

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

WELLINTON DOS SANTOS CICONELLO

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE  
FRANGO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2018

WELLINTON DOS SANTOS CICONELLO

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE  
FRANGO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Diplomação, do Curso Superior de Licenciatura em Química do Departamento Acadêmico de Química – DAQUI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Letícia Ledo Marciniuk

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Química - DAQUI  
Curso de Licenciatura em Química



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL DE FRANGO

por

**WELLINTON DOS SANTOS CICONELLO**

Este trabalho foi apresentado em 05 de julho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química. O Candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Aline Barancelli

(UTFPR)

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Nelson Consolin Filho

(UTFPR)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Letícia Ledo Marciniuk

(UTFPR)

*Orientadora*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus por tudo que tem realizado em minha vida, por iluminar o meu caminho durante a caminhada e, em especial, por mais esta etapa vitoriosa.

Muito obrigado ao meu pai Valdeci e minha mãe Zeni por terem me dado à oportunidade da vida e auxiliado na construção do meu caráter, proporcionando a minha chegada até aqui.

Agradeço a minha esposa Bianca pelo apoio, compreensão e que apesar de todas as dificuldades me deu forças para continuar.

Agradeço a minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Leticia, pelo incentivo e pela grande ajuda com ideias e fornecimento de material para a realização deste trabalho, tornando possível sua conclusão.

À professora Dr<sup>a</sup>. Daniela pela contribuição na interpretação das análises químicas orgânicas.

À professora Dr<sup>a</sup>. Regiane pela contribuição na interpretação das análises de viscosidade.

À professora Dr<sup>a</sup>. Marcilene por ter me encaminhado no decorrer do TCC.

A todos os professores e amigos que me acompanharam durante a graduação, pelos seus ensinamentos, alegrias e tristezas compartilhados.

## RESUMO

CICONELLO, Wellinton. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual de frango**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

Com o surgimento de uma sociedade cada vez mais crescente na busca pela eficiência e produtividade em seus diversos setores, a utilização dos recursos naturais visando suprir essa demanda tem feito com que se busque o desenvolvimento sustentável. Sendo o setor de transportes uma das atividades humanas de maior impacto ambiental, o presente trabalho abordou a viabilidade do uso de óleo residual de frango para a produção de biodiesel a partir da reação de transesterificação com catálise básica. As condições reacionais foram: 30 min de reação à temperatura ambiente, razão molar de óleo de frango:álcool etílico 1:15 e 5 % de catalisador (m/m). O rendimento da reação foi de 63 %, sendo a conversão do óleo de frango confirmada através de análises de viscosidade e cromatografia de camada delgada.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Óleo de Frango. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

CICONELLO, Wellington. **Production of biodiesel from residual chicken oil.**2018. Course Completion Work (Graduation) – Chemistry graduation. Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2018.

With the emergence of an increasingly growing society in the pursuit of efficiency and productivity in its various sectors, the use of natural resources to meet this demand has led to sustainable development. Since the transportation sector is one of the human activities with the greatest environmental impact, the present work has addressed the feasibility of the use of residual oil from chicken for biodiesel production from the transesterification reaction with basic catalysis. The reaction conditions were: 30 min of reaction at room temperature, molar ratio of chicken oil: ethyl alcohol 1:15 and 5% of catalyst (w/w). The yield of the reaction was 63%, and the conversion of the chicken oil was confirmed by viscosity and thin layer chromatography.

**Keywords:** Biodiesel. Chicken oil. Sustainability.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS E BIODIESEL .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 ECONOMIA AVÍCOLA BRASILEIRA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1 Processamento industrial do frango .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2 Propriedades físico-químicas do óleo de frango .....</b>	<b>19</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 OBTENÇÃO DO ÓLEO DE FRANGO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE FRANGO.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.1 Índice de acidez.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.2 Índice de saponificação .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 SÍNTESE DO BIODIESEL .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 MÉTODOS QUALITATIVOS PARA ANÁLISE DO BIODIESEL.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1 Viscosidade .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2 Cromatografia em camada delgada (CCD).....</b>	<b>27</b>
<b>4.5 CÁLCULO DE RENDIMENTO DA REAÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5.1 Cálculo da massa molar média do óleo de frango .....</b>	<b>28</b>
<b>4.5.2 Cálculo da massa molar média do biodiesel de frango .....</b>	<b>28</b>
<b>4.5.3 Cálculo do rendimento do biodiesel .....</b>	<b>29</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 PROPRIEDADES DO ÓLEO DE FRANGO .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1 Índice de acidez e índice de saponificação.....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 PROPRIEDADES DO BIODIESEL.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1 Viscosidade .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.2 Cromatografia em camada delgada .....</b>	<b>34</b>
<b>5.2.3 Cálculo de rendimento .....</b>	<b>35</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia mundial é dependente em grande parte das fontes energéticas tradicionais como o carvão mineral, gás natural e o petróleo. No entanto, esses materiais são finitos e a energia proveniente é responsável por causar grandes danos ambientais, como a emissão de poluentes atmosféricos (CO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> entre outros) responsáveis pela degradação de ecossistemas e pelo agravamento do aquecimento global (BRASIL: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016). Diante dessa constatação e também com a intensa urbanização e industrialização dos últimos anos, impulsionou-se à diversificação da matriz energética mundial, gerando espaço para aplicação de fontes renováveis, que são ecológica e energeticamente muito favoráveis para as atividades humanas (FAPESP, 2010).

Entre as diversas fontes alternativas e renováveis de energia, destacam-se o aproveitamento dos raios solares, da força proveniente das ondas, ventos e marés, assim como resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e toda matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos, municipais, que centraliza o uso da biomassa como fonte energética (AYRES; AYRES, 2012).

Os biocombustíveis têm sido bastante estudados, uma vez que podem ser utilizados para substituir o consumo de petróleo no setor de transportes. Conceitualmente, os biocombustíveis são todos os compostos obtidos a partir de biomassa (matéria orgânica) renovável, como vegetais e/ou animais, e que podem ser utilizados para gerar energia (BRASIL, 2007).

O Brasil ocupa local de destaque em áreas de pesquisa de biocombustíveis, dada a sua diversidade de plantas e condições climáticas, sendo desenvolvidos diversos tipos, entre eles, o bioetanol proveniente da cana-de-açúcar, que é largamente utilizado, e o biodiesel, que vem sendo utilizado em motores de combustão a diesel (puro ou na forma de mistura) (BRASIL, 2007).

Dentre os biocombustíveis, o biodiesel tem uma importância especial para o nosso país: teve a primeira patente registrada para a produção industrial por um pesquisador brasileiro, o cearense Expedito Jose de Sá Parente, que produziu o composto derivado de semente de algodão na década de 1970 (PORTAL EDUCAÇÃO, 2007). Muitas pesquisas foram feitas desde então, e atualmente o biodiesel tem sido obtido por diversas fontes oleaginosas, como soja, girassol e canola; óleos residuais usados em fritura, além de fontes de gorduras animais, como é o caso do óleo de frango.

A carne de aves é considerada de boa qualidade nutricional pelo seu alto teor proteico, baixo teor de colesterol e de ácidos graxos saturados. É um alimento de fácil digestão, sendo indicado na alimentação infantil, de pessoas idosas e convalescentes (CENTENARO et al., 2008). Com o aumento da demanda da carne de frango, consumida principalmente em corte, a gordura retirada da cavidade abdominal tem sido considerada um subproduto, o que possibilitaria seu potencial uso como matéria prima para produção de biodiesel, além de evitar seu descarte inadequado, evitando-se assim, um maior agravamento de problemas ambientais.

Neste contexto, o presente trabalho teve como finalidade sintetizar o biodiesel pela reação de transesterificação etílica via catálise básica homogênea utilizando-se óleo de frango residual como matéria prima.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA: COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS**

O ser humano sempre necessitou de energia das mais variadas formas para realizar as suas atividades básicas de sobrevivência. A energia química proveniente dos alimentos, a energia mecânica das armas rudimentares, a energia térmica do fogo para aquecimento e cozimento de alimentos são exemplos de como dependemos de energia desde tempos mais remotos (GOLDEMBERG; LUCON; 2007).

Pelo primeiro princípio da termodinâmica, não podemos criar energia a partir do “nada”, tampouco destruí-la, é possível apenas transformá-la de uma forma em outra: energia química em térmica, química em mecânica, cinética em elétrica (BUCUSSI, 2007). Por isso, buscamos armazenar energia de um tipo para então transformá-la em outras formas para serem usadas de maneira mais conveniente. A biomassa e os animais, por exemplo, armazenam (de certa forma) energia bioquímica que são usadas em seguida para nos aquecer e/ou alimentar.

Com o crescimento da população e das grandes indústrias proveniente da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, ocorreu um crescimento grandioso da demanda de recursos energéticos e a biomassa já não supria as necessidades da nova era (GOLDEMBERG; LUCON; 2007). Começou-se então a utilizar combustíveis fósseis como principal recurso energético, principalmente o carvão mineral e o petróleo. Esses combustíveis são conceituados como fósseis porque são formados por meio da decomposição lenta (milhões de anos) de matéria orgânica, que ficam posteriormente armazenadas no subsolo terrestre.

Devido ao fato de necessitarem de uma longa etapa de evolução até sua chegada ao mercado, os combustíveis fósseis são considerados relativamente escassos, além de serem finitos. Assim, acaba por se tratar de um fator inversamente proporcional – têm seu desenvolvimento e produção associados a milhões de anos enquanto que a necessidade demandada pelo contexto atual é altamente acelerada.

Além disso, outra característica de tais combustíveis é o alto fator de poluição gerado em decorrência da sua queima, sendo os grandes responsáveis pelo aumento da emissão de gases (dióxido de carbono, principalmente) que aumentam o efeito estufa e, conseqüentemente, o aquecimento global. Cabe ressaltar que alguns gases poluentes e

substâncias tóxicas como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), SO<sub>3</sub> e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) são emitidos pelos combustíveis fósseis, e são altamente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos.

Diante deste cenário, o mundo passou a buscar novas matrizes energéticas, com desenvolvimento mais sustentável e menor destruição da natureza. Nas últimas décadas, vem ocorrendo um aumento de investimentos em energias renováveis, que são repostas naturalmente pelo meio ambiente, e são energéticas e ambientalmente favoráveis para desempenhar praticamente todas as atividades modernas. Dentre essas podemos destacar: a energia eólica, solar, geotérmica e a proveniente dos chamados biocombustíveis, que é o enfoque deste trabalho.

## **2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS E BIODIESEL**

Conceitualmente, biocombustível é o termo utilizado para designar substâncias provenientes de fontes biológicas e que possuem potencial de serem utilizados como fontes energéticas. Os biocombustíveis vêm como alternativa à produção de combustíveis fósseis, melhorando a gestão de questões econômicas e sociais, por promover novos campos de trabalho e diminuir a dependência do petróleo, e principalmente pela diminuição drástica dos efeitos ambientais.

Os biocombustíveis passaram a ser historicamente relevantes durante a Segunda Guerra Mundial e na década de 1970, quando as crises do petróleo se tornaram recorrentes e as pesquisas se voltaram para o desenvolvimento de possíveis substituintes. No Brasil, nessa mesma década, os biocombustíveis foram incentivados por meio de políticas públicas que visavam reduzir a dependência de petróleo externo. Para isso, uma alternativa viável foi a produção de etanol de cana-de-açúcar, biocombustível relativamente barato e renovável, e que passou a ser largamente utilizado.

Atualmente, os biocombustíveis com maior importância no país são: o bioetanol – proveniente principalmente da cana-de-açúcar – e o biodiesel, que pode ser derivado tanto de óleos vegetais, como o de soja, girassol e canola, quanto de gorduras animais, como o chamado sebo bovino, caprino, suíno e de aves. O bioetanol já é utilizado há várias décadas no país, substituindo a gasolina dos carros mais comerciais e de passeio. Já o biodiesel está começando a ser utilizado com maior intensidade em pequenas proporções adicionadas ao óleo diesel de petróleo. A evolução do consumo de biodiesel por meio de sua adição ao diesel

convencional está representada na **Figura 1**, em que B2, B3, B4 e assim sucessivamente, são as porcentagens de biodiesel em relação ao diesel convencional do petróleo.

**Figura 1:** Representação do percentual de uso do biodiesel misturado ao óleo diesel.

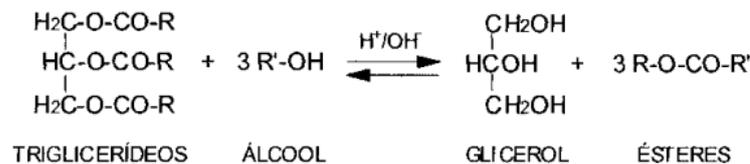


Fonte: CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA.

O biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas e renováveis que não contém compostos sulfurados e aromáticos em sua composição; apresenta alto índice de cetanos e é biodegradável.

Quimicamente, esse biocombustível é constituído por uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos e é obtido principalmente pela reação de transesterificação, na qual os triglicerídeos reagem com álcool de cadeia curta e são produzidas moléculas menores de ésteres de ácidos graxos e glicerina, como subproduto, que pode ser usada no ramo dos cosméticos. (**Figura 2**). Essa reação pode ocorrer utilizando-se óleos vegetais ou gorduras animais, como fonte de triglicerídeos, na presença de um catalisador, ácido ou básico.

**Figura 2:** Representação da reação de transesterificação, onde R representa a cadeia carbônica dos ácidos graxos e R', a cadeia carbônica do álcool reagente.



Fonte: NETO, 2000.

Este processo é dividido em três etapas consecutivas, onde inicialmente as moléculas do triglicerídeo são convertidas em diglicerídeos, sucessivamente em monoglicerídeos e, por fim, em glicerol, sendo um subproduto da reação. Porém, em casos em que a reação é catalisada por uma base, é preciso ter cuidado na escolha da matéria-prima, uma vez que esta deve possuir um baixo teor de ácidos graxo livres para impedir a formação de emulsões, dificultando a separação dos produtos formados.

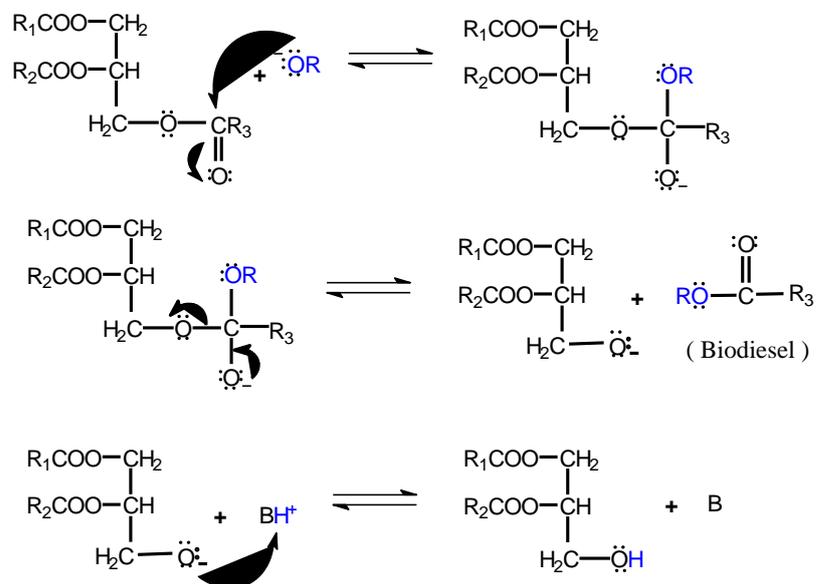
Na catálise ácida, o risco da produção de sabão se torna mais baixo, possibilitando a produção de biodiesel diretamente de matérias-primas (óleos e gorduras) com acidez elevada. Em contrapartida, estudos demonstram que a catálise ácida é muito mais lenta do que a catálise básica, demandando longos períodos de síntese e altas temperaturas, consequentemente, maior custo de produção (SOLDI et. al, 2009).

Os processos industriais utilizam em sua maioria a transesterificação via catálise básica, uma vez que, mesmo diante a possibilidade de formação de sabão, sua rapidez, simplicidade e eficiência se tornam mais viáveis.

A transesterificação de óleos vegetais é uma reação reversível, cuja cinética é regida pelo princípio de L<sup>ê</sup> Chatelier. Assim, a conversão da reação dependerá do deslocamento do equilíbrio químico no sentido da formação dos produtos, através da otimização de todas as variáveis como temperatura, concentração do catalisador, seu caráter ácido ou básico e a quantidade de reagentes, sendo uma das mais importantes variáveis que afetam a conversão em ésteres dessa reação é a razão molar óleo vegetal:álcool, sendo que um excesso do álcool desloca o equilíbrio para a direita, no sentido dos produtos.

O mecanismo da reação de transesterificação via catálise básica está representado na **Figura 3**.

**Figura 3:** Mecanismo da transesterificação de óleos vegetais por catálise básica.



Fonte: MARCINIUK, 2007.

O 1º passo é a reação entre a base (KOH) e o álcool ( $C_2H_6O$ ), ocorrendo a protonação do catalisador e a formação do alcóxido. No 2º passo é demonstrado o ataque nucleofílico do alcóxido ao grupo carbonila do triacilglicerídeo, gerando um complexo

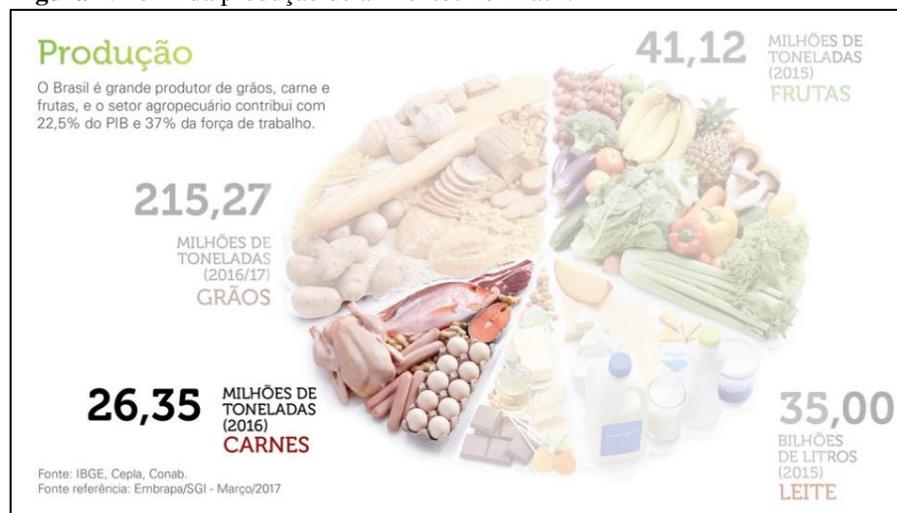
intermediário tetraédrico e, em seguida, o ânion do diacilglicerídeo e o éster monoalquílico (passo 3). Por último, ocorre a desprotonação do catalisador, sendo este regenerado e assim condicionado à reação com uma segunda molécula de álcool. O ciclo catalítico reinicia-se até que os diacilglicerídeos e monoacilglicerídeos sejam convertidos em ésteres monoalquílicos e glicerol.

### 2.3 ECONOMIA AVÍCOLA BRASILEIRA

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a produção brasileira de frango totalizou 12,9 milhões de toneladas em 2016. Mesmo com a queda na produção (em relação ao ano anterior) e no consumo, a carne de frango continua sendo a fonte de proteína animal mais consumida no Brasil.

Dono de terras férteis e de um clima altamente favorável, o Brasil se destaca no cenário mundial pela sua diversidade em produção de alimentos, como mostra a **Figura 4**.

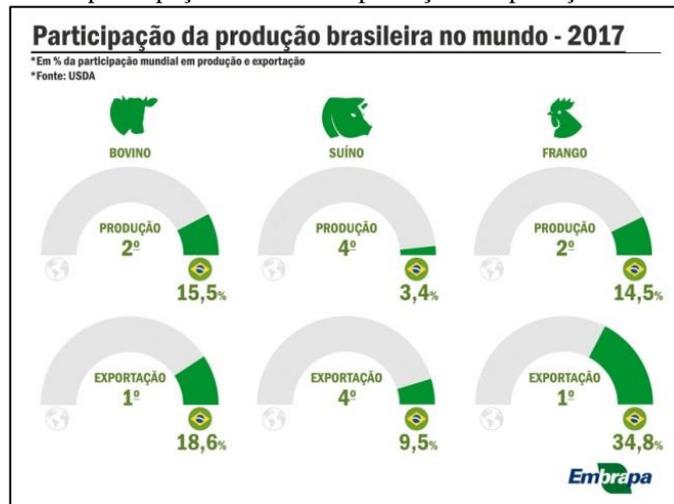
**Figura 4:** Perfil da produção de alimentos no Brasil.



Fonte: EMBRAPA.

Assim como na intensa exportação de grãos, a avicultura também é bastante difundida pelos portos do país. A alta tecnologia disponível nas granjas brasileiras é um dos fatores que impulsionam tamanha produtividade, garantindo o país como o segundo maior produtor mundial de carne de frango, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), como mostra a **Figura 5**.

**Figura 5:** Perfil do Brasil na participação mundial em produção e exportação de bovinos, suínos e frangos.



Fonte: EMBRAPA

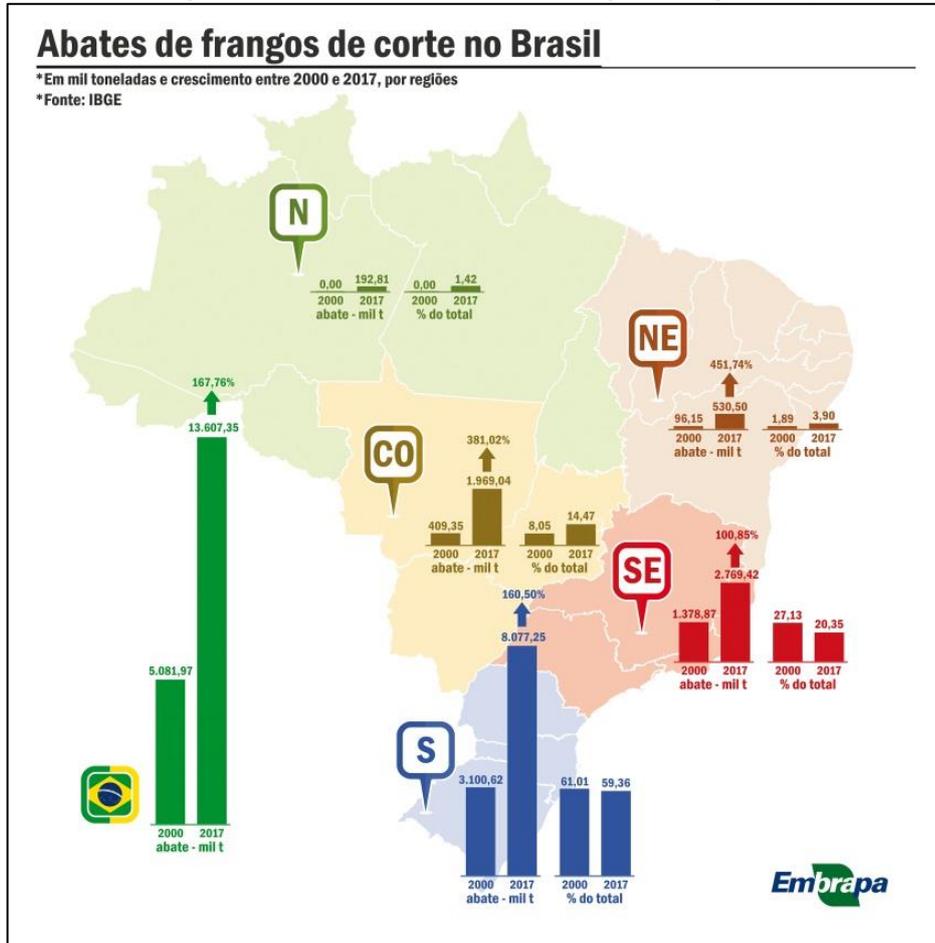
As múltiplas empresas necessárias para suprir essa intensa produtividade necessitam de uma alta quantidade de trabalhadores, fazendo com que haja um aumento na taxa de empregos disponíveis no mercado.

De acordo com a ABPA, entre produtores, funcionários de empresas e profissionais vinculados direta e indiretamente ao setor, a avicultura reúne mais de 3,5 milhões de trabalhadores. Cerca de 350 mil deles trabalham diretamente nas plantas frigoríficas. No campo são mais de 130 mil famílias proprietárias de pequenos aviários, que alojam os frangos de corte em um sistema totalmente integrado com as agroindústrias exportadoras.

Ainda sobre os impactos ambientais, estudos comprovam que a produção da carne de aves é a que menos consome energia e água, possui menos impacto sobre o solo e que emite menos gases de efeito estufa em comparação com a produção de bovinos e suínos. Além disso, um relatório do Departamento de Assuntos Ambientais, Alimentos e Rurais (DEFRA) do governo britânico divulgado em 2008, mostrou que a avicultura brasileira consome 25% menos energia e tem emissões de gases de efeito estufa 17% menores do que a avicultura no Reino Unido. Isso mostra que a avicultura brasileira não é só líder em qualidade, mas também nas preocupações com o meio ambiente.

Em relação à questão de sustentabilidade, o Brasil sendo signatário dos principais tratados sobre o meio ambiente, como o Protocolo de Kyoto, possui uma legislação ambiental reconhecida como uma das mais rigorosas do planeta. Assim, grande parte da indústria avícola possui sua localização nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, situadas longe do Bioma Amazônico – o mais rico e importante bioma brasileiro – como prática de controle aos impactos de suas atividades ao ambiente, como mostra a **Figura 6**.

**Figura 6:** Abates de frangos de corte no Brasil: maior concentração nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.



### 2.3.1 Processamento industrial do frango

O nome “frango” é designado aos galos ou galinhas jovens que ainda não atingiram sua maturidade sexual. Qualquer filhote galináceo, macho ou fêmea, é chamado de pinto. Após 21 dias de vida, eles passam a ser chamados de frangos. Somente em torno da 26<sup>a</sup> semana de vida passam a ser chamados de galinhas ou galos (REVISTA MUNDO ESTRANHO).

São aves de grande velocidade de crescimento, devido às melhorias genéticas que os frangos sofreram ao longo dos anos. Desta forma, possuem excelente capacidade de transformação de ração em peso vivo, apresentando na idade de abate conformação corporal dentro das características desejadas, como por exemplo, peito profundo e largo, coxas curtas e carnudas, um menor teor de gordura e aumento da concentração de proteínas nas carcaças de

frango de corte, resultando em carnes mais apreciadas e de maior valor comercial (MING & GIOIELLI, 2008).

Esse melhoramento genético tem contribuído para a redução do ciclo de produção dos frangos, sendo o abate realizado entre 40 e 45 dias, aumentando assim sua produtividade em vista de alguns anos atrás nos quais se abatiam essas aves com idade, em média, entre 60 e 90 dias (JORNAL ESTADO DE MINAS, 2014).

Os frangos de corte são criados em granjas integradas às agroindústrias, recebendo continuamente assistência técnica dirigida e específica para cada cliente (**Figura 7**). As granjas integradas são agrupadas de acordo com o destino dos frangos, para facilitar a rastreabilidade (EMBRAPA).

**Figura 7:** Aviário para alojamento de frangos de corte.



Fonte: EMBRAPA.

A cadeia produtiva de frangos agrega setores desde o produtor de grãos e as fábricas de rações, os transportadores, os abatedouros e frigoríficos até o segmento de equipamentos, medicamentos, distribuição e o consumidor final, como mostra a **Figura 8**.



**Figura 10:** Etapas de evisceração, pesagem e classificação no processo industrial de abate de frangos de cortes.



Fonte: MAREL POULTRY.

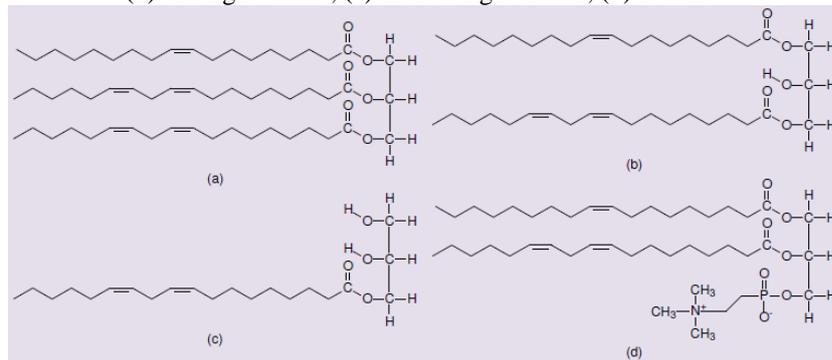
De acordo com Tomiello (2014), os restos do abate de frangos correspondem a 30% do peso do animal abatido, sendo em torno de 2% a 2,5% correspondentes a gordura abdominal e 10% de peso em pele, altamente rica em gordura. Desta forma, a indústria avícola vem adicionando o óleo de vísceras de aves às rações, com as vantagens do baixo custo e alto conteúdo energético. No entanto, a grande quantidade de ácidos graxos insaturados presentes nesse óleo favorece o desenvolvimento da rancidez oxidativa, o que prejudica o crescimento das aves (CENTENARO et al., 2008).

No Brasil, é proibida a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal, pois apresentam risco de transmissão de botulismo e Encefalopatia Espongiforme Bovina, conhecida popularmente como "Doença da Vaca Louca". Uma alternativa para a gordura residual das aves é a produção de óleo para servir de matriz para a fabricação de biodiesel. (TOMIELLO, 2014, p.18)

### 2.3.2 Propriedades físico-químicas do óleo de frango

Os óleos e as gorduras podem ser oriundos de fontes vegetais ou animais. São compostos hidrofóbicos e apolares constituídos majoritariamente de triglicerídeos ou triacilglicerídeos que são ésteres contendo três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol, como mostra a **Figura 11**.

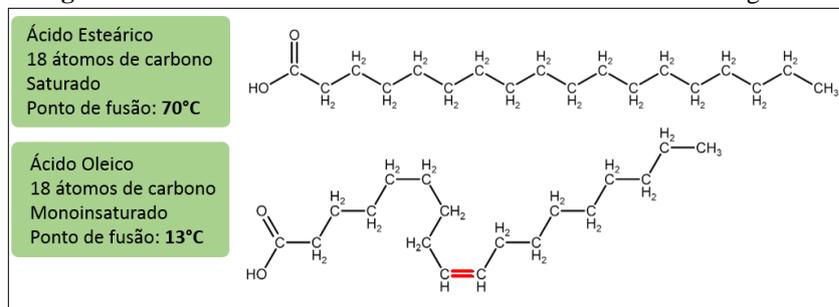
**Figura 11:** Representação de ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras: (a) Triacilglicerídeo; (b) diacilglicerídeo; (c) monoacilglicerídeo; (d) lecitina.



Fonte: (RAMALHO & SUAREZ, 2013).

As propriedades físicas de um ácido graxo dependem do comprimento da cadeia carbônica e do grau de insaturação. Desta forma, os pontos de fusão dos ácidos graxos saturados aumentam de acordo com o aumento das respectivas massas moleculares. Além disso, os ácidos graxos saturados apresentam moléculas mais próximas umas das outras quando comparadas com as dos ácidos graxos insaturados, resultando em um ponto de fusão maior, como mostra a **Figura 12**.

**Figura 12:** Cadeias carbônicas saturadas e insaturadas dos ácidos graxos.



Fonte: CNPEM

À temperatura ambiente, os ácidos graxos saturados de 12:0 (12 átomos de carbono e nenhuma insaturação) a 24:0 possuem consistência cerosa, enquanto os insaturados, de mesmo comprimento, são líquidos. Assim, os triglicerídeos líquidos à temperatura ambiente são denominados óleos, sendo o seu conteúdo elevado de ácidos graxos insaturados, e os compostos sólidos ou pastosos à temperatura ambiente são chamados de gorduras, havendo a predominância de ácidos graxos saturados.

Devido ao fato do óleo do frango apresentar valores baixos de ácido graxos saturados, quando comparado a outras fontes de origem animal, ele pode ser considerado

como um semi-líquido à temperatura ambiente, desta forma tanto a nomenclatura “óleo” como “gordura” podem ser utilizadas (CHIU; GRIMALDI e GIOIELLI, 2007).

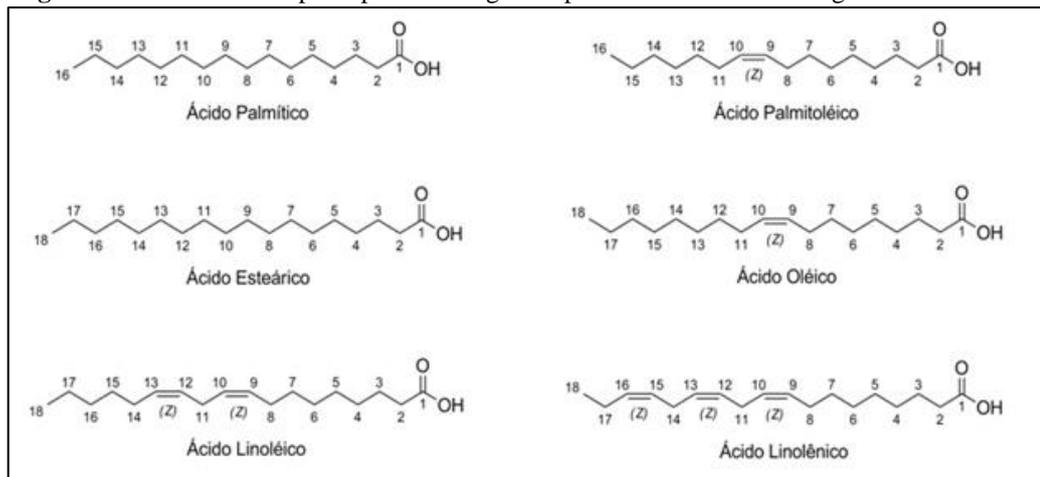
Desta forma, a gordura de frango pode ser separada em duas frações: oleína, que é totalmente líquida, devido à alta concentração de ácido oléico e outros ácidos graxos insaturados e a estearina (cristalizando à temperatura ambiente). Chiu et al determinaram a composição em ácidos graxos da gordura de frango e suas frações – oléica e estearina – por cromatografia em fase gasosa, sendo a mesma exposta na **Tabela 1** e as estruturas dos principais ácidos graxos, na **Figura 13**.

**Tabela 1** - Composição em ácidos graxos, índices de iodo e saponificação da gordura de frango e de suas frações estearina e oleína obtidas pelo fracionamento a 20°C.

Ácidos Graxos (%)	Gordura de frango	Estearina	Oleína
C14:0 mirístico	0,6	0,8	0,8
C16:0 palmitico	24,7	34,2	24,5
C16:1 palmitoléico	7,1	6,3	7,8
C18:0 esteárico	6,0	9,1	3,5
C18:1 oléico	43,4	38,6	43,8
C18:2 linoléico	17,2	10,8	18,6
C18:3 $\alpha$ -linolênico	1,0	0,2	1,0
$\Sigma$ Saturados	31,3	44,1	28,8
$\Sigma$ Monoinsaturados	50,5	44,9	51,6
$\Sigma$ Poliinsaturados	18,2	11,0	19,6
Índice de Iodo (g iodo/100 g)	76	59	80
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	196	198	197

Fonte: CHIU; GRIMALDI e GIOIELLI, 2007.

**Figura 13:** Estruturas dos principais ácidos graxos presentes no óleo de frango.



Fonte: SOUZA, 2015.

Além dos compostos derivados de ácidos graxos, que constituem usualmente mais de 90% dos óleos e gorduras, outras substâncias lipídicas podem estar presentes, entre elas: esteróis, carotenoides e ceras, entre outros (RAMALHO & SUAREZ, 2013).

Assim como as demais matérias graxas de origem animal ou vegetal, fisiologicamente a fração lipídica de frango é uma ótima fornecedora de energia e biossíntese, além de ser responsável pelo transporte de compostos químicos lipossolúveis como ácidos graxos essenciais, vitaminas e hormônios (FERRARI & KOLLER, 2009). A presença da fração oleína evita a cristalização do biodiesel, de forma que o ponto de névoa e entupimento é reduzido.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o potencial do óleo residual de frango na síntese de biodiesel por meio da reação de transesterificação via catálise básica e rota etílica.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Extrair o óleo residual de carcaças e vísceras de frango;
- Obter a fração líquida – oleína – do óleo de frango;
- Avaliar algumas propriedades físico-químicas do óleo de frango;
- Sintetizar o biodiesel etílico por meio da reação de transesterificação em meio básico usando o óleo residual de frango;
- Purificar o biodiesel produzido;
- Determinar o rendimento da reação de transesterificação;
- Avaliar a conversão do óleo de frango em biodiesel através de análises de Viscosidade e Cromatografia de Camada Delgada (CCD).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 OBTENÇÃO DO ÓLEO DE FRANGO

O óleo de frango utilizado como matéria prima para produção do biodiesel foi obtido através do processamento de vísceras e carcaças de frango compradas nos estabelecimentos comerciais da cidade de Campo Mourão – PR.

Carcaças e peles de frango foram aquecidas com pequena quantidade de água com o objetivo de extrair-se o óleo presente nesses rejeitos animais. A parte sólida foi filtrada e o óleo foi mantido a temperatura de 15°C por 24 h e posteriormente foi mantido a 80°C por 24 h, realizando o fracionamento da amostra, na qual separou-se as frações: cristalina (estearina) e líquida (oleína) do óleo de frango.

### 4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE FRANGO

As análises do óleo de frango foram realizadas utilizando-se a fração líquida (oleína) previamente homogeneizada. Os cálculos utilizados neste trabalho foram baseados nos métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz.

#### 4.2.1 Índice de acidez

O índice de acidez é a quantidade de miligramas de hidróxido de potássio (KOH) requerida para neutralizar os ácidos graxos livres contidos em 1 g de amostra.

Pesou-se 2 g de amostra de óleo em frasco Erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 20mL de solução de éter etílico-etanol (2:1). Adicionou-se duas gotas do indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de potássio 0,01 mol /L. Para parâmetro de comparação, repetiu-se o procedimento para amostras de óleo de soja e gordura suína.

Calculou-se o índice de acidez das amostras utilizando-se as *Equações 1 e 2*.

$$IA = (MM_{KOH} \cdot V_{KOH} \cdot C_{KOH})/m$$

*Equação 1*

Onde:

IA = índice de acidez (mg KOH/g de amostra)

MM = massa molar do KOH (g/mol)

V = volume de KOH gasto na titulação (mL)

C = concentração da solução de KOH (mol/L)

m = massa de amostra (g)

A porcentagem de acidez em ácido oléico foi obtida através da **Equação 2**:

$$\% \text{ Acidez} = 0,503 \times \text{IA} \quad \text{Equação 2}$$

#### 4.2.2 Índice de saponificação

Índice de saponificação é a quantidade em miligramas de KOH necessária para saponificar 1 g de óleo ou de gordura.

Colocou-se em um béquer 2 mL de óleo e adicionou-se 5 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 10%. Aqueceu-se cuidadosamente até a ebulição branda por cerca de 3 min. Acrescentou-se 10 mL de água e aqueceu-se novamente por cerca de 2 min. Colocou-se fenolftaleína e titulou-se com HCl 0,5 mol.L<sup>-1</sup>.

O cálculo do índice de saponificação foi realizado utilizando-se a **Equação 3**.

$$\text{IS} = [(V_b - V_a) \cdot M_{\text{HCl}} \cdot \text{MM}_{\text{KOH}}] / m \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

IS = índice de saponificação (mg KOH /g de amostra)

V<sub>b</sub> = volume de HCl gasto na titulação do branco

V<sub>a</sub> = volume gasto na titulação da amostra

M<sub>HCl</sub> = concentração da solução de ácido clorídrico (mol/L)

MM<sub>KOH</sub> = massa molar do hidróxido de potássio (g/mol)

m = massa da amostra (g)

#### 4.3 SÍNTESE DO BIODIESEL

Para a síntese do biodiesel utilizou-se a fração oleína do óleo de frango homogeneizada e mantida em estufa a 80°C por 24 h. O álcool etílico utilizado na reação foi de pureza analítica para evitar a presença de água na reação e conseqüentemente, formação de sabão.

A relação de reagentes utilizada foi: razão molar óleo de frango: álcool etílico 1:15, 5 % de catalisador homogêneo básico. Em um erlenmeyer de 125 mL foram adicionados 10,0 mL de álcool etílico e 0,5 g de KOH e após completa dissolução do catalisador, adicionou-se 10,0 g de óleo de frango (0,012 mol). A mistura foi mantida sob agitação por 30 min. à temperatura ambiente.

Após a reação, o produto foi transferido para um funil de separação, lavado com água destilada e mantido em estufa a 80°C por 24h a fim de evaporar-se o excesso de álcool e separar a glicerina, obtendo-se o biodiesel puro.

#### 4.4 MÉTODOS QUALITATIVOS PARA ANÁLISE DO BIODIESEL

A confirmação da obtenção do biodiesel na reação de transesterificação foi realizada mediante análises qualitativas simples e de baixo custo: viscosidade e cromatografia de camada delgada (CCD).

##### 4.4.1 Viscosidade

O produto da reação (biodiesel) e o óleo de frango foram analisados em Viscosímetro Brookfield Programável LVDVII, com uma rotação de 100 RPM, estando às amostras a 30°C.

A viscosidade dinâmica foi convertida à viscosidade cinemática através da *Equação 4* por motivo de comparação com os dados da literatura para biodiesel e óleos e norma ASTM D6751 - método analítico D 445 (FERREIRA, 2009) que permite um intervalo de viscosidade cinemática entre 1,9 e 6,0 mm<sup>2</sup>/s para biocombustíveis do ciclo Diesel.

$$\nu = \mu/\rho$$

*Equação 4*

Onde:

$\nu$  = viscosidade cinemática (mm<sup>2</sup>/s)

$\mu$  = viscosidade dinâmica (cP)

$\rho$  = densidade da amostra (g.cm<sup>3</sup>)

#### 4.4.2 Cromatografia em camada delgada (CCD)

A análise da reação foi realizada utilizando-se CCD. As placas de cromatografia em camada delgada foram obtidas de fontes comerciais; Sílica G/UV<sub>254</sub> (0,20 mm).

Para tanto, foram realizadas as seguintes aplicações na placa cromatográfica de sílica gel: óleo do frango, produto da reação (biodiesel), glicerina comercial e subproduto da reação (contendo a glicerina). A placa foi colocada dentro de um béquer para eluir em uma solução de éter de petróleo e etanol (2:1). Para a revelação das manchas na placa cromatográfica utilizou-se, como método de revelação, cuba de iodo.

#### 4.5 CÁLCULO DE RENDIMENTO DA REAÇÃO

Para calcular-se o rendimento da reação de transesterificação levou-se em consideração a massa de biodiesel teórica. Para isso, calcularam-se as massas molares médias da fração oleína do óleo de frango e dos ésteres etílicos de ácidos graxos (biodiesel) em função das porcentagens de cada ácido graxo presente no óleo de frango, conforme dados dispostos por Chiu et al. (**Tabela 2**).

**Tabela 2:** Composição dos ácidos graxos presentes na fração oleína do óleo de frango.

Ácidos graxos	Fórmula molecular	Composição na fração oleína (%)	Massa molar (g.mol <sup>-1</sup> )
Ácido mirístico 14:0	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,80	228,2
Ácido palmítico 16:0	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	24,50	256,39
Ácido palmitolêico 16:1	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	7,80	254,38
Ácido Esteárico 18:0	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	3,50	284,45
Ácido oléico 18:1	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	43,80	282,43
Ácido linolêico 18:2	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	18,60	280,42
Ácido linolênico 18:3	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1,00	278,41

Fonte: CHIU, GRIMALDI e GIOIELLI, 2007.

#### 4.5.1 Cálculo da massa molar média do óleo de frango

Para estimar a massa molar média do óleo de frango, calculou-se, primeiramente, a massa molar média dos ânions carboxilatos de cadeia longa, a partir da massa molar e porcentagem dos ácidos graxos presentes no óleo de frango (fração oleína), utilizando-se a **Equação 5**.

$$\overline{MM}_{\text{ânion carboxilato}} = \frac{\sum[(MM_{\text{ac.graxo}} - MM_H) \times P]}{100} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo que:

$\overline{MM}_{\text{ânion carboxilato}}$  = massa molar média dos ânions carboxilatos (g/mol)

$MM_{\text{ac.graxo}}$  = massa molar de cada ácido graxo (g/mol)

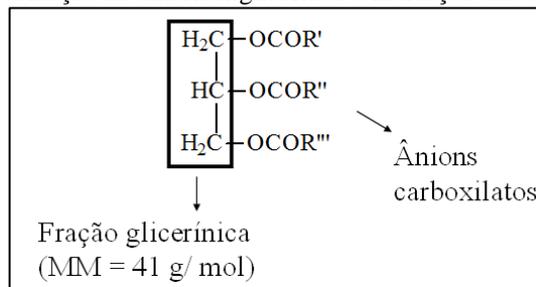
$MM_H$  = massa molar do hidrogênio (g/mol)

$P$  = porcentagem do ácido graxo no óleo (%)

A massa molar média do óleo de frango pode ser obtida através da **Equação 6**, considerando-se a massa molar da fração glicerínica (41 g/mol), como mostra a **Figura 14**.

$$\overline{MM}_{\text{óleo}} = 3 \times \overline{MM}_{\text{ânion carboxilato}} + 41 \quad \text{Equação 6}$$

**Figura 14:** Representação de um triacilglicerídeo e indicação dos ânions carboxilatos.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

#### 4.5.2 Cálculo da massa molar média do biodiesel de frango

A massa molar média dos ésteres etílicos de ácidos graxos foi calculada utilizando-se a **Equação 7**, considerando-se a massa molar do radical etila (29 g/mol).

$$\overline{MM}_{\text{biodiesel}} = \overline{MM}_{\text{ânion carboxilato}} + 29 \quad \text{Equação 7}$$

### 4.5.3 Cálculo do rendimento do biodiesel

O rendimento da reação de transesterificação –  $\eta$  (%) – foi calculado utilizando-se a *Equação 8*, na qual considerou-se a massa real do biodiesel obtido após lavagem e secagem da amostra e massa de biodiesel teórica.

$$\eta = (m_{\text{biodiesel real}}/m_{\text{biodiesel teórica}}) \cdot 100$$

*Equação 8*

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROPRIEDADES DO ÓLEO DE FRANGO

O fracionamento de óleos e gorduras é uma forma de processamento na qual os triglicerídeos presentes no óleo são separados em frações de ponto de fusão e composições diferenciadas. Trata-se de um processo de modificação reversível que envolve uma cristalização parcial seguida da separação por filtração das frações sólidas e líquidas (CENTENARO et al., 2008).

Durante o processo de obtenção e fracionamento do óleo de frango pode-se constatar a separação das frações: oleína (fase líquida) e estearina (fase sólida), como mostra a **Figura 16**.

**Figura 16:** Separação das frações do óleo de frango: oleína (fase superior) e estearina (fase inferior).



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Os ácidos graxos saturados organizam-se com facilidade em cristais, possuindo elevados pontos de fusão, quando comparados aos ácidos graxos insaturados (SOLOMONS, 2002).

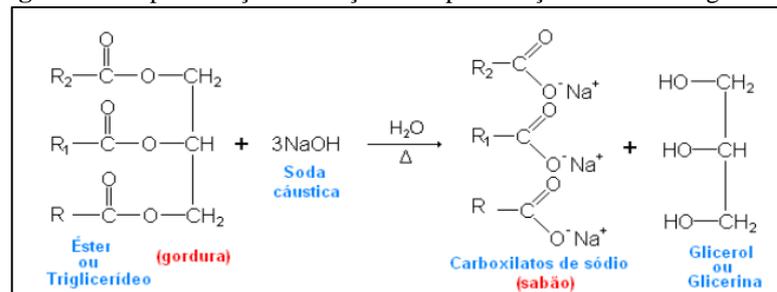
#### 5.1.1 Índice de acidez e índice de saponificação

A investigação das propriedades físico-químicas do óleo de frango é fundamental para o controle de sua qualidade e averiguação do estado de conservação do mesmo. Além disso, as condições reacionais e os cálculos de rendimento de sínteses nas quais esses óleos podem ser usados como matérias primas podem ser estimadas a partir dos resultados obtidos dessas análises.

Valores de índices de acidez associados ao índice de saponificação indicam o grau de processamento do óleo residual, oxidação e decomposição dos glicerídeos ao longo do tempo. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O uso do álcool anidro na reação de transesterificação também é uma forma de diminuir a formação de sabão, uma vez que a água é um dos agentes causadores de reações paralelas de saponificação, consumindo o catalisador e reduzindo a eficiência da reação de transesterificação (AGEITEC).

A acidez elevada pode inviabilizar o uso do óleo para a produção de biodiesel via catálise básica, não podendo exceder 1%, uma vez a base pode reagir com os ácidos graxos livres, formando sabão, como mostra a **Figura 17**, o que dificultaria a separação e purificação do biodiesel (OLIVEIRA, 2014).

**Figura 17:** Representação da reação de saponificação de óleos ou gorduras.



Fonte: CENTRO CIENTÍFICO CONHECER.

A **Tabela 3** apresenta os valores de índice de acidez e de saponificação do óleo de frango (fração oleína) usado na reação de transesterificação, comparado a amostras de gordura de origem suína e de óleo de soja, sendo os resultados próximos aos encontrados na literatura.

**Tabela 3:** Resultados do índice de acidez e índice de saponificação do óleo de frango, gordura suína e óleo de soja.

	Índice de acidez (mgKOH/g óleo)	Acidez em relação ao ácido oleico (%)	Índice de saponificação (mgKOH/g óleo)
Óleo de frango	0,59	0,30	199,1
Gordura suína	1,45	0,73	155,1
Óleo de soja	0,84	0,42	158,0

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Como o índice de acidez do óleo de frango foi abaixo de 1 %, não foi necessária a neutralização dos ácidos graxos livres antes do início da reação de transesterificação.

## 5.2 PROPRIEDADES DO BIODIESEL

Por serem os óleos vegetais ou animais imiscíveis em álcool de cadeia curta, devido à diferença de polaridade, é possível acompanhar o andamento da reação de transesterificação através de um teste simples de miscibilidade do material de partida com álcool metílico ou etílico, uma vez que os ésteres alquílicos de ácidos graxos (biodiesel) são miscíveis em álcool, como mostra a **Figura 18**.

**Figura 18:** Registro da mistura reacional vertida em álcool etílico antes e após 30 min de reação.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

A separação do biodiesel e da glicerina não ocorreu de modo imediato, precisando evaporar-se o excesso de álcool para que a separação fosse visualizada.

Freedman e colaboradores demonstraram que a alcoólise com metanol é tecnicamente mais viável do que a alcoólise com etanol, particularmente se esse corresponde ao etanol hidratado, cujo teor em água (4-6%) retarda a reação. O uso de etanol anidro na reação efetivamente minimiza este inconveniente, embora não implique em solução para o problema inerente à separação da glicerina do meio de reação que, no caso da síntese do éster metílico, pode ser facilmente obtida por simples decantação (NETO, 2000, p.534).

A confirmação da obtenção do produto desejado foi realizada mediante análises de viscosidade e cromatografia em camada delgada.

### 5.2.1 Viscosidade

O funcionamento do sistema de injeção de um motor a diesel está diretamente relacionado com a viscosidade:

A viscosidade, que é a medida da resistência interna ao escoamento de um líquido, constitui outra propriedade intrínseca dos óleos vegetais. É de considerável influência no mecanismo de atomização do jato de combustível, ou seja, no funcionamento do sistema de injeção. Esta propriedade também se reflete no processo de combustão, de cuja eficiência dependerá a potência máxima desenvolvida pelo motor. Em relação ao diesel convencional, os óleos vegetais apresentam valores de viscosidade bastante elevados, podendo excedê-lo em até 100 vezes, como no caso do óleo de mamona (NETO, 2000, p.532).

Os valores de viscosidade dinâmica e cinemática do material de partida da reação de transesterificação e do biodiesel estão dispostos na **Tabela 4**. O valor de viscosidade cinemática foi obtido através da conversão do valor de viscosidade dinâmica utilizando o valor de densidade.

**Tabela 4:** Valores de viscosidade e densidade para o óleo de frango e biodiesel.

	Viscosidade dinâmica (cP)	Viscosidade cinemática (mm <sup>2</sup> /s)	Densidade (g.cm <sup>3</sup> )
Óleo de frango	157,2	20,46	0,76
Biodiesel	17,5	2,03	0,86

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

É possível observar que a viscosidade cinemática do óleo de frango é 10 vezes maior do que a do produto da reação de transesterificação. Isso pode ser explicado ao analisar-se o mecanismo dessa reação (**Figura 3**), no qual ocorreu a quebra da molécula do triglicerídeo em três frações menores de ésteres etílicos de ácido graxo (biodiesel) e glicerol. Desta forma, constatou-se que o biodiesel de frango sintetizado neste trabalho está de acordo com a norma ASTM D6751 (método analítico D 445), estando sua viscosidade entre 1,9 e 6,0 mm<sup>2</sup>/s.

Além disso, no óleo, a viscosidade atua como um parâmetro de referência na questão da determinação do tempo na reação de transesterificação, sendo que uma viscosidade elevada dos óleos pode necessitar de maior tempo de reação, estabelecendo uma relação entre a viscosidade e a conversão do biodiesel (MYASHIRO, 2013).

Ao comparar-se as viscosidades cinemáticas do óleo de frango e biodiesel com a do óleo diesel de petróleo (entre 2,0 e 4,0 mm<sup>2</sup>/s), verificou-se valores próximos entre os dois últimos combustíveis, podendo o biodiesel de frango ser adicionado ao óleo diesel sem maiores implicações para os motores do ciclo diesel, no que diz respeito à viscosidade (ANP).

### 5.2.2 Cromatografia em camada delgada

A eficiência da síntese e purificação do biodiesel foi monitorada utilizando CCD para avaliar se o produto final possuía traços do material de partida. A análise qualitativa da placa cromatográfica sugeriu que a conversão dos triglicerídeos em ésteres etílicos de ácidos graxos foi bem eficaz, visto a presença de mancha única na placa de sílica, sem vestígios do material de partida, como mostra a **Figura 19**.

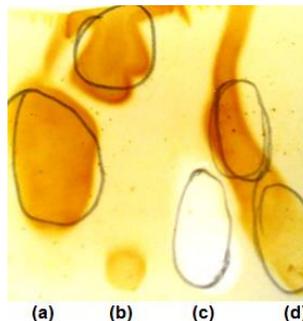
**Figura 19:** Placa cromatográfica de sílica gel com aplicações de óleo de frango (material de partida da reação) e biodiesel, eluída em solução de éter de petróleo e etanol (2:1) e revelada em cuba de iodo.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

O subproduto da reação de transesterificação contendo a glicerina também foi analisado por CCD, como mostra a **Figura 20**.

**Figura 20:** Placa cromatográfica de sílica gel com aplicações de: (a) óleo de frango; (b) biodiesel; (c) glicerina comercial; (d) subproduto da reação contendo glicerina; eluídas em solução de éter de petróleo e etanol (2:1) e revelada em cuba de iodo.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

A glicerina é uma molécula altamente polar, por este motivo observou-se uma elevada retenção do produto comercial na sílica (**Figura 20**). Observou-se que o subproduto da reação contendo a glicerina não estava puro, sendo possível visualizar traços de óleo de

frango – material de partida da síntese – o que pode ter acarretado em um menor rendimento de biodiesel.

O produto desejado, no entanto, estava puro, o que pode ser constatado nas duas placas cromatográficas.

### 5.2.3 Cálculo de rendimento

A partir das massas molares médias ( $\overline{MM}$ ) da fração oleína do óleo de frango e do biodiesel, foi possível calcular o rendimento da reação de transesterificação. Os valores estão dispostos na **Tabela 5**.

**Tabela 5:** Valores calculados de massas molares médias e rendimento da reação de transesterificação.

MM ânions carboxilatos (g.mol <sup>-1</sup> )	MM óleo de frango (g.mol <sup>-1</sup> )	MM biodiesel (g.mol <sup>-1</sup> )	Rendimento da reação de transesterificação (%)
271,8	856,4	300,8	63,0

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Com os dados de massas molares também foi possível realizar o cálculo da razão molar de óleo de frango e álcool etílico na reação de transesterificação, sendo ela de 1:15.

Uma das mais importantes variáveis que afetam a conversão em ésteres nessa reação é a razão molar óleo vegetal:álcool, já que se trata de uma reação reversível. Um excesso de álcool desloca o equilíbrio da reação para a direita, no sentido dos produtos.

No entanto, uma elevada razão molar pode interferir na separação do glicerol devido ao aumento da miscibilidade do mesmo no álcool etílico. Quando o glicerol permanece em solução, o equilíbrio é deslocado no sentido dos reagentes, diminuindo a conversão em ésteres, o que pode justificar o baixo rendimento desta reação, 63%.

## 6 CONCLUSÕES

Realizou-se neste trabalho a síntese do biodiesel etílico de frango, através da reação de transesterificação via catálise básica.

A gordura de frango foi extraída a partir de carcaças e vísceras e foi separada em duas frações: oleína, que é totalmente líquida, devido a alta concentração de ácido oléico e outros ácidos graxos insaturados e a estearina, que apresenta elevada concentração de ácidos graxos saturados e se cristaliza à temperatura ambiente. A fase líquida foi utilizada como material de partida na síntese do biodiesel e a partir da percentagem de ácidos graxos em sua composição (valores da literatura) foi possível estimar as massas molares do óleo de frango, biodiesel e conseqüentemente, o rendimento teórico da reação.

As condições reacionais utilizadas na reação de transesterificação foram: razão molar óleo de frango: álcool etílico de 1:15, 5 % (m/m) de catalisador homogêneo básico KOH, 30 min. reacionais à temperatura ambiente, sendo o rendimento mássico da reação de 63 %.

Foi possível confirmar a conversão do óleo de frango em biodiesel através de duas análises qualitativas simples e de baixo custo: viscosidade e cromatografia de camada delgada. Verificou-se que a viscosidade do produto formado foi cerca de 10 vezes menor do que o do material de partida e próximo ao valor do óleo diesel de petróleo. As placas cromatográficas mostraram que o biodiesel formado estava puro e foi possível separá-lo com êxito do glicerol. Este último apresentou traços de óleo não reagido, podendo justificar a perda de rendimento do biodiesel, uma vez que os cálculos foram realizados em função da quantidade de óleo de frango utilizada como material de partida.

## REFERÊNCIAS

- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura>> Acesso em: 02 mar. 2017.
- AGEITEC. **Agência Embrapa de informação tecnológica**. Disponível em:<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj0847od02wyiv802hvm3juldruvi.html>>. Acesso em: 1 jul. 2018.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)> Acesso em: 02 jul. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura>> Acesso em: 02 mar. 2017.
- ASTM D1962-85 *Standard Test Method for Acid Value of Organic Coating Materials*.
- ASTM D6751 details standards and specifications for biodiesels blended with middle distillate fuels.
- AYRES, Robert U.; AYRES, Edward H. Cruzando a fronteira da energia: dos combustíveis fósseis para um futuro de energia limpa. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BRASIL: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>> Acesso em: 27 de jun. 2018.
- BRASIL. Petrobrás. Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2007. 46 p.
- BUCUSSI, A.A., Introdução ao conceito de energia, Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007.
- CENTENARO, Graciela S.; FURLAN, Valcenir J. M.; SOUZA-SOARES, L. A.; Gordura de frango: alternativas tecnológicas e nutricionais. Ciências Agrárias, Londrina, 2008.
- CENTRO CIENTÍFICO CONHECER. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/sabao.pdf>> Acesso em: 01 jul. 2018.
- CHIU, M. C.; GRIMALDI, R.; GIOIELLI, L. A., Fracionamento a seco da gordura de frango em escala piloto. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Campinas, v. 43, n. 3, p. 421-434, set. 2007.
- CNPEN. Disponível em: <<http://cnpem.br/alternativa-as-gorduras-trans/>> Acesso em: 27 ago. 2017.
- EMBRAPA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>> Acesso em: 27 jun. 2018.

FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho.** 2010.

FERRARI, R. A.; KOLLER, F. R. **Fracionamento de gordura de frango.** UEPG-Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias, v. 7, n. 01, p 43-50, 2009.

FERREIRA, Ivon Pinheiro Lôbo E Sérgio Luis Costa. BIODIESEL: PARÂMETROS DE QUALIDADE E MÉTODOS ANALÍTICOS. **QUÍMICA NOVA**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, jan./set. 2009.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil.** Estud. av. vol.21 n.59 São Paulo Jan./Abril. pp.7-20, São Paulo, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. Sao Paulo: IMESP, 1985, p. 206.

JORNAL ESTADO DE MINAS. Disponível em <[https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2014/12/15/internas\\_economia,599529/criado-res-de-frangos-utilizam-tecnicas-que-reduzem-a-metade-o-tempo-pa.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2014/12/15/internas_economia,599529/criado-res-de-frangos-utilizam-tecnicas-que-reduzem-a-metade-o-tempo-pa.shtml)> Acesso em: 27 jun. 2018.

MARCINIUK, L.L.. **Catalisadores heterogêneos ácidos inéditos para a produção de ésteres metílicos e etílicos de óleos vegetais.** Campinas, 2007 Dissertação (Química) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2007.

MAREL POULTRY. Disponível em: <<https://marel.com/files/pdf/world-of-stork-poultry-br.pdf?ind=poultry>> Acesso em: 27 jun. 2018.

MING, C. C.; GIOIELLI, L. A.; Lipídios estruturados obtidos a partir da mistura de gordura de frango, sua estearina e triacilgliceróis de cadeia média. I. composição em ácidos graxos e em triacilgliceróis. **Química nova**, v. 31,n. 2, p. 232-237, jul. 2008.

MIYASHIRO, C. S. et al. Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleos residuais. **Revista brasileira de energias renováveis**, Cidade, v. 1, p. 63-76, out. 2013.

NETO, P. R. C. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química nova**, **23(4) (2000)**, Cidade, v. 23, n. 4, p. 531-537, jan. 2000.

OLIVEIRA, J. P. D. et al. Caracterização físico-química de resíduos oleosos do saneamento e dos óleos e graxas extraídos visando a conversão em biocombustíveis. **Química Nova**, São Mateus, v. 37, n. 4, p. 597-602, jul. 2014.

PORTAL EDUCAÇÃO, BIODIESEL: Histórico, uso e impactos ambientais. 2007. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/biodiesel-historico-uso-e-impactos-ambientais/16994>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química.** p. 2-15. nov. 2013.

REVISTA MUNDO ESTRANHO. Disponível em  
<<https://mundoestranho.abril.com.br/mundo-animal/qual-a-diferenca-entre-frango-e-galo/>>  
Acesso em: 27 jun. 2018.

SOLDI, R.F. et al. **Alcoólise de óleos vegetais e gordura animal utilizando catalisadores heterogêneos ácidos**. Disponível em  
<<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/producao/Heteacidos19.pdf>> Acesso em:  
02 mai 2017.

SOLOMONS, T. W. G.; Fryhle, C. B. Química Orgânica. 7 ed. Volume 2. p. 377-388. Rio de Janeiro: LTC. 2002.

SOUSA, R. M., **Avaliação da Predição de Algoritmos de Treinamento Supervisionado de Redes Neurais Artificiais Aplicado a Qualidade de Biodiesel**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa De pós-graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

TOMIELLO, C. R. **Potencial do óleo de frango como matriz lipídica para a produção de biodiesel**. 2014. 51 f. Tese (Doutorado) - Curso de Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.