis, encontrou valores elevados de viscosidade para a gordura de Munguba (13,28 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e óleo de Tingui (44,6 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>). Os valores obtidos são próximos para outras oleaginosas observados em outros trabalhos – macaúba 41,9 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> e andiroba, 38,4 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>.

Vale destacar que o mesmo autor ao estudar o bio – óleo gerado a partir do óleo da Munguba (3,5 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e do Tingui (3 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), encontrou valores aproximados aos obtidos neste pesquisa, principalmente aos obtidos na fase 2 do biodiesel. Como resultado da pesquisa, o biodiesel gerado a partir daquelas matérias – primas se tornou inviável pelo valor baixo da viscosidade. Quanto ao biodiesel produzido pelo Noni, a viscosidade não se mostrou adequada para a comercialização, portanto, inviabilizando a sua produção.

## 5.6 Densidade

Assim como nos outros produtos gerados, as análises foram realizadas em triplicatas e exibidas no próprio equipamento. A tabela 11 abaixo apresenta os resultados da densidade.

Tabela 11 Densidade

Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Óleo de Noni Fase 1	Óleo de Noni Fase 2	Óleo de soja	Biodiesel fase 1	Biodiesel fase 2
(Medição 1)	0,933	0,929	0,584	0,929	0,938
(Medição 2)	0,937	0,928	0,587	0,928	0,937
(Medição 3)	0,938	0,929	0,583	0,929	0,933

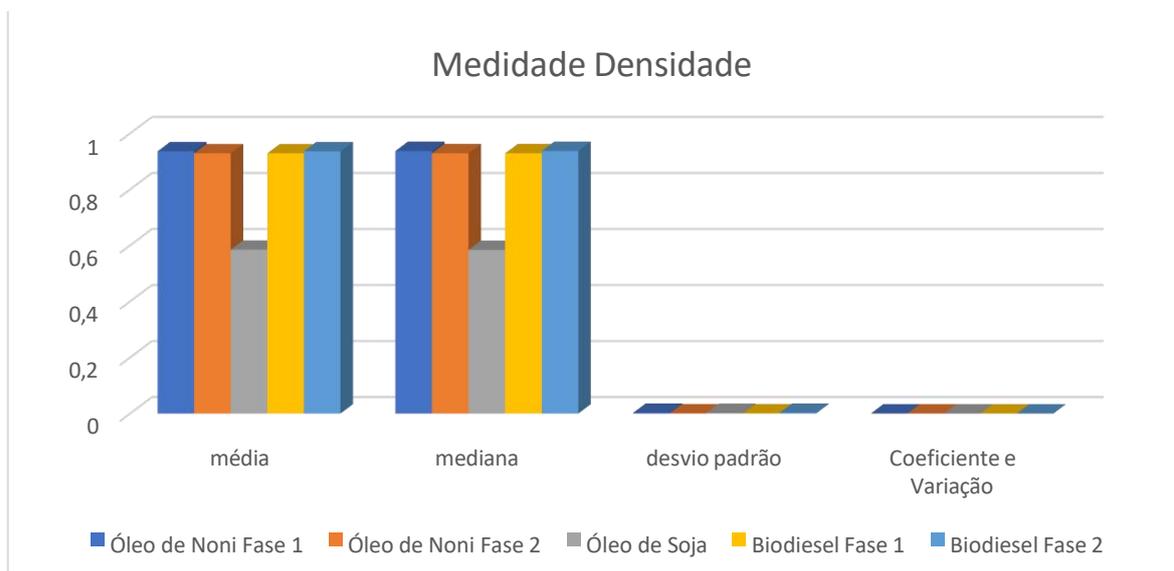
Fonte Autora

Tabela 12 Análise estatística medição da densidade

	Óleo de Noni Fase 1	Óleo de Noni Fase 2	Óleo de Soja	Biodiesel Fase 1	Biodiesel Fase 2
<b>Média</b>	0,936	0,929	0,585	0,929	0,936
<b>Mediana</b>	0,937	0,929	0,584	0,929	0,937
<b>Desvio Padrão</b>	0,003	0,001	0,002	0,001	0,003
<b>Coefficiente e Variação</b>	7E-06	3,33333E07	4,33333E-06	3,33333E-07	7E-06

Fonte Autora

Gráfico 5 Dados estatísticos análise da acidez



Fonte Autora

A densidade do óleo de biodiesel nas fases 1 e 2 apresentaram valores aproximados, confirmando os valores encontrados por Vieira (2004) em trabalho realizado no estudo do biodiesel originado a partir do lodo gerado pela indústria petroquímica ( $0,96\text{g/cm}^3$ ). Sousa (2017) em trabalho para caracterizar o biodiesel gerado a partir do lodo de esgoto também encontrou valores de densidade entre  $0,97\text{g/cm}^3$  e  $0,99\text{g/cm}^3$ .

Justifica-se uma elevada densidade a partir da presença de ácidos graxos no óleo do Noni. Os ácidos graxos são compostos de cadeia longa formados por átomos de carbono e hidrogênio. A estrutura química dos ácidos graxos pode variar, com diferenças no comprimento da cadeia, na presença de ligações duplas e na localização dessas ligações duplas na cadeia. Portanto, quanto menor a quantidade de cadeias insaturadas, maior as forças intermoleculares e intramoleculares, portanto maior a densidade.

Nas palavras de Sampaio (2010), o óleo da semente do Noni possui uma grande quantidade de ácido octadeca 9,12-dienóico (ácido linoléico), ácido graxo popularmente chamado de  $\omega$ -6 sendo considerado um ácido graxo essencial.

A proximidade dos valores de densidade obtidos com o óleo do Noni e do biodiesel gerado a partir deste óleo se dá pela presença dos ácidos graxos que se mantiveram durante o processo de transesterificação.

Em trabalho realizado sobre a produção de biodiesel por outras matérias – primas, Olarte, (2016) afirma que a densidade do biodiesel gerado a partir do lodo da indústria petroquímica e do lodo de esgoto se dá a partir da composição química semelhante entre as matérias – primas, ambas ricas em ácidos graxos, fator preponderante para o valor mais elevado da densidade. Corroborado por Sousa (2017), o biodiesel petroquímico apresenta o valor de densidade acima de  $0,90 \text{ g/cm}^3$  graças à grande presença de hidrocarbonetos na sua composição. Para o biodiesel gerado a partir do lodo de esgoto doméstico, a presença de ácidos graxos em sua composição e a parte de organoclorados influenciaram no valor da densidade. Em ambos os estudos, os autores afirmam que biodiesel gerados por estas matérias – primas são viáveis para a utilização como combustível.

Isto posto, os valores de densidade se mostraram adequados para a viabilidade de biodiesel a partir do óleo de Noni para produção e comercialização.

## 5.7 Teor de umidade

Os óleos utilizados para a produção do biodiesel devem conter um teor de umidade menor que 0,5 %, visto que, teores de umidade superior a este valor podem ocasionar a hidrólise de triglicerídeos em ácidos graxos livres, o que proporciona o aumento do teor de acidez, formação de sabão e diminuição no rendimento das reações (MOURA, 2010).

A Tabela 13 apresenta a comparação entre o teor de umidade das amostras de óleo extraídas do Noni e suas respectivas fases.

*Tabela 13 Porcentagens dos teores de umidade dos óleos extraído do Noni*

<b>Fases o óleo do Noni</b>	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
<b>U (%)</b>	0,02	0,07
	0,05	0,06

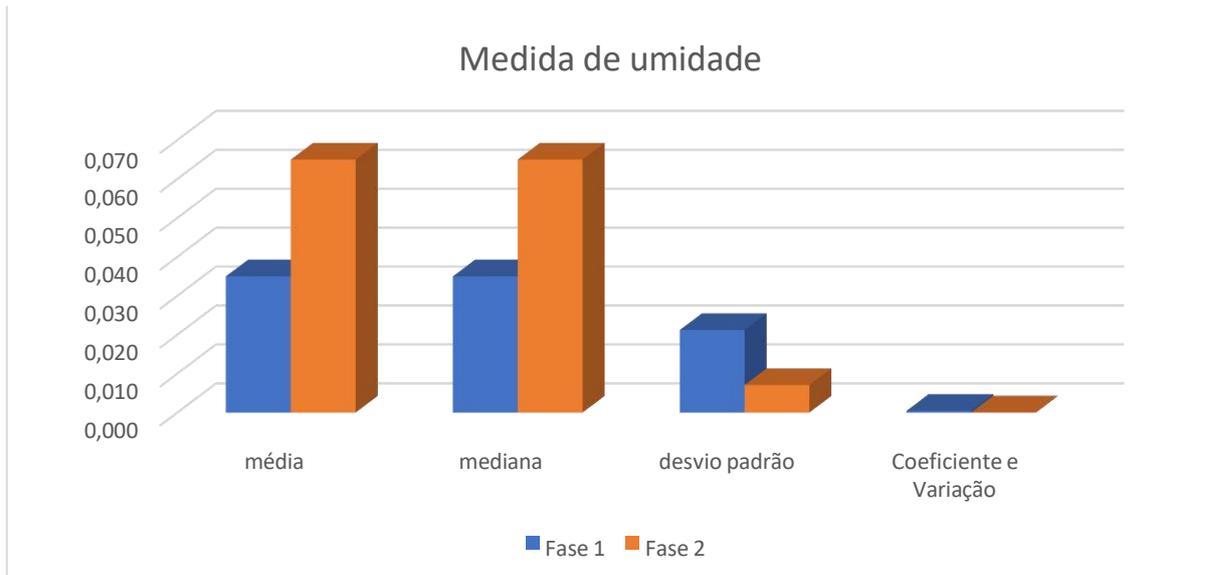
*Fonte Autora*

*Tabela 14 Análise estatística medição da densidade*

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
<b>Média</b>	0,035	0,065
<b>Mediana</b>	0,035	0,065

<b>Desvio padrão</b>	0,021	0,007
<b>Coefficiente e Variação</b>	4,500E-04	5,000E-05

Gráfico 6 Dados estatísticos análise da umidade



Fonte Autora

A partir das análises do teor de umidade dos óleos extraídos do Noni, estes apresentaram valores relativamente baixos, dentro do limite recomendado. Em comparação com outras oleaginosas como o munguba e tingui (OLIVEIRA, 2019), onde apresentaram, respectivamente os teores de umidade de 8,64% e 4,96% e ainda com a soja e o algodão (20% de umidade), o Noni apresentou um teor de umidade ainda mais oportuno para a produção do biodiesel.

### 5.8 Análise termogravimétrica - TGA

Segundo Dweck (2018), as curvas TGA tem como objetivo avaliar e calcular a perda de massa em função da temperatura. As curvas DTG, obtidas a partir da derivação das curvas TGA em função do tempo, objetivam medir a taxa de perda de massa, representando a velocidade das diversas transformações físicas e/ou químicas que ocorrem durante a análise.

Nas palavras de CAI et al., (2017), a análise termogravimétrica é uma técnica analítica que monitora a perda ou ganho de massa de uma amostra em função do tempo ou da temperatura, na qual é submetida a um programa de temperatura e atmosfera controladas. Essa análise pode fornecer informações sobre reações químicas e sobre transições físicas.

Para Sousa (2017), a curva de TGA permite uma estimativa da área de ponto de ebulição dos bio-óleos. Em estudo sobre o bio - óleo a partir da palha de açúcar, Kran (2019) afirma que o óleo obtido por pirólise da palha da cana-de-açúcar tem grande fração que é

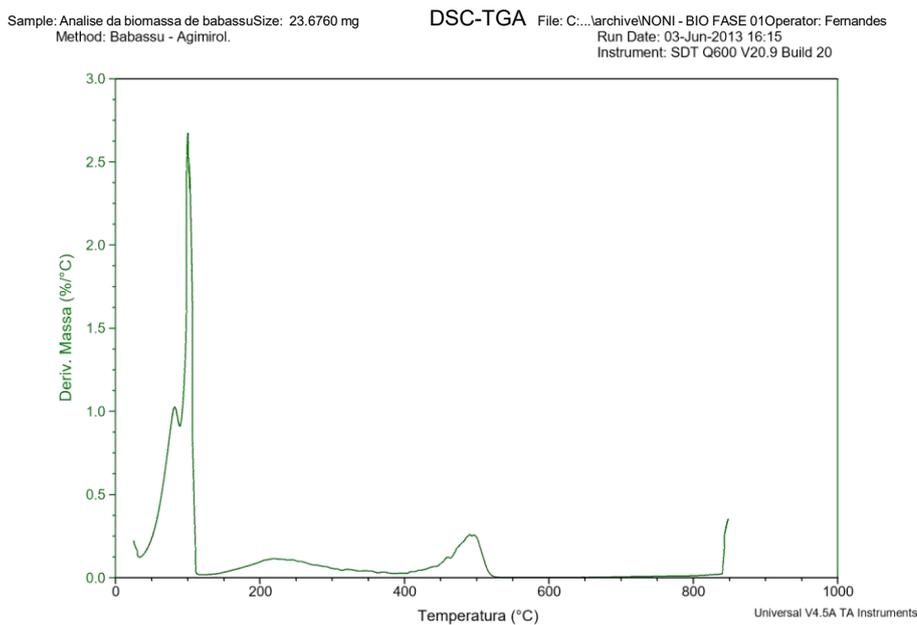
destilavel em temperatura inferior a 250 °C, representando 49,73%, muito superior ao óleo mineral (3,34%) e inferior ao Diesel comum (89,31%).

Para a análise termogravimétrica neste trabalho, o instrumento utilizado foi um analisador termogravimétrico, ou termo balança, que consiste em um pequeno prato com amostra que é apoiado por uma balança de precisão.

Como já citado anteriormente, foi realizada a análise de TGA do óleo de Noni nas fases 1 e 2 e do óleo de soja, no qual teve a função de referência dos resultados obtidos com o óleo de Noni.

A partir das curvas TGA, DTG e DTA apresentadas, a biomassa estudada exibiu quatro estágios de decomposição conforme já descritos por Lin. et al. (2016) e Martiinez et al. (2017). Uma pequena amostra permite a pesagem contínua à medida que a temperatura do forno segue a programação estipulada (CAI et al., 2017; HUANG et al., 2016). Com esse gráfico de decrescimento, poderá se observar na faixa de temperatura de ebulição dos ésteres quanto de massa foi perdido obtendo uma estimativa da conversão de óleo em éster.

Gráfico 7 TG/DTG Óleo de Noni fase 1



Fonte Autora

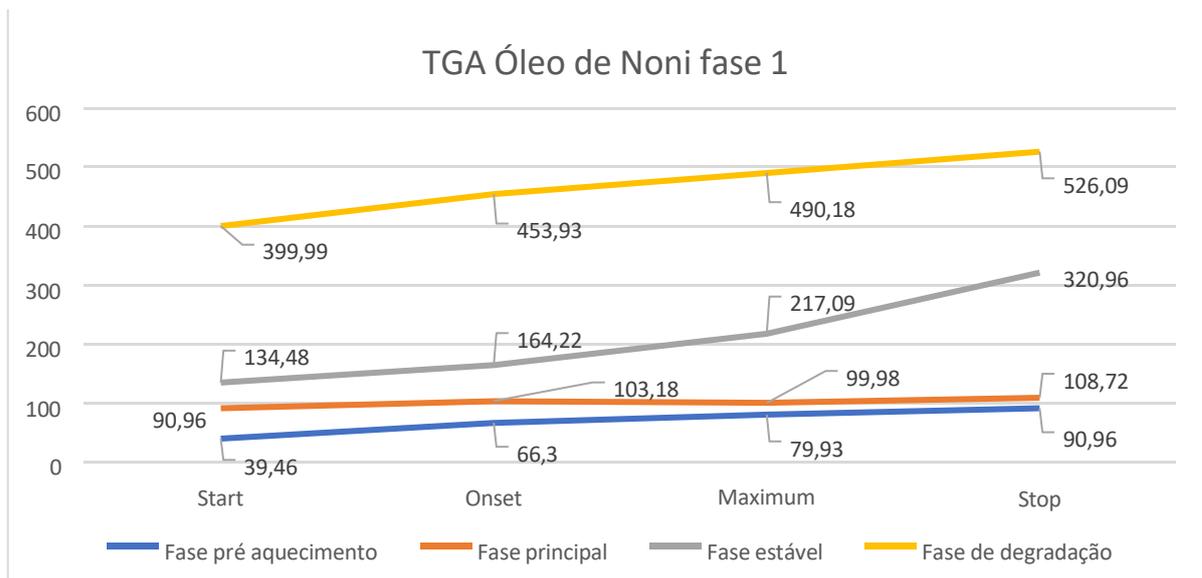
Tabela 15 Resultados obtidos pelas curvas TG/DTG e DTA para o óleo de Noni na fase 1

Peak Integration				
Start	Onset	Maximum	Stop	Área
°C	°C	°C	°C	%·min/°C

<b>Fase préaquecimento</b>	39,46	66,3	79,93	90,96	0,2271
<b>Fase principal</b>	90,96	103,18	99,98	108,72	13,45
<b>Fase estável</b>	134,48	164,22	217,09	320,96	0,3618
<b>Fase de degradação</b>	399,99	453,93	490,18	526,09	0,6036

Fonte Autora

Gráfico 8 Óleo de Noni fase 1



Para o óleo de Noni na fase 1, conforme o gráfico 7, pode-se observar os quatro estágios individuais: fase de pré-aquecimento; a fase principal; fase de degradação do conteúdo orgânico com a formação de quatro picos - também chamada de fase estável - e a degradação da fase de conteúdo inorgânico. Na primeira fase, o pré aquecimento correspondeu à redução 0,22% (tabela 12) da massa inicial, o que corresponde a desidratação da biomassa por perda de água livre e água ligada quimicamente. Foi também observada uma perda de massa de 14,64% somadas todas as faixas de temperatura no intervalo de 39,46 – 526,09 C°.

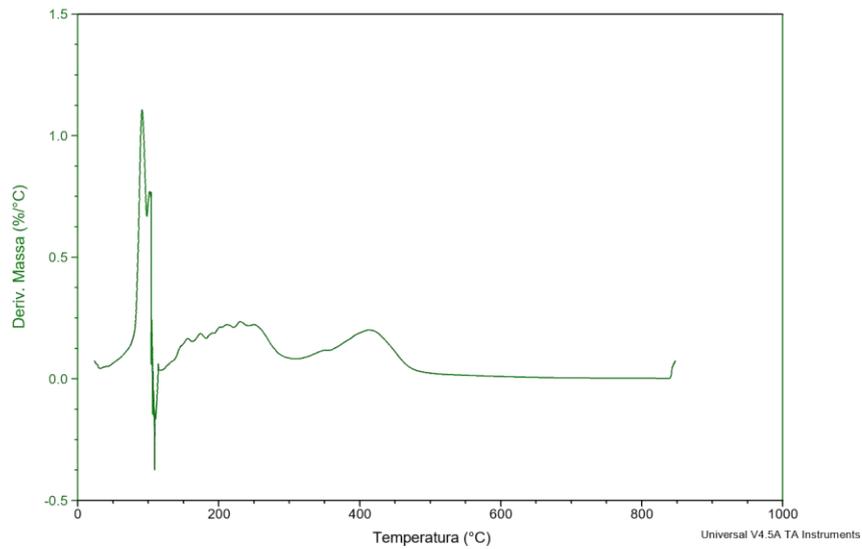
Já na fase 2 do óleo de Noni, a perda de massa foi consideravelmente menor em comparação com a fase 1 – a soma da perda de massa em todas as faixas de temperatura chegou a 2,16% da massa original. Percebe-se também que a amostra atingiu estabilidade na sua perda de massa a partir de 415 C°.

Gráfico 9 TG/DTG Óleo de Noni fase 2

Size: 21.0240 mg  
Method: Babassu - Agimirol.

## DSC-TGA

Operator: Fernandes  
Run Date: 23-Dec-2012 16:37  
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



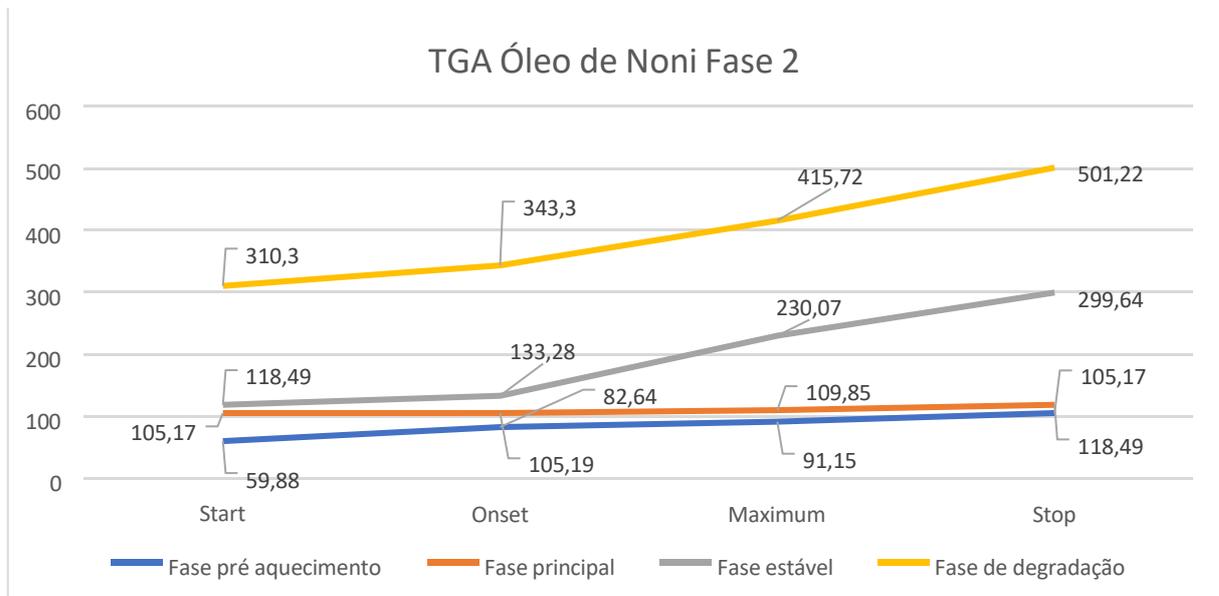
Fonte Autora

Tabela 16 Resultados obtidos pelas curvas TG/DTG e DTA para o óleo de Noni na fase 2

Peak Integration					
	Start	Onset	Maximum	Stop	Área
	°C	°C	°C	°C	%·min/°C
<b>Fase préaquecimento</b>	59,88	82,64	91,15	105,17	0,5682
<b>Fase principal</b>	105,17	105,19	109,85	118,49	0,0531
<b>Fase estável</b>	118,49	133,28	230,07	299,64	0,9219
<b>Fase de degradação</b>	310,3	343,3	415,72	501,22	0,6212

Fonte Autora

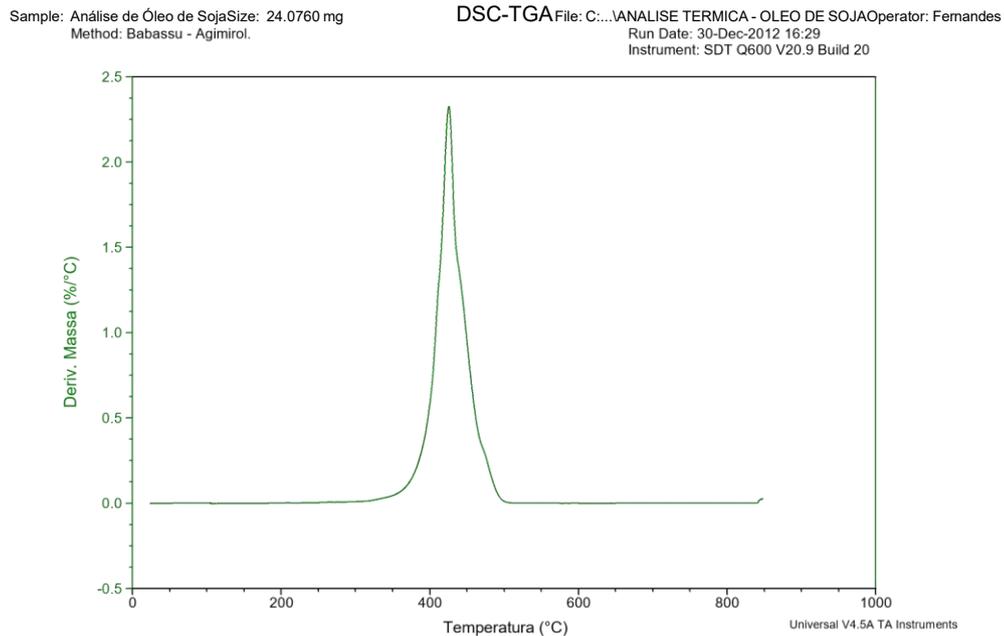
Gráfico 10 TGA Óleo de Noni Fase 2



Para viés de análise de comparação, em trabalho sobre o aproveitamento sustentável dos resíduos da palha da cana – de açúcar para a produção de energia, Faleiro (2019) constatou que para o bio-óleo gerado a partir da pirólise daquele resíduo, seu ponto de ebulição foi de 71,68% e sua massa possui peso molecular semelhante ao Diesel comum. Ou seja, podem ser classificados por fração leve com ponto de ebulição (<350 °C), o que indica que o bio - óleo de pirólise da palha da cana-de-açúcar tem potencial para separação unitária e produção de combustíveis e produtos químicos. Ainda no mesmo trabalho, o autor apresentou as curvas de DTA do bio-óleo da palha da cana-de-açúcar, onde pode-se observar que óleo diesel tem duas faixa de temperaturas que possuem dois comportamentos endotérmicos, onde a primeira inicializa em 48,3 °C e finaliza em 171,8 °C e o segundo comportamento endotérmico que se inicializa na temperatura 530,8 °C até 650 °C e possui um único momento exotérmico que vai da faixa de temperatura 171,8 °C a 530,8 °C. Já o óleo mineral possui dois comportamentos avistados, onde se inicializa com comportamento endotérmico na temperatura ambiente e vai até 389 °C, seguindo o comportamento exotérmico até a temperatura final (650 °C). Dentre os óleos, o que mais se aproximou com a curva DTA do óleo diesel foi uma mistura de Bio-óleo com a taxa de 10 °C.min<sup>-1</sup> com CaO misturado (1:1) com Diesel, que também possui dois comportamentos endotérmicos, iniciando em 48,3 °C a 201,03 °C e o segundo na temperatura 517,6 °C a 650 °C possuindo também um único período exotérmico que vai da faixa de temperatura 201,03 °C a 517,6 °C.

A amostra de referência – óleo de soja, apresentou uma perda de massa de 4,74% em um único evento de perda de massa, em 425,52 °C. O gráfico abaixo e a tabela 14 apresentam os resultados da análise do óleo de soja.

Gráfico 11 TGA Óleo de soja



Fonte Autora

Tabela 17 TGA Óleo de soja

Peak Integration					
	Start	Onset	Maximum	Stop	Área
	°C	°C	°C	°C	%·min/°C
<b>Fase de degradação</b>	350,26	403,2	425,52	500,33	4,742

Fonte Autora

## 5.9 Infravermelho por transformada de Fourier - FTIR

Os resultados foram alcançados em uma faixa de número de onda de 600 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ , com resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  e 32 scans. O FTIR foi aplicado nas duas fases do óleo extraído da semente do Noni como mostra os gráficos 12 e 13 e ainda foi realizada no biodiesel produzido das fases 1 e 2.

Gráfico 12 FTIR da fase 1 do óleo extraído do noni

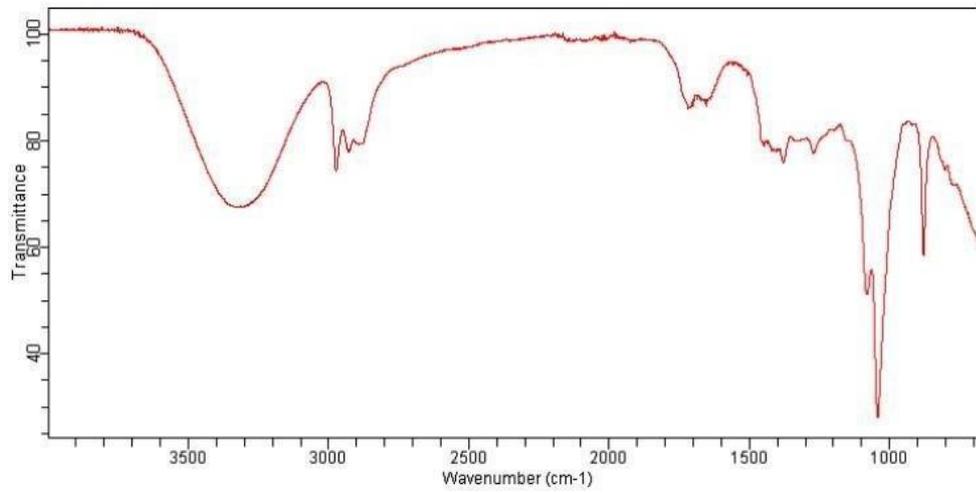
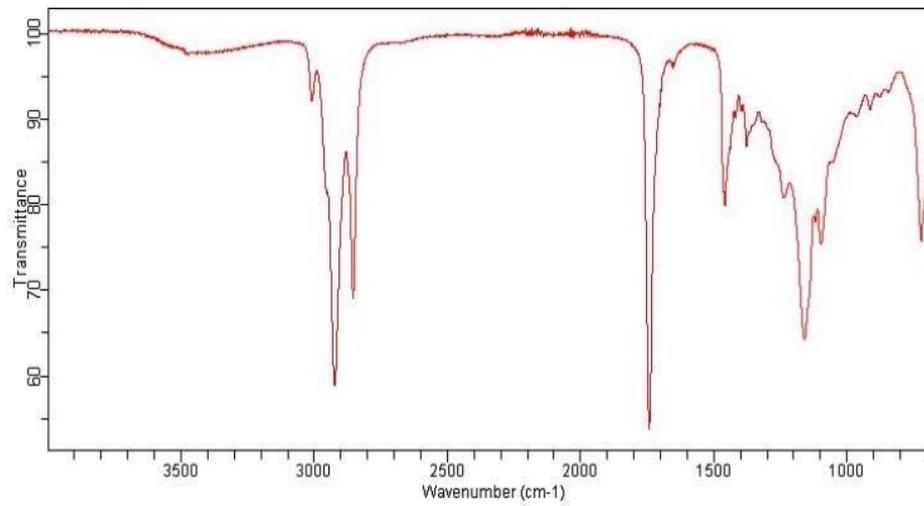


Gráfico 13 FTIR da fase 2 do óleo extraído do noni



Fonte Autora

Gráfico 14 FTIR Biodiesel Fase 1

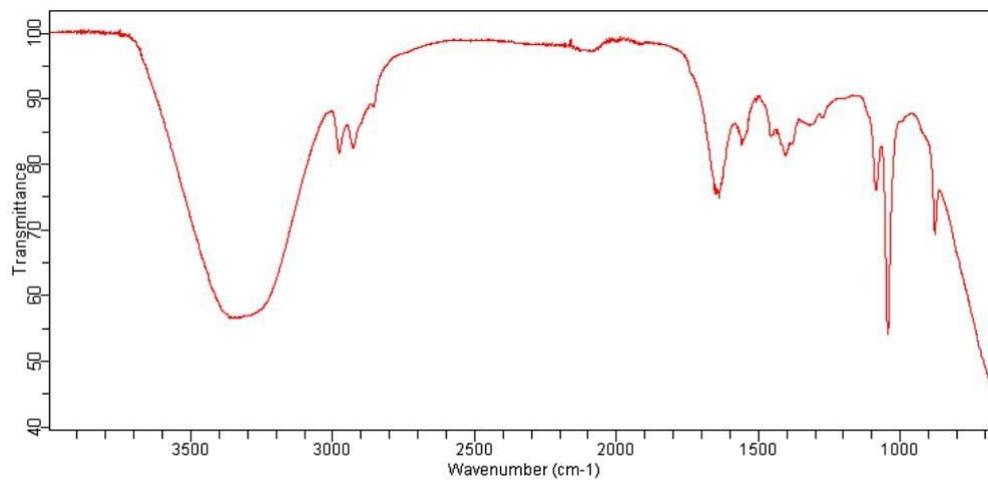
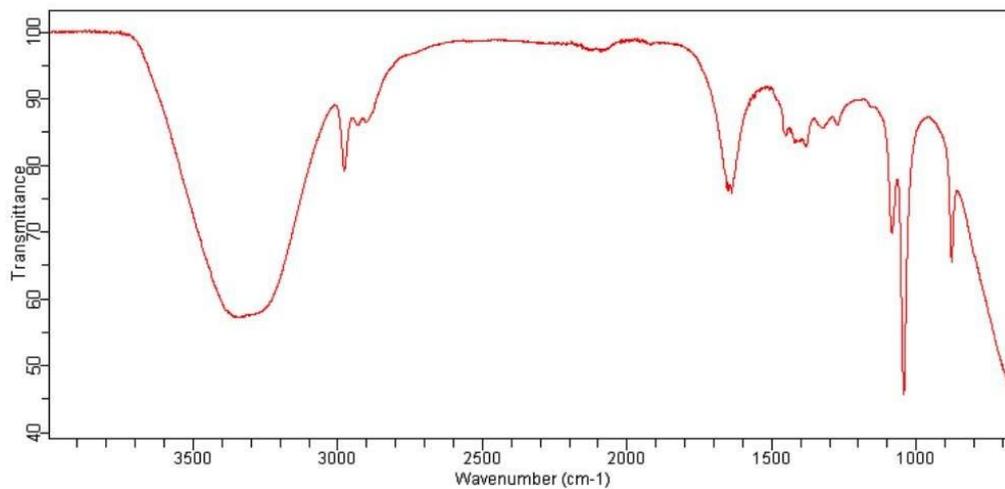


Gráfico 15 FTIR Biodiesel Fase 2



Os resultados das análises de FT – IR para as amostras da fase 1 e 2 do óleo extraído do Noni e do biodiesel gerado a partir das mesmas fases são apresentados nos gráficos 13 e 14. A banda entre  $1000\text{ cm}^{-1}$  e  $1100\text{ cm}^{-1}$  merece destaque pois está relacionada ao estiramento de C-O de álcool primário. A amostra 2 do óleo extraído do Noni revela a existência de duas bandas centradas entre  $1700\text{ cm}^{-1}$  e  $1800\text{ cm}^{-1}$  confirmando a presença de estiramentos C=O, característicos de ácido carboxílico. E entre as bandas  $2900\text{ cm}^{-1}$  e  $3000\text{ cm}^{-1}$ , tem-se a característica do estiramento axial da ligação C-H de grupamentos metila. Sendo assim é esperado que a amostra de amostra 2 do óleo de Noni apresente um baixo grau de esterificação (Guillermo D. M and Franco M. L., 2002).

Com relação ao biodiesel obtido a partir do Noni nas fases 1 e 2, pode-se observar bandas próximas a  $3428\text{ cm}^{-1}$ , que correspondem ao alongamento da vibração do grupo hidroxila; a banda  $2936\text{ cm}^{-1}$  correspondente ao alongamento CH do grupo  $\text{CH}_2$ , e banda  $1746\text{ cm}^{-1}$  correspondente a grupos carboxílicos esterificados ( $\text{COO}^-$ ). LIMA et al. (2013) afirma que uma banda por volta de  $1640\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída à deformação angular N-H da amida II resultante das ligações peptídicas que ocorrem entre o grupo  $\alpha$ -carbonila de um aminoácido e o grupo  $\alpha$ -amino de outro.

Duas outras bandas próximas a  $1637\text{ cm}^{-1}$  e  $1422\text{ cm}^{-1}$  que correspondem a vibrações da ligação O=C–O e mais duas bandas próximas a  $1246$  e  $956\text{ cm}^{-1}$  que segundo Guillermo D. M and Franco M. L (2002), correspondem a região de “Impressão Digital” específico para polissacarídeos.

Nos espectros das amostras 1 e 2 do biodiesel gerado a partir do óleo do Noni, observase a existência de uma banda por volta de  $1640\text{ cm}^{-1}$ , que pode ser atribuída à deformação angular N-H da amida II (ARÊAS; KAWANO, 1991; LIMA et al., 2013) resultante

das ligações peptídicas que ocorrem entre o grupo  $\alpha$ -carbonila de um aminoácido e o grupo  $\alpha$ -amino de outro (CHAMPE; HARVEY; FERRIER, 2006), o que é condizente com o aumento do teor de nitrogênio das amostras determinado por análise elementar.

Em trabalho de análise das propriedades do óleo de soja para aplicação em poliuretanos, Pontel (2016) ao se considerar a etapa de epoxidação, transição do óleo de soja puro (espectro em preto) para o óleo de soja epoxidado (espectro em vermelho), observou a redução da banda em aproximadamente  $3000\text{ cm}^{-1}$ , correspondente à deformação axial da ligação C-H das insaturações dos ácidos graxos e o surgimento das bandas nas regiões de  $825\text{ cm}^{-1}$  (conhecida como banda de “12 microns”) e  $845\text{ cm}^{-1}$  (correspondente à deformação axial do anel oxirânico) que indicam a formação do grupo epóxido na estrutura do óleo de soja (Suppes, 2009). Para a etapa de hidroxilação, transição do óleo de soja epoxidado para o óleo de soja hidroxilado (espectro em azul), o autor cita o desaparecimento das bandas correspondentes ao grupo epóxido e o surgimento da banda relacionada à deformação axial da ligação O-H, em  $3500\text{ cm}^{-1}$ , correspondente aos grupos hidroxílicos e que evidencia o sucesso da síntese. Uma banda bastante intensa também surge na região entre  $1100\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$  e corresponde à deformação axial assimétrica do grupo éter vicinal à hidroxila (SILVERSTEIN, 2006). A tabela a seguir foi usada como referência para a determinação das bandas e suas atribuições.

*Tabela 18 Bandas e atribuições*

Número de onda ( $\text{cm}^{-1}$ )	Atribuições
3428	$\square$ (O-H) e (N-H)
2936	$\square$ (C-H)
1746	( $\nu$ C=O)
1637	$\square_{\text{as}}$ (COO <sup>-</sup> )
1422	$\square_{\text{s}}$ (COO <sup>-</sup> )
1246	$\square_{\text{as}}$ (S=O)
1147	$\square$ (C-O-O) éter da ligação glicosídica
1106	$\square$ (C-H) carbono anomérico
1040	$\nu$ (C-S)
1019	$\square$ (C-O) álcool primário
956	$\square$ C-H em configuração $\square$
906	$\square$ C-H em configuração $\square$
828	Aromáticos com substituição no anel (C-O-S)
700	$\nu$ (S=O)
623	Aromáticos com substituição no anel

Silverstein (1996)

## CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu retirar importantes conclusões relacionadas com a extração do óleo de Noni e principais parâmetros que otimizam a qualidade do biodiesel produzido a partir desta matéria-prima.

O método proposto para a extração do usando a proporção de 1:1 de hexano e etanol como solvente se mostrou eficiente. Ou seja, usando este método, é possível obter o bio – óleo da semente do Noni. Essa proporção diminui o uso de hexano (em outros métodos, a proporção de hexano em relação ao etanol ou outros solventes é maior) que é um proveniente do petróleo, com alta carga poluidora e danoso à saúde. Também possibilita que a produção de biodiesel seja cada vez mais limpa, pois é feita assim a inclusão do etanol na extração do óleo, solvente este que é produzido a partir de uma fonte renovável.

Os resultados dos parâmetros físicos – químicos indicam que a fase 1 do óleo do Noni é passível para obtenção do biodiesel; entretanto, por conta do baixo rendimento (3,85%), sua produção em larga escala fica inviabilizada, mesmo tendo todas as características para geração de um bio – óleo de qualidade.

Isso não se pode dizer da fase 2, uma vez que os parâmetros obtidos com as análises físico – químicas deste produto atestam que o óleo gerado não possui uma qualidade adequada para a produção de biodiesel e o rendimento (1,56%) é ainda menor do que na fase 1.

Quando se trata da extração de óleo do Noni com solventes orgânicos, podemos concluir que o rendimento com a mistura binária formada por hexano e etanol no volume e no tempo citado anteriormente, demonstra que os ácidos graxos encontrados na matéria-prima apresentam uma polaridade intermediária, não sendo totalmente polares nem apolares.

## TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões de trabalhos futuros, têm – se as seguintes propostas:

- Adequar o método na proporção de hexano e etanol para aumentar o rendimento do bio – óleo ou pesquisar outros solventes que permitam o aumento deste rendimento.
- O óleo gerado, apesar de ser possível sua aplicação como matéria – prima para produção de biodiesel, não é viável por conta do baixo rendimento; entretanto, a pesquisa como uso na área da cosmética é promissora pelos dados obtidos e comparados com trabalhos no desenvolvimento de produtos cosméticos baseados em outras oleaginosas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional do Petróleo (ANP). **NOTA TÉCNICA N° 10/2021/SBQ-CPTCQC/SBQ/ANP-DF**. Acessado em 10/02/2023.

AHMED, Naveed et al. Investigation on bio-oil yield and quality with scrap tire addition in sugarcane bagasse pyrolysis. *Journal Of Cleaner Production*, [s.l.], v. 196, p.927-934, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.142>.

AKBAR, E.; YAAKOB, Z.; KAMARUDIN, S. K.; ISMAIL, M.; SALIMON, J.

ALEXANDRE, G. P. Avaliação da produção de bio-óleo por termocatálise com óxido de cálcio de lodo de esgoto doméstico. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2013.

ALVES, M. A. B. Otimização da obtenção de biodiesel etílico de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia).

AMERICAN OIL CHEMIST’S SOCIETY. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists’ Society. 4th ed. Champaign, USA, A.O.C.S., 1993. [A.O.C.S. Official method Cd 3d-63].

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity). ASTM Standard D 445-11, West Conshohocken, PA 19428, 2011.

Applications of *Morinda citrifolia* . Wiley Online Library. 26 de Março de 2017.

CAI, Junmeng et al. Processing thermogravimetric analysis data for isoconversional kinetic analysis of lignocellulosic biomass pyrolysis : Case study of corn stalk. [S. l.], n. September, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.113>

CAROLINA S. F. et al., « Determinação da granulometria e análise das condições operacionais do peneiramento de painço (*Panicum miliaceum*) / Determination of granulometry and analysis of

operational conditions of millet (*Panicum miliaceum*) sifting », *Portal REDIB Red Iberoamericanos.* ). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2020.

CASTELLANELLI, C. A. Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria - RS. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2008.

Characteristic and Composition of *Jatropha curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *European Journal of Scientific Research.* v. 29, nº 3, p. 396403, 2009, ISSN 1450-216X.

**Compounds.** 6th Edition. John Wwiley & Sons, Inc. (1996).

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará, v. 22, n. 4, p. 609-615, out./dez. 2011.

COSTA, A. B. Estudo do perfil clínico-epidemiológico do consumo de *Morinda Citrifolia* Linn (noni) nos municípios do sudoeste goiano. 90 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Goiás regional Jataí, GO, 2016.

COSTA, L. L. F. ; ARAÚJO, A. A. L.; biodiesel obtido de vários oleaginosas: uma revisão bibliográfica. Universidade federal rural do semiárido – UFERSA. Mossoró – CE, 2020.

CUNHA, S.; et. al. Experimento com abacate, borra de café, licuri e leite de coco para extração de óleo, produção de biodiesel e análise espectral. *Quim. Nova*, Vol. 41, No. 6, 691-698, 2018. Europa: Cen, 2001. 10 p.

EUROPEAN STANDARD. EN 14103: Fat and oil derivatives - Fatty Acid Methyl Esters (FAME) - Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents.

FAZAL, M. A. et al. Influence of copper on the instability and corrosiveness of palm biodiesel and its blends: An assessment on biodiesel sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 171, p. 1407–1414, 2018.

FIGUEIREDO, A. L. Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bio-óleo. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

FIGUEREDO, I. D. M. Atividade antioxidante de compostos fenólicos e aminado no biodiesel de babaçu: avaliação por rancimat e calorimetria exploratória diferencial. Folheto, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª. Edição Digital. São Paulo-SP, Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.

MANDARINO, J. M. G. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 43f, Londrina, 2015.

MIGOTO, J. N.; Produção de creme hidratante a partir de óleo essencial extraído do amendoim *arachis hypogaea* l. 2018. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Química - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MIRHASHEMI, F. S.; SADRNI, H. NO X emissions of compression ignition engines fueled with various biodiesel blends: A review. Journal of the Energy Institute, n. X, p.

**OLIVEIRA, A. K. PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO BIODIESEL DE SOJA E BIODIESEL DE LINHAÇA ATRAVÉS DE DOIS MÉTODOS DE PREPARAÇÃO APLICADOS AOS ÓLEOS VEGETAIS. VII CONNEPI, 2012.**

**OLIVEIRA, L. ESTUDO DE OLEAGINOSAS ALTERNATIVAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL E BIO – ÓLEO.** Universidade de Brasília. Brasília, 2018.

**OSTER, V. INFLUÊNCIA DO TEMPO DE EXTRAÇÃO E DA RAZÃO AMOSTRA: SOLVENTE NO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DO CAROÇO DO PEQUI VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL.** Universidade Federal do Tocantins. Palmas – TO, 2013.

PALITO, G. F.; SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V.; ROCHA, C. L. M. S. C.; TONIN, L. T. D. Composição Centesimal, Compostos Bioativos e Atividades Antioxidante de Frutos de *Morinda citrifolia* Linn (Noni) cultivados no Paraná. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. Campinas. v. 17, n.1, p. 59-66, 2015.

PEREIRA, M. A. A., Estudo da atividade antimicrobiana de óleos essenciais extraídos por destilação por arraste a vapor e por extração supercrítica. Pós-graduação em engenharia e tecnologia de materiais da PUCRS. Porto Alegre, 03/2010.

PLANTAS EXÓTICAS. *Revista AGROTEC*, 45 f. 2015 Ponta Grossa, 2018.

PONTEL, C. E. Síntese e propriedades do óleo de soja funcionalizado com grupos hidroxílicos para aplicação em poliuretanos. São Carlos, 2016.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. *Revista Virtual de Química*. v.1, p. 2-15, nov/2017.

SAMPAIO, C. G. Estudo Químico Bioguiado das sementes da *Morinda citrifolia* Linn (Noni) e suas aplicações. 2010, 117 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SANTO, A. T. do E. Estudo sobre Processos de Extração e Purificação de Cafeína da Erva Mate. 2016, 79 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SILVA DE SOUSA, L.; DE MOURA, C. V. R.; DE MOURA, E. M. Influence of binary, ternary and quaternary mixtures on oxidative stability and study of kinetics and thermodynamic parameters of the degradation process of soybean biodiesel. *Fuel*, v.

SILVEIRA, D. A. Produção de Biodiesel a partir de sementes de Pinhão-Manso.

SILVERSTEIN, R. M. & Webster, F.X. **Spectrometric Identification of Organic.**

SINGH, D. et al. Chemical compositions, properties, and standards for different generation biodiesels: A review. *Fuel*, v. 253, n. March, p. 60–71, 2019.

SOUSA, J. A. de; BRITO, E. S. de; SOUZA FILHO, M. de S. M. de; AQUINO, A. R. L. de; SILVA NETO, P. A. F. Noni, Morinda Citrofilia. Embrapa Agroindústria Tropical.

**SOUSA, J. F. ESTUDO DO PROCESSO DE PIROLISE TERMOQUIMICA PARA PRODUÇÃO DE BIO – ÓLEO A PARTIR DO LODO DE ESGOTO.**

Universidade Federal do Tocantins. Palmas – TO, 2020.

TORRES, MAO, et al. One Plant, Many Uses: A Review of the Pharmacological Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2010.

**VIEIRA, G. E. G. Fontes alternativas de energia – Processo aperfeiçoado de conversão térmica. 2004. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.**

WENTING Z., GANGLIANG H., Preparação, características estruturais e aplicação de polissacarídeos de taro em alimentos , *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 10.1002/jsfa.12058 , **102** , 14 , (6193-6201) , (2022) .

WEST, B.J.; JENSEN, C.J.; WESTENDORF, J. J. *food science and technology*, v.43, p. 19881992, 2008.

ZHANG, B.; XIONG, S.; XIAO, B.; YU, D.; JIA, X. Mechanism of wet sewage sludge pyrolysis in a tubular furnace. *International Journal of Hydrogen Energy*, Wuhan, v. 36, p. 355363, Nov. 2011.