UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Dissertação

Produção de biodiesel a partir de subprodutos da agroindústria do pêssego

Luis César Saldanha da Silva

Pelotas, 2021.

Luis César Saldanha da Silva

Produção de biodiesel a partir de subprodutos da agroindústria do pêssego

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Muller Vieira
Co-Orientador: Prof. Dr. Willian Cézar Nadaleti

Pelotas, 2021.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S586p Silva, Luis César Saldanha da

Produção de biodiesel a partir de subprodutos da agroindústria do pêssego / Luis César Saldanha da Silva ; Bruno Müller Vieira, orientador ; Willian Cezar Nadaletti, coorientador. — Pelotas, 2021.

64 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Óleo de pêssego. 2. Resíduo. 3. Transesterificação. I.

Elaborada por Maria Inez Figueiredo Figas Machado CRB: 10/1612

Produção de biodiesel a partir de subprodutos da agroindústria do pêssego

Dissertação Aprovada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 16 de julho de 2021

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bruno Müller Vieira (Orientador) - Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Willian Cézar Nadaleti (co-orientador) - Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Profa. Dra. Fernanda Medeiros Gonçalves - Doutora em Produção Animal pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti - Doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades e conquistas ocorridas ao longo da vida.

Agradeço aos meus pais (Rui e Maria Luiza) pelos bons caminhos que sempre me ensinaram, pelo sacrifício que muitas vezes tiveram que fazer para que meus caminhos fossem repletos de sucesso.

A minha esposa e filhos (Carla Simone, Crislei e Rosber) pela paciência, apoio e dedicação para que o melhor fosse alcançado.

A minha nora (Samantha) pelo apoio empreendido durante o período de realização do curso e principalmente na realização desse trabalho.

Ao meu orientador professor Dr. Bruno Müller Vieira e ao co-orientador professor Dr. William Cezar Nadaletti pelos ensinamentos repassados, pela paciência, dedicação e apoio.

A todos os colegas pela vivência e compartilhamento do aprendizado.

Um agradecimento em especial a dois colegas Anderson Gabriel Corrêa e Victoria Huch Duarte por todo apoio, dedicação e compartilhamento das atividades realizadas durante as análises laboratoriais.

Aos professores por todo conhecimento compartilhado, pela paciência e toda a dedicação.

A instituição Fundação Universidade Federal de Pelotas.

RESUMO

DA SILVA, Luis César Saldanha. **Produção de biodiesel a partir de subprodutos da agroindústria do pêssego**. 2019. 64f. Projeto de Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2019.

Nas indústrias de conservas de Pelotas-RS, por ano, são processadas toneladas de frutos, em especial o pêssego, onde é descartada a semente dessa fruta (caroço), onde está contida a amêndoa com alto teor de ácidos graxos. Com o surgimento de vários estudos para obtenção de biodiesel, onde a principal matéria prima utilizada é a partir do óleo de soja, neste trabalho, o objetivo é verificar a possibilidade de se obter um biodiesel de qualidade, através do óleo de pêssego para, posteriormente, sugerir uma destinação correta ao resíduo e também efetuar o aproveitamento dos resíduos gerados no processamento do pêssego nas indústrias de conservas, e assim procedermos a transesterificação do óleo do pêssego. Dessa forma, a determinação das condições ideais para a produção do biodiesel de óleo vegetal da amêndoa do caroço de pêssego refinado via transesterificação metílica, utilizando o hidróxido de potássio como catalisador, sendo realizado por meio de delineamento experimental, utilizando um arranjo fatorial 2^3. Sendo que o planejamento fatorial resulta em oito pontos com diferentes condições de produção de biodiesel oriundos de um ponto central. As variações das condições da metodologia aplicada ocorrerão na razão molar entre o óleo e o álcool, a quantidade de catalisador, assim como a temperatura. Onde serão realizadas as análises de índice de acidez, viscosidade, iodo e saponificação. Espera-se com isso que através da avaliação das propriedades físico-químicas dos ésteres derivados dos ácidos graxos do óleo produzido, se enquadrem dentro das normas estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo - ANP e assim seja possível o aproveitamento dos resíduos gerados, e que através desse processo as indústrias possam ser autossustentáveis energeticamente.

Palavras-chave: Óleo de pêssego; Resíduo; Transesterificação.

ABSTRACT

DA SILVA, Luis César Saldanha. **Production of biofuels from peach agro-industry by-products: Biodiesel and Biomethane.** 2019. 64f. Dissertation Project (Master in Environmental Sciences) - Graduate Program in Environmental Sciences, Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas 2019.

In the canning industries of Pelotas-RS, tons of fruit are processed annually, especially the peach, where the seed of this fruit (stone) is discarded, where the almond with a high fatty acid content is contained. With the appearance of several studies for obtaining biodiesel, where the main raw material used is from soybean oil, in this work, the objective is to give a correct destination to the residue and also to make use of the residues generated in the processing of the peach in the canning industries, more precisely the peach kernel than through its almond with the extraction of oil, and so we proceed to the transesterification of peach oil. In this way, the determination of the ideal conditions for the production of biodiesel from vegetable oil from the peach kernel refined via methyl transesterification, using potassium hydroxide as a catalyst, carried out by means of an experimental design, using a 2^3 factorial arrangement. With this, it is expected that through the evaluation of the physicochemical properties of the esters derived from the fatty acids of the oil produced, they fall within the norms established by the National Petroleum Agency - ANP and thus it is possible to use the generated waste, and that through of this process the industries can be energy self-sustainable.

Keywords: Peach oil; Transesterification; Residue.

Lista de Figuras

Figura 1 - Consumo final de energia por setor..... 13
Figura 2 - Consumo final de energia por fonte..... 13
Figura 3 - Colocação do Brasil perante a produção mundial de biodiesel..... 17
Figura 4 - Estrutura do pêssego 26
Figura 5 - Estrutura do pêssego e do caroço de pêssego..... 27
Figura 6 – Processamento do óleo de pêssego em laboratório para obtenção do biodiesel..... 40
Figura 7 – Balão de separação..... 41
Figura 8 – Decantação do glicerol (à esquerda); remoção do glicerol (ao centro); purificação do biodiesel (à direita) 41
Figura 9 - realização da analise de acidez..... 42
Figura 10 - realização do teste de viscosidade..... 45
Figura 11 - Efeito do catalisados na acidez..... 52
Figura 12 - Superfície de resposta catalisador/temperatura/saponificação 54
Figura 13 - Superfície de resposta validada..... 55

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Planejamento fatorial 2^3..... 38
Tabela 2 – Planejamento fatorial 39
Tabela 3 – Índice de acidez de cada amostra 46
Tabela 4 – Índices de saponificação das amostras 48
Tabela 5 – Índice de iodo das amostras 49
Tabela 6 – Valores da viscosidade de cada amostra 50
Tabela 7 - Planejamento seguindo gráfico de probabilidade com o índice de acidez..... 51
Tabela 8 - Planejamento seguindo gráfico de probabilidade com o índice de saponificação..... 52

Lista de Quadros

Quadro 1 - Relação entre as variáveis com índice de acidez..... 51
Quadro 2 - Relação entre as variáveis com o índice de saponificação..... 53
Quadro 3 - Relação entre as variáveis com o índice de iodo..... 55
Quadro 4 - Relação entre as variáveis com a viscosidade..... 56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
1.1 OBJETIVOS 10
1.1.1 Objetivo geral 10
1.1.2 Objetivos específicos 10
2. REFERENCIAL TEÓRICO 11
2.1 O USO ENERGÉTICO E SUAS FONTES 11
2.2 O RESÍDUO DA INDUSTRIALIZAÇÃO E DA PRODUÇÃO DO PÊSSEGO 13
2.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL 15
2.3.1 Transesterificação 17
2.3.2 Índice de Viscosidade 19
2.3.3 Índice de Iodo 19
2.3.4 Índice de Saponificação 20
2.3.5 Índice de Acidez 21
2.3.6 Glicerol 21
2.4 INDÚSTRIAS DE CONSERVAS DE PÊSSEGO 22
2.4.1 Pêssego - O fruto 24
2.4.2 Pêssego – A semente 26
2.5 ÁCIDOS GRAXOS 27
2.6 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA AMÊNDOA DE PÊSSEGO 29
2.7 MATÉRIAS-PRIMAS 30
2.7.1 Culturas que servem como matéria-prima 30
2.8 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS 33
2.9 SUPERFÍCIE DE RESPOSTA 34
2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA 36
3. METODOLOGIA 36
3.1 MATÉRIA-PRIMA - PÊSSEGO 36
3.2 BIODIESEL 37
3.2.1 Delineamento Experimental 37
3.3 TRANSESTERIFICAÇÃO E PURIFICAÇÃO DO BIODIESEL 38
3.4 ANÁLISES 41
3.4.1 Indice de Acidez 41
3.4.2 Índice de Saponificação 42
3.4.3 Índice de Iodo 42
3.4.4 Viscosidade 44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 45
4.1 ÍNDICE DE ACIDEZ 45
4.2 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO 46
4.3 ÍNDICE DE IODO 48
4.4 ÍNDICE DE VISCOSIDADE 48
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA 50
4.5.1 Acidez 50
4.5.2 Saponificação 51
4.5.3 Iodo 54
4.5.4 Viscosidade 54
5. CONCLUSÃO 55
REFERÊNCIAS 56

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 100 mil anos a espécie humana vem transformando o planeta de acordo com as suas necessidades. Com o crescimento populacional, o desenvolvimento dos países e a utilização dos recursos naturais em larga escala começaram a surgir os problemas ambientais (Serrão; Almeida; Carestiato, 2020).

Com a descoberta do petróleo e da eletricidade, o carvão e a lenha foram sendo substituídos e, com isso, ocorreu uma expansão da produção industrial (SERRÃO; ALMEIDA; CARESTIATO, 2020).

Com a crise do petróleo enfrentada no final de 1973, países importadores de petróleo foram prejudicados, principalmente aqueles em desenvolvimento como o Brasil. Com isso, houve a necessidade de se buscar energias alternativas (ARAÚJO; CARVALHO; SOUZA, 2009).

De acordo com Parente (2003), cerca de 40% de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural. Contudo, essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro sendo relevante, a busca por opções de fontes alternativas aos supracitados para a geração de energia. Atualmente, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2020), a matriz energética mundial é composta principalmente por fontes não renováveis, onde cerca de 81,1% provém do petróleo, do carvão e do gás natural.

Com o aumento no consumo de petróleo é previsto que os recursos fósseis se esgotem dentro dos próximos 50 anos (JEIHANIPOUR; BASHIRI, 2015). Nesse sentindo, cada vez mais ocorre à procura por combustíveis renováveis, onde o biocombustível surge como alternativa para suprir a demanda bem como reduzir a emissão de poluentes no meio ambiente.

No Brasil, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP é quem regulariza a comercialização do biodiesel, garantindo que o mesmo esteja dentro das normas de qualidade e seja aceito pelo mercado, e ainda, coloca o biodiesel como parte da matriz energética brasileira (BERWANGER et al., 2015).

Corroborando com isso, Ramos et al (2003), afirmam que o Brasil, através da ANP, regulamenta e controla a qualidade do biodiesel produzido, onde entram como

fatores determinantes dos padrões de identidade e qualidade do biodiesel o índice de acidez, saponificação, iodo, viscosidade, entre outros.

De acordo com a EPE (2018) cerca de 45% da energia e 18% dos combustíveis consumidos no Brasil já são renováveis. No resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis, sendo que 14 % vêm de fontes energéticas renováveis.

Todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos[1] ou triglicerídicos, podem ser transformados em biodiesel (TAPANES et al., 2013). Sendo assim, com a elevada produtividade por parte das agroindústrias acaba sendo gerado um expressivo volume de resíduos, onde, o caroço do pêssego se apresenta como uma boa alternativa para a produção de biodiesel.

Existem atualmente, na literatura brasileira vários estudos com sementes de frutas para produção de biodiesel, mas a semente do pêssego é escassa de trabalhos que discutam a obtenção de biodiesel a partir do óleo extraído. Os estudos relatam apenas a obtenção e caracterização do óleo de pêssego.

No Brasil, a produção de pêssego industrializado é abundante na região Sul, especificamente no Rio Grande do Sul na cidade de Pelotas, e no interesse de reduzir a geração de resíduos e obter biodiesel, optou-se por explorar o uso do caroço desta fruta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Objetiva-se o aproveitamento do óleo extraído do caroço de pêssego para a produção de biocombustível.

1.1.2 Objetivos específicos

- Proceder a transesterificação do óleo do pêssego;

[1] LIPÍDEOS SAPONIFICÁVEIS ou ÓLEOS FIXOS
DEFINIÇÃO: é um macronutriente, em forma de ésteres de cadeia longa ou derivados, encontrados em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nas células de gordura.
Profª. Drª. Maria de Fátima Vanderlei de Souza
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

- Determinar as melhores condições para a produção do biodiesel;
- Avaliar as propriedades físico-químicas dos ésteres derivados dos ácidos graxos do óleo produzido;
- Relacionar os resultados obtidos através de testes estatísticos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O USO ENERGÉTICO E SUAS FONTES

A energia é um insumo básico, praticamente utilizado em todas as atividades das sociedades modernas, produzindo bens e serviços, substituindo o trabalho humano ou fornecendo conforto (BARRETO et. al., 2013).

Conforme Barreto et. al. (2013), na evolução humana a energia constitui-se num elemento importante e está associada à capacidade de transformação do meio ambiente em favor das atividades humanas, uma vez que a energia é subtraída de fontes existentes na natureza.

No Brasil a forma mais utilizada de energia origina-se das hidrelétricas, as quais foram responsáveis por 63,2% do fornecimento de energia (Brasil, 2020). Sendo que o petróleo corroborou com 42,6% no uso energético brasileiro, onde 18,1% deste valor correspondem ao consumo de diesel, destacando o combustível como a fonte energética mais consumida no país (EPE, 2018)

Contudo, as energias fósseis representam 65,9% de toda a energia elétrica gerada no mundo, e colaborando com apenas 5,0 % a energia eólica, solar, geotérmica, maremotriz e de resíduos sólidos ou efluentes, em compensação, o petróleo compõe 33,3% do consumo global de energia (BP GLOBAL, 2018; JIANG et al., 2017; VARÃO, et al., 2016).

Sendo assim, o uso e fontes energéticas que mais se destacam são os setores energético, o comercial, o industrial e o de transporte representados na figura 1.

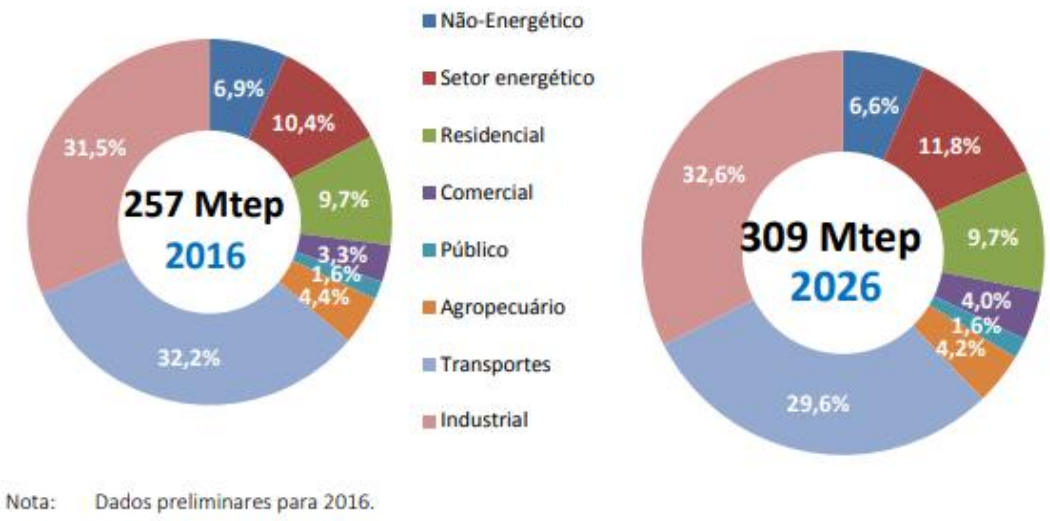


Figura 1 - Consumo Final de Energia por Setor em 2016 e previsão para 2026
Fonte: EPE – Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.

Já as fontes energéticas mais utilizadas são as derivadas de petróleo, cana de açúcar e eletricidade representados na figura 2.

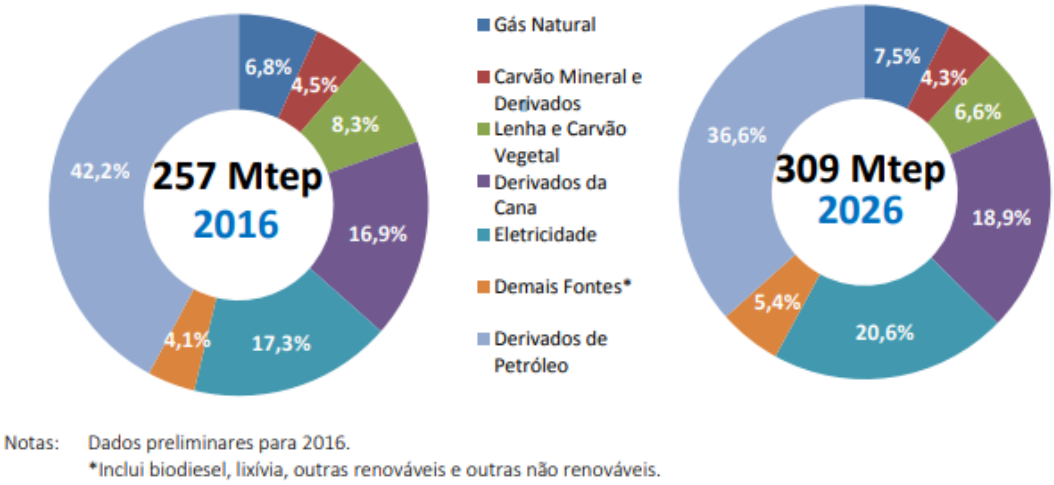


Figura 2 – Consumo final de energia por fonte em 2016 e sua previsão para 2026
Fonte: EPE – Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.

Segundo Altoé et al., o setor industrial foi o que apresentou maior consumo de energia e o segundo maior potencial médio de economia caso medidas de eficiência energética sejam aplicadas.

No Plano Nacional de Eficiência Energética, PNEf (MME, 2011), são descritas ações voltadas ao setor industrial, onde ressalta a contratação de serviços de

consultoria em eficiência energética, a modernização industrial quanto a substituição de equipamentos ineficientes, mas dentre essas, consta a expansão dos sistemas de co-geração, como o reaproveitamento dos resíduos de biomassa e gases de coqueria.

Diante desse cenário é possível observar a falta de exploração de energias vindas de fontes renováveis, sendo necessários maiores investimentos na produção de biocombustíveis e bioenergia.

2.2 O RESÍDUO DA INDUSTRIALIZAÇÃO E DA PRODUÇÃO DO PÊSSEGO

A indústria de alimentos está entre os principais setores responsáveis pelo processo de industrialização do Brasil. Na década de 1950, já era a segunda maior atividade industrial do País, com cerca de 25% de participação no setor. No final dos anos 1990, o setor já se constituía como maior parque industrial brasileiro (OLIVEIRA, 2018).

De acordo com Guimarães (2015), a geração de resíduos com alto valor de (re)utilização não é aproveitado em função de não se aplicar uma tecnologia adequada, sendo que estes materiais podem ser convertidos em produtos comerciais ou matérias-primas para processos secundários.

Para Jung, et. al. (2016), o caroço do pêssego é um resíduo presente em grandes quantidades em indústrias de sucos e produção de frutas em conserva. A extração do óleo essencial do pêssego é uma forma eficiente de reaproveitamento para este resíduo.

No que se refere aos resíduos de origem agrícola, apresentam grande potencial para serem utilizados na produção de energia, como exemplo, as palhas e cascas de frutos e cereais, os bagaços, os resíduos das podas de pomares e vinhas dentre outros (SAITER, 2008).

Conforme Quirino (2003) os resíduos classificados como ligno-celulósicos são os que contêm na sua constituição lignina e celulose sendo, em sua maior parte, de origem vegetal. Onde cita como exemplo todos os rejeitos oriundos da madeira ou da indústria madeireira, resíduos de culturas agrícolas ou de beneficiamento de produtos agrícolas e embalagens em fim de vida etc. Segundo Quirino (2003, p. 6) a nomenclatura básica no tratamento de um resíduo é:

> **Eliminação:** ação de se desfazer de um resíduo sem tirar nenhum proveito, como por exemplo, a incineração sem recuperação de energia.
> **Recuperação:** ato de aproveitar total ou parcialmente um resíduo, através de processos adequados, reduzindo assim o volume destinado à eliminação.
> **Valorização:** está ligada a alguma ação de desenvolvimento de processo tecnológico, podendo ocorrer através de diversas maneiras, como reciclagem, reutilização, regeneração etc.
> A indústria deve ser incentivada a abandonar a eliminação promovendo a recuperação com a valorização dos seus resíduos. E, uma forma bastante objetiva de se conseguir isso, é através da normalização e da legislação específicas.

De acordo com Sá Leitão (1997) as agroindústrias geram um elevado montante de subprodutos poluidores que ainda são subutilizados (cascas, caroços e outros), sendo dispostos no ambiente, utilizados como fertilizantes orgânicos ou na alimentação animal, sem qualquer tratamento.

Conforme Cavalcanti et al. (2010), as frutas tropicais produzidas no Brasil são comumente consumidos in natura, mas também são processadas na indústria de alimentos para obtenção de sucos, extração da polpa, néctar, fabricação de bolos, geleias, doces e aromatizantes e sorvetes dentre outros.

Os mesmos autores afirmam que após o processamento das frutas para a elaboração de novos produtos, como sucos e doces são obtidos cerca de 40% de resíduos, sendo estes resíduos, geralmente desprezados, poderiam ser utilizados como fontes alternativas de energia.

Conforme Mezzomo (2008) o caroço do pêssego consiste em um dos resíduos do processamento, representando até 20% (m/m) da fruta. Este resíduo, em indústrias conserveiras, ultrapassa oito mil toneladas/ano no Brasil.

De acordo com o mesmo autor uma das maneiras de se aproveitar este resíduo é através da extração do óleo da amêndoa, como meio de gerar fontes alternativas de renda e reduzir a geração de resíduos. Neste trabalho, será apresentada uma maneira de aproveitar este resíduo que é através do uso do óleo da amêndoa para obtenção do biodiesel.

Borges et. al (2004) realizaram estudos sobre a utilização de resíduos das indústrias de conserva de abacaxi da região de Pelotas –RS para a produção de suco o a partir da obtenção das cascas, centros e aparas da fruta, concluindo-se que é viável a elaboração de suco a partir de resíduos de sua industrialização.

2.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Conforme Araújo; Carvalho e Souza (2009), o biodiesel é um substituto natural do diesel de petróleo, que pode ser produzido a partir de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais e óleos usados para a cocção de alimentos (fritura). Já de acordo com Lima Neto et al., (2006) quimicamente pode-se dizer que o biodiesel é definido como éster monoalquílico de óleos vegetais e ou gordura animal, de ocorrência natural e que pode ser produzido, juntamente com a glicerina, a partir de uma reação de transesterificação.

Segundo Vieira (2012) os biocombustíveis são combustíveis renováveis derivados de matéria-prima biorrenováveis e incluem o bioetanol, ou simplesmente etanol, o biodiesel e o biogás (metano). No entanto, para a realização da produção do biodiesel é necessário atender as normas da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, pois é quem regulariza a comercialização do biodiesel no Brasil.

O biodiesel é obtido através do método de transesterificação metílica que se baseia na reação química de triglicerídeos com álcoois (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (ácido, básico ou enzimático), resultando na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo etanol ou metanol (BRASIL, 2005).

Para que passasse a ser mais explorado e consumido, bem como diminuir as emissões de gases poluentes no país o governo federal promulgou, em janeiro de 2008, a Lei n° 11.097/2005, a qual instituiu a obrigatoriedade da adição de 5% de biodiesel ao diesel, com acréscimo gradual até 2013. Dando continuidade ao incentivo do uso do biodiesel, foi estabelecido um cronograma através da Lei nº 13.263/2016, de 23 de maço de 2016, onde foram estabelecidos os seguintes percentuais de adição obrigatória, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional:

I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação desta Lei;

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação desta Lei;

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação desta Lei.

Desta forma, ficou determinado que o biodiesel devia compor 10% da mistura até 2019.

O histórico do ranking mundial da produção de biodiesel tem o Brasil ocupando a segunda colocação no comparativo de produção de biodiesel em 2015 com relação a outros países que já se encontra regulamentada a sua utilização. Conforme pode ser observado na figura 3, no entanto, de acordo com Biodieselbr (2019), baseando-se nos dados divulgados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), informam que, a produção de biodiesel da Indonésia superou a do Brasil em 2018. Todavia, conforme o Centro Nacional das Indústrias do Setor Sucroenergético e Biocombustíveis - CEISE (2019), a União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio) o Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial, apenas atrás dos Estados Unidos.

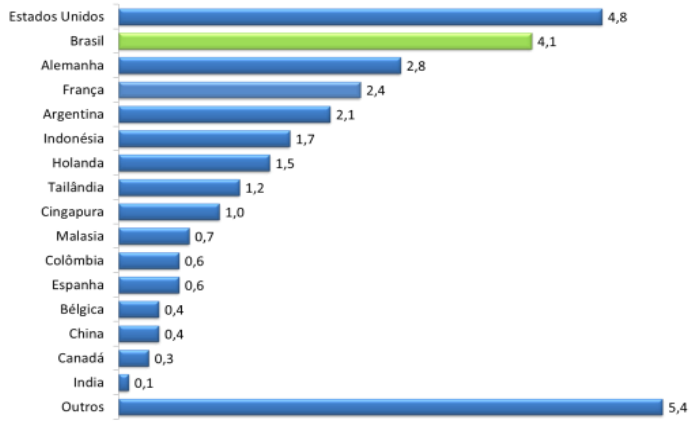


Figura 3 - Colocação do Brasil perante a produção mundial de biodiesel em bilhões de litros por ano.
Fonte: Relatório da Rede de Políticas de Energias Renováveis (REN 21) de 2016.

De acordo com Vieira (2012), o uso dos biocombustíveis pode levar a uma redução significativa nas emissões de gases causadores do efeito estufa, mas há questionamentos quanto aos possíveis danos ambientais.

> Como combustível, o biodiesel apresenta características que lhe conferem vantagens sobre o diesel fóssil tanto do ponto de vista ambiental como o de eficiência funcional. É livre de compostos aromáticos e de enxofre, é biodegradável, e obtido de fonte renovável. No aspecto econômico, permite

> ao país tornar-se menos dependente do petróleo importado, além de estimular a produção agrícola, em grandes e pequenas propriedades rurais. No quesito de desempenho, o biodiesel apresenta propriedades superiores ao diesel fóssil, como maiores ponto de fulgor, índice de cetano e poder lubrificante. Cabe destacar também, que se adapta ao motor diesel sem a necessidade de modificações mecânicas. Evidentemente, há também, propriedades indesejáveis. O calor de combustão, por exemplo, é menor do que do diesel fóssil. Outra desvantagem é sua temperatura de cristalização mais elevada (VIEIRA, 2012, p. 22).

Conforme estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013) que resultou no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, onde através desse trabalho foi possível identificar que no período de 20 anos – 1992 a 2012, mesmo com o aumento da frota ocorreu queda nas emissões, sendo estas prejudiciais tanto ao meio ambiente como a saúde humana em função das doenças pulmonares e respiratórias.

Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, pois o biodiesel permite um ciclo fechado de carbono onde o dióxido de carbono, principal responsável pelo aquecimento global, é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor. Além disso reduzem em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre, porque o biodiesel não tem ou tem muito pouco enxofre na sua cadeia carbônica, enquanto o diesel possui enxofre, entre outros poluentes ligados a sua cadeia carbônica. (LIMA, 2004).

2.3.1 Transesterificação

Conforme Beltrão e Oliveira (2008) a reação de transesterificação é a etapa da conversão, propriamente dita do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que constitui o biodiesel.

Embora sejam notáveis todos os avanços tecnológicos e científicos em busca de alternativas para utilização de energias renováveis, o processo utilizado na produção de biodiesel não sofreu grandes mudanças (EVANGELISTA, 2011). O processo mais utilizado na obtenção de biodiesel permanece sendo através da transesterificação de óleos vegetais e gordura animal.

Conforme Lima Filho et al. (2017), vêm sendo utilizado mais comumente dentre as técnicas para a produção do biodiesel a transesterificação dos óleos extraídos das biomassas para obtenção de ácidos graxos (AG), sendo que tal processo garante a redução da viscosidade e eleva a volatilidade, características presentes no óleo diesel.

De acordo com Beltrão e Oliveira (2008) o processo de transformação de óleos vegetais ou de gordura animal em biodiesel, por transesterificação, é relativamente simples, mas requer rigor com as características das matérias primas, sobretudo se o objetivo for comercializar um biodiesel que efetivamente atenda às exigências legais do País e do mercado internacional.

Para Knothe et al., (2006), a transesterificação pode ser definida como a reação entre três moléculas de álcool e uma molécula de triglicerídeo (triéster) produzindo três moléculas de ésteres alquílicos e uma de glicerina.

Segundo Miyashiro et al., (2011), a reação de transesterificação de óleos vegetais e gorduras, consiste na quebra de moléculas entre um triglicerídeo e um mono-álcool (etanol ou metanol) de cadeia curta, sendo que para este processo são usados catalisadores como ácido ou base forte para acelerar a reação dos ésteres alquílicos de uma mistura.

No entanto, para obtenção de biodiesel sempre se fará necessário a adição de um álcool, sendo o metanol o mais utilizado mundialmente, devido promover melhores rendimentos, mas principalmente ao seu menor custo, gerando um biodiesel mais barato.

Para a produção do biodiesel, existem processos alternativos para a sua produção, ou seja, tem como produzir biodiesel por outras técnicas como o craqueamento, esterificação, transesterificação, dentre outros que podem ser etílico (etanol) ou metílico (metanol), sendo que atualmente a transesterificação metílica é o processo mais utilizado, visto à disponibilização do álcool (ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

2.3.2 Índice de Viscosidade

Dentre as propriedades físicas dos combustíveis, a viscosidade é uma das mais importantes, visto que afeta a atomização do combustível na câmara de combustão. A viscosidade é a resistência a vazão que um líquido apresenta quando submetido à ação da gravidade (Vieira, 2012).

Corroborando Knothe et. al. (2006), descrevem que é uma medida da resistência da vazão de um líquido aliada à fricção ou atrito de uma parte do fluido que escoa sobre outra, afeta a atomização do combustível no momento de sua injeção na câmara de combustão e, em última análise, a formação de depósitos no motor.

Segundo Lôbo; Ferreira; Cruz (2009), a viscosidade do biodiesel aumenta com o comprimento da cadeia carbônica e com o grau de saturação e tem influência no processo de queima na câmara de combustão do motor.

Os mesmos autores ainda citam que os sabões residuais, bem como os glicerídeos não reagidos (mono-, di- e triglicerídeos) e os produtos da degradação oxidativa do biodiesel, aumentam a viscosidade do biodiesel.

A viscosidade cinemática é expressa em $mm^2\ s^{-1}$, e o intervalo estabelecido pela ANP 07/08 varia entre 3,0 e 6,0 $mm^2\ s\ -1$ (ANP, 2008).

2.3.3 Índice de Iodo

É a massa de halogênio expressa como I_2 que reage por 100 gramas de amostra (VIEIRA, 2012).

> De acordo com Lôbo; Ferreira; Cruz (2009, p. 8) o número de insaturações não tem apenas efeito nos valores de densidade e de viscosidade dos biodieseis, mas também é de grande importância na estabilidade oxidativa dos biodieseis como será explicado adiante. As normas EN 14214 e RANP 07/08 adotaram o índice de iodo (método analítico EN ISO 1411) para determinar o número de insaturações. O método baseia-se no tratamento da amostra com halogênios em excesso, que se adicionarão às duplas ligações. Os halogênios não reagidos são então titulados como tiossulfato de sódio e o resultado expresso como gramas de iodo que reagem com as insaturações em 100 g de amostra. O valor máximo aceito na norma EN

> 14214 é de 120 g I2 /100 g. A ANP 07/08 solicita o registro do resultado da análise.

Segundo Lira; Aires; Flumignan (2019) o Índice de iodo é de grande importância na estabilidade oxidava, densidade e de viscosidade dos biodieseis.

De acordo com Sarto et. al. (2019) a baixa estabilidade oxidativa é reforçada pelo índice de iodo que indica o número de insaturações do biocombustível, expressando assim, a tendência do mesmo a sofrer oxidação.

2.3.4 Índice de Saponificação

Segundo Silva; Silva A. (2009) é a quantidade de álcali necessário para saponificar uma quantidade definida de amostra. Essa análise é aplicável a todos os óleos e gorduras e expressa a quantidade em mg de hidróxido de potássio (KOH) necessária para saponificar ésteres e neutralizar ácidos graxos livres presentes em uma grama de amostra.

De acordo com Vieira (2012), o índice de saponificação é uma indicação da quantidade relativa de ácidos graxos de alto e baixo peso molecular. No biodiesel, este parâmetro é um indício da presença de ácidos graxos que não foram transesterificados.

De acordo com Guimarães (2015), o índice de saponificação é número de miligramas de hidróxido de potássio em meio alcoólico necessário para saponificar 1,0 g de óleo ou gordura.

A produção de biodiesel é afetada pela presença de ácidos graxos livres (AGL’s) e água. Sendo assim, segundo Guimarães (2015) quando o material graxo apresentar um elevado valor de saponificação, faz como que o triglicerídeo seja hidrolisado, e assim aumentando a quantidade de AGL’s.

Corroborando com exposto Oliveira et. al. (2019) dizem que um fator que propicia a saponificação na reação é a presença de ácidos graxos livres, sendo que o índice de saponificação diz respeito à quantidade de ácidos graxos ligados.

2.3.5 Índice de Acidez

Conforme Vieira (2012), é uma medida do teor de ácidos graxos livres presentes no biodiesel, ele é expresso como a massa de KOH em mg necessária para neutralizar uma grama de amostra.

De acordo com Nadaleti (2014) o índice de acidez, tem influência sobre o envelhecimento do biocombustível.

Para Lôbo; Ferreira e Cruz (2009) o monitoramento da acidez no biodiesel é importante durante a estocagem, na qual a alteração dos valores neste período pode significar a presença de água.

De acordo com Oliveira et. al. (2012), um elevado índice de acidez tem efeito negativo na qualidade do óleo, por prejudicar a reação via catalise básica. Desta forma, torna-se necessário uma maior quantidade de catalisador. Uma elevada acidez livre no combustível também possui ação negativa sobre os componentes metálicos do motor aumentando a taxa de corrosão dos mesmos.

Corroborando com isso, Van Gerpen et al. (2004) afirmam que o alto índice de acidez pode causar deposição de sedimentos no motor e desgaste da bomba e filtro de combustível.

Os procedimentos adotados pela ANP 07/08 são os mesmos recomendados pelas normas americana e européia, além do método de titulação potenciométrica ABNT NBR 14448. Todas as normas citadas estabeleceram limites máximos de acidez de 0,5 mg de KOH/g (ANP, 2008).

2.3.6 Glicerol

Devido os avanços tecnológicos e a atenção ao meio ambiente e os incentivos dos governantes para o uso de energias renováveis, onde, através da Lei nº 11.097/95, que definiu percentuais anuais de adição de biodiesel ao óleo diesel, o Brasil ocupa a segunda posição mundial na produção e consumo de biodiesel, o Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás lideram o ranking na produção do biodiesel no país. Esses estados produziram 25 milhões de barris nos primeiros nove meses de 2018, (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

Em 2017, o Brasil obteve uma produção acima de 4 milhões de metros cúbicos de biodiesel, ou seja, uma geração de mais de 400 mil toneladas de glicerol (ANP, 2018). Este aumento na produção, também proporcionou maior geração de efluentes e resíduos (ROSSETTI, 2016; SALGADO JUNIOR et al., 2014). Onde será produzido o glicerol que é um resíduo da produção de biodiesel e designa a produção de glicerina bruta (ANP, 2016).

De acordo com os estudos de Novi et al., (2018), em uma única usina de biodiesel foram produzidos cerca de 378 milhões de litros de biodiesel e, portanto, durante esse período, estima-se que a quantidade de glicerol gerado foi de aproximadamente 54 mil toneladas.

Corroborando com isso, Papanikolaou et al. (2017), afirma que para cada 10 kg de biodiesel produzido, gera cerca de 1 kg de glicerol puro.

Novi et al., (2018) questionam se os produtores de biodiesel têm ciência sobre o risco a que estão expondo o meio ambiente e a saúde das pessoas diante da grande quantidade de glicerol gerado, tornando-se um problema. Mas Novi et al., (2018), também, descrevem que todos os grandes produtores de biodiesel vendem, ou transferem a destinação do glicerol para terceiros que revendem o resíduo glicerol purificado, em sua maioria, para o mercado asiático. Onde o resíduo purificado (glicerina) é empregado em alimentos, ração animal, cosméticos, fármacos (LEONETI; ARAGÃO-LEONETI; OLIVEIRA, 2012; TAN; AZIZ; AROUA, 2013).

2.4 INDÚSTRIAS DE CONSERVAS DE PÊSSEGO

Conforme a Associação dos Municípios da Zona Sul – AZONASUL (2020), a China é o maior produtor e consumidor de pêssego do mundo, o Brasil fica em 14º maior produtor, e o Rio Grande do Sul o maior produtor nacional com 160.826,92 toneladas, ou seja, 56,25 % da produção nacional, sendo que Pelotas responde por 90% da produção de pêssegos tipo industrializado do Brasil.

Isso se deve em função da vida útil do pêssego fresco ser pequena, em torno de 2 a 5 dias, quando submetido a condições naturais, sem refrigeração. O

processamento industrial em calda é uma forma de prolongar a presença da fruta para o consumo, próxima das condições naturais (MADAIL; RASEIRA, 2008).

De acordo com Bach e Vieira (2014), Pelotas no período entre os anos de 1950-1970, sentiu o crescimento, o apogeu e o declínio de um importante polo de industrialização do doce de fruta, localizado na zona rural do município.

O processo de industrialização teve seu começo no século XIX com a chegada dos imigrantes europeus e, em 1960, Pelotas chegou a 61 estabelecimentos produtivos. A produção artesanal teve seu início em 1878 pelo francês Amadêo Gustavo Gastal, em Monte Bonito (BACH; VIEIRA, 2014).

Atualmente o fruto representa um importante componente da economia nacional, tendo fechado a safra de 2017 com cerca de 285.875,84 toneladas de pêssegos produzidos, (IBGE, 2018).

A alta produtividade das indústrias de conservas localizadas na região da cidade de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul chama a atenção para o aproveitamento de seus resíduos e para o marketing verde, para a sustentabilidade. Mesmo sendo considerada uma atividade de alto risco, visto que pode oferecer anos de alta rentabilidade e anos de prejuízos significativos, devido a dependência climática, a produção nacional ocupa mais de 21 mil hectares, movimentando R$ 400 milhões e gera mais de 2,5 milhões de empregos diretos e indiretos anualmente, de acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater/RS), outro fator importante é a análise do consumo per capta de pêssego: 1,123 kg, consolidando o pêssego como um grande setor da economia do país, e a agroindústria com a produção de cerca de 50 milhões de latas (AZONASUL, 2020). O beneficiamento do pêssego não envolve apenas a retirada da casca e do caroço, envolve outras etapas, tais como seleção, lavagem, banho de imersão, corte, enlatamento e outros, que há décadas passadas eram realizadas manualmente, o que atualmente ocorre através de máquinas elétricas (BACH, 2009).

Segundo Gonzáles-Gonzáles et al. (2018) e Ramos et al. (2017) no que diz respeito aos biocombustíveis líquidos, a produção vem ocorrendo por meio do uso de diferentes matérias-primas agrícolas de culturas oleaginosas e leguminosas para obtenção de bioetanol e biodiesel.

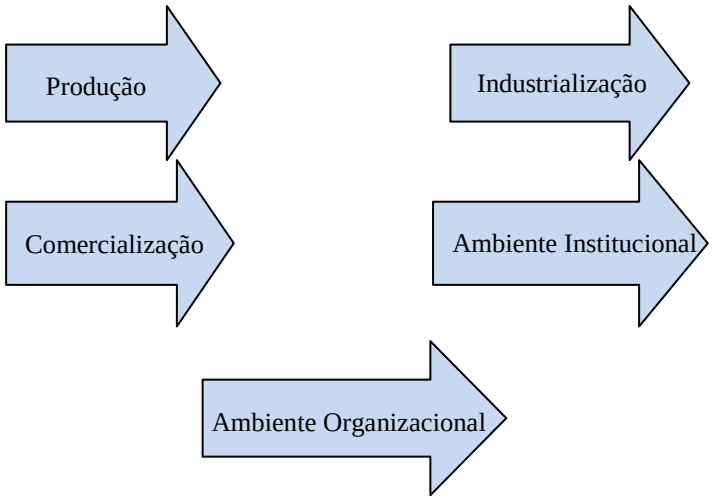
2.4.1 Pêssego - O fruto

De acordo com Simão (1998), o pessegueiro é nativo da China, de clima tropical e temperado, pertencente à família Rosaceae, subfamília Prunoidea, gênero Prunus (L.) e subgênero Amigdalus, sendo que os cultivares comerciais são da espécie Prunus persica (L.) Batsch.

Segundo Madail e Raseira (2008), a concentração da produção de pêssego ocorre no Sul e Sudeste do País. Nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro as áreas com pessegueiro encontram-se nas regiões com temperaturas mais baixas. Em termos percentuais, a produção de pêssegos do Rio Grande do Sul representa 53% da produção brasileira.

A produção de pêssego no Brasil advém de pomares de base familiar e empresariais, porém em número de produtores, os familiares representam mais de 90%. No Sul do Brasil, concentra-se uma parcela significativa da produção de pêssegos do País, especialmente de fruta destinada ao processamento industrial, oriunda de produtores de base familiar e empresariais (MADAIL; RASEIRA, 2008).

Conforme Bordin (2017) a cadeia produtiva do pêssego é dada conforme segue:



Produção: É todo o manuseio de matérias primas em um conjunto de trabalhos para se chegar a uma produção, neste caso, a produção da fruta. Durante seu ciclo são aplicados matérias primas, serviços e trabalhos e, ao

final, se tem a colheita e seu resultado, ou seja, a produção (Bordin, 2017).

Industrialização: Neste elo da cadeia produtiva são encontrados os atores responsáveis pela transformação das matérias primas produzidas na agricultura. A transformação ocorre dentro de uma planta produtiva concentrada, na qual há o recebimento da matéria prima da agricultura, sofrendo as modificações do produto natural, alterando seu estado físico. Este processo é realizado para dar uma maior vida útil ao produto acabado (Bordin, 2017).

Comercialização: Neste elo da cadeia produtiva são encontrados os atacadistas e os varejistas, responsáveis pelo viés comercial dos produtos para o consumidor final através de canais longos ou curtos. É a logística dos produtos, o transporte de um ponto para outro para que este seja comercializado (Bordin, 2017).

Ambiente Institucional: É tudo o que rege e orienta a cadeia produtiva. Desde o conjunto de leis ambientais, trabalhistas tributarias e comerciais, até as normas de regulamentação dos produtos e comercialização Silva (2005, p. 2).

Ambiente organizacional: Compreende as entidades que influenciam na cadeia produtiva, como agentes de fiscalização, agentes de crédito, universidades, centros de pesquisas e agências credenciadas Silva (2005, p. 2).

Na figura 4 é possível observar a estrutura da fruta.

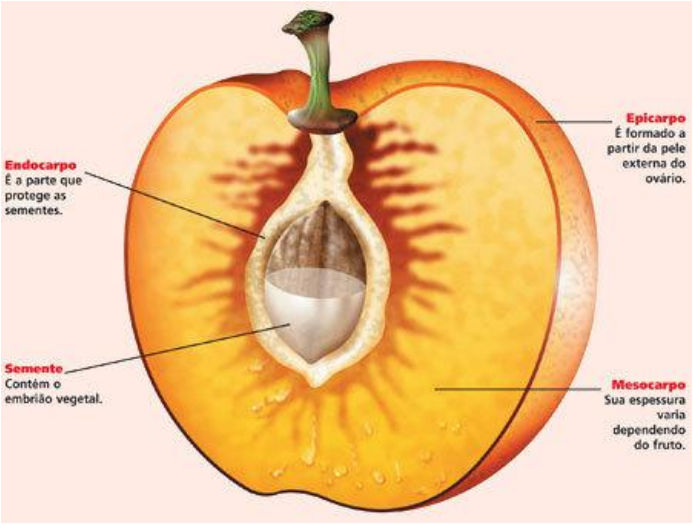


Figura 4 – Estrutura do pêssego
Fonte: (https://infoescola.com.br)

Na maioria das indústrias de conservas da região os caroços são armazenados em contentores e destinados à alimentação animal como, por exemplo, na suinocultura, além de serem utilizados como combustível (CALGAROTO et al., 2005).

O Óleo de amêndoa de pêssego corresponde a óleos de alto grau de insaturação, ricos em ácidos oleico e linoleico MEZZOMO (2008). Já segundo Calgaroto et al. (2005), o óleo de amêndoa de pêssego possui um baixo conteúdo de ácidos graxos saturados, alto conteúdo de ácido oleico (55% a 77%) e presença de ácidos graxos essenciais.

2.4.2 Pêssego – A semente

Os pêssegos se dividem em dois tipos segundo sua utilização: os ¨de mesa¨, para consumo ao natural, e os ¨de conserva¨. A polpa do de mesa é mais macia que a do pêssego de conserva, EMBRAPA (1993).

Conforme observado na figura (5), a semente do pêssego fica localizada no endocarpo (caroço), a amêndoa conforme descrito na literatura possui vários benefícios, podendo ser utilizada para vários fins. Onde, se destaca entre as maiores qualidades o manganês, a vitamina E, o magnésio, os triptofanos, o cobre, a bitamina B2 e o fósforo, além dos benefícios a saúde como a tonificação do sistema nervoso, diminuição do colesterol, diabetes e outros (BENEFÍCIOS DAS AMÊNDOAS, 2015).

Figura 5: Estrutura do pêssego e do caroço de pêssego

Fonte: Adaptado de IRIZARRY, 2015

De acordo com as pesquisas realizadas por Gettens, et. all, (2016), foram encontrados valores de umidade na amêndoa de pêssego de aproximadamente 8,46%, e teor proteico de 26,10%, já o percentual lipídico encontrou valores médios de aproximadamente 42,73%, os teores médios de cinzas foram de 4,1%, e o teor médio de fibras foi de 3,63% e a atividade antioxidante em percentual de inibição do extrato etanoico foi de 38,1%.

Porém, não se deve esquecer que as amêndoas contêm o glicosídeo cianogênico amigdalina, o qual é precursor do ácido cianídrico. Os cianetos são compostos que inibem a citocromo oxidase durante o processo de respiração celular (GETTENS, 2016). Que de acordo com D'avila (2013), o consumo constante desta substância pode levar ao envenenamento crônico por cianeto.

Conforme Mezzomo (2008), a amêndoa de pêssego é rica em óleo apresentando cerca de 32 a 45% (m/m), que após o refino, o óleo se apresenta rico especialmente por ácidos graxos como ácidos oleico e linoleico e fonte de vitamina.

Ainda, de acordo com Mezzomo (2008), em suas pesquisas relatou que o teor de óleo na amêndoa foi de 41 % (m/m), considerando-se extração com hexano, e de 34,7 % (m/m), utilizando-se éter de petróleo como solvente.

De acordo com os estudos realizados com a amêndoa do caroço de pêssego, observa-se que, com a riqueza da amêndoa é possível realizar a extração do óleo e trabalhar além do que foi citado por Mezzomo (2008), que é uma boa fonte dos minerais cálcio, fósforo e ferro, e rico em vitamina A, além do óleo de amêndoa de pêssego corresponder a óleos de alto grau de insaturação, ricos em ácidos oléico e linoleico, deste modo o óleo de pêssego apresenta atrativos para utilizar o mesmo na produção de biodiesel através da transesterificação.

2.5 ÁCIDOS GRAXOS

Conforme Nunes (2013), os ácidos graxos, encontrados como componentes dos óleos e gorduras, são membros do grupo dos ácidos carboxílicos. Uma molécula de ácido graxo consiste de uma longa cadeia hidrocarbônica, ligada a um grupo carboxílico em uma das extremidades.

De acordo com Novello et. al. (2008), ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de 4 a 36 átomos de carbono, sendo uma das unidades fundamentais dos lipídios.

Schirmann (2009), diz que os ácidos graxos estão presentes tanto em espécies vegetais como animais empregados na alimentação humana.

Quanto à extensão da cadeia, Novello et. al. (2008), descrevem que os ácidos graxos classificam-se em ácidos graxos de cadeia curta com 4 a 8 átomos de carbono (gorduras de laticínios); cadeia média, de 8 a 12 carbonos (óleo de coco e de palmeira) e os de cadeia longa, mais de 12 átomos de carbono (muitos tipos de gorduras de origem animal).

E, segundo Schirmann (2009), descreve que os ácidos graxos saturados são encontrados predominantemente em alimentos como carne, ovos, leite e derivados, na gordura do côco e em gorduras vegetais hidrogenadas. No entanto, os ácidos graxos insaturados estão presentes nos seguintes alimentos: abacate, as nozes, castanhas em geral e os óleos de origem vegetal, tais como, óleo do mesocarpos e endocarpo de palmeiras, óleo de canola e óleo de oliva (azeite de oliva).

No trabalho desenvolvido por Nunes (2013), descreve que a maioria dos ácidos graxos de óleos e gorduras comestíveis possui uma cadeia carbônica de 16 a 18 carbonos, embora alguns alimentos apresentem ácidos graxos contendo 12,14, 20 ou 22 carbonos.

Conforme Nunes (2013), os ácidos graxos são saturados ou insaturados, onde o mesmo explica que se na cadeia hidrocarbônica dos ácidos graxos, as unidades CH_2 estão unidas apenas por ligações simples, o ácido graxo é dito saturado (por hidrogênio), entretanto, se em algum ponto da cadeia, há a presença de uma ou mais duplas ligações, o ácido graxo é denominado de insaturado. Os ácidos graxos saturados são encontrados como ácido láurico, possuindo 12 átomos de carbono (C12); ácido mirístico com 14 átomos de carbono (C14); ácido palmítico com 16 átomos de carbono (C16) – sendo um dos mais amplamente distribuídos na natureza, tendo ocorrência em praticamente todos os óleos e gorduras vegetais ou animais; ácido esteárico com 18 átomos de carbono (C18) e os ácidos araquídico (C20), behênico (C22) e Lignocérico (C24).

Já os ácidos graxos insaturados com base no número de duplas ligações na cadeia, os ácidos graxos podem ser mono (apenas uma dupla ligação) ou poli (mais de uma dupla ligação) insaturados. E podem ser classificados em cis ou trans

dependendo da orientação geométrica dos átomos de hidrogênio unidos aos átomos de carbono que compartilham a dupla ligação, NUNES (2013).

2.6 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA AMÊNDOA DE PÊSSEGO

Os processos de extração têm como objetivo separar o óleo ou a gordura da matéria bruta de sua fonte, obtendo um produto isento de impurezas o quanto possível, NUNES (2013).

> Conforme Nunes (2013, p. 27) a maior parte dos óleos vegetais é extraída das sementes de plantas de clima temperado. Os de maior interesse são os óleos de soja, canola, milho, amendoim e girassol. Os óleos também podem ser extraídos da polpa de frutos, sendo comumente referidos como azeites. Os mais comuns são os azeites de oliva e dendê. Gorduras também podem ser extraídas de sementes, como a gordura de cacau. Tipicamente os óleos vegetais apresentam altos teores de ácidos graxos mono e di insaturados predominantemente com 16 ou 18 carbonos. Ao contrário dos óleos e gorduras animais, os de origem vegetal normalmente não contêm ácidos graxos insaturados com configuração trans.

A extração de substâncias biologicamente ativas pode ser realizada, em nível laboratorial, através de técnicas convencionais de extração como a hidrodestilação, maceração e extração soxhlet. Já em escala industrial, a extração de óleos vegetais é realizada mecanicamente e com uso de solventes, MEZZOMO (2008).

De acordo com Mezzomo (2008), a hidrodestilação é um processo difundido industrialmente para obtenção de extratos naturais. Já os óleos vegetais obtidos de sementes em escala laboratorial são produzidos tradicionalmente através de extração soxhlet. O processo de maceração consiste em deixar a matéria-prima em contato com o solvente por um determinado tempo, à temperatura ambiente, para extrair os compostos de interesse.

De acordo com Nunes (2013), a extração do óleo dos grãos pode ser feita por dois processos: prensagem ou extração com solvente. Mas alerta para a necessidade de pré-tratamentos de matérias-primas vegetais devido a grande quantidade de material sólido, o que para isto se faz necessário uma pré-limpeza e armazenamento, o descascamento, a trituração e laminação e o cozimento a fim de se obter um produto final de melhor qualidade.

2.7 MATÉRIAS-PRIMAS

A produção de biodiesel ocorre a partir de oleaginosas, sebo animal, óleo residual de fritura, microalgas e resíduos de tratamento de esgotos (ALI et al., 2017; CARDOSO; SHIKIDA; FINCO, 2017).

No Brasil, cerca de 75 % do biodiesel produzido é oriundo do óleo extraído da semente de soja (AGROFEL, 2011), mas as alternativas para produção de óleo são diversas e dependem da espécie cultivada em cada região. No Nordeste, algumas culturas se destacam por serem adaptáveis ao clima semiárido como é o caso da mamona e do pinhão manso. (SLUSZZ, 2006).

Segundo a EMBRAPA (2012), o Rio Grande do Sul é um dos líderes nacionais da produção de biodiesel a partir do óleo de soja e do sebo bovino, porém outras culturas são estudadas como potenciais fontes para produção do biocombustível.

2.7.1 Culturas que servem como matéria-prima

Conforme descreveram Sluszz e Machado (2006) algumas culturas que servem como matéria-prima para a produção de biodiesel, conforme segue:

- Cultura do Dendê (Elaeis Guineensis L.) – planta da família Palmae, é um cultivo perene e começa a produzir frutos a partir de 3 anos, tendo uma vida econômica útil entre 20 e 30 anos. O Pará já é o maior produtor de óleo de palma do Brasil, concentrando mais de 80% da área plantada. Anualmente, cada hectare de palma pode render de 4 a 6 toneladas de óleo, ou seja, 10 a 12 vezes mais do que a soja, sendo considerada a oleaginosa de maior produtividade em óleo bruto.
- O Coco (Cocos nucifera), é da família das palmáceas, existem duas variedades de coco que são cultivadas no Brasil: o coqueiro-gigante e o coqueiro-anão. O continente asiático é o maior produtor de coco, com destaque para Indonésia, Filipinas e Índia. No Brasil os estados do nordeste são os maiores produtores de coco, principalmente o coqueiro-gigante, sendo

a Bahia o maior produtor. Do coco-da-bahia tudo se aproveita, a polpa ralada e seca tem múltiplos usos: culinária, extração de óleo comestível, combustível, margarina, detergente, sabão, cosméticos, resinas sintéticas, dentre outros.

- O Babaçu (Orbignya speciosa) ou coco-de-macaco é uma planta da família Palmae. De maneira geral, praticamente todas as palmeiras em especial o dendê, o buriti e o babaçu concentram altos teores de óleo. Assim, o principal destinatário das amêndoas do babaçu são as indústrias locais de esmagamento, produtoras de óleo cru, que é um subproduto também para a fabricação de sabão, glicerina e óleo comestível, além do biodiesel.
- O Girassol (Helianthus annuus L.), é uma planta dicotiledônia, da família Compositae, é indicado para produção de biodiesel pela excelente qualidade do óleo extraído de sua semente. O girassol produz, atualmente, cerca de 1.000 litros de óleo por hectare/ano.
- A Canola (Brassica napus L. e Brassica rapa L.), planta da família das crucíferas, possui de 40 a 46% de óleo e também serve como farelo, com 34 a 40% de proteína, sendo considerado um excelente suplemento proteico na fórmula de rações.

  A área semeada com canola, em 2004, foi de 10.804 hectares no Rio Grande do Sul, 1.611 ha no PR e 2.417 ha em Goiás, sendo que no RS, a área cresceu para aproximadamente 20.000 ha em 2005. Já o rendimento de grãos varia de 2.100 e 2.400 kg/ha, sendo que o seu óleo é o mais utilizado na Europa para produção de biodiesel e constitui padrão de referência nesse mercado.
- A Mamona (Ricinus communis L.) é uma planta da família Euphorbiaceae, sendo conhecida popularmente por rícino, carrapateira, bafureira, baga e palma-criste. A mamona pode ser considerada a principal oleaginosa para produção de biodiesel, por ser de fácil cultivo, de baixo custo e por ter resistência à seca. O óleo da mamona é o principal produto da planta, possuindo diversos usos, dentre eles: lubrificante de turbinas, fabricação de náilon e resinas, tecidos, adesivos, cosméticos, fios, tubos plásticos e tintas aproveitadas em pinturas de automóveis e em impressoras, além de ser componente também utilizado nas telecomunicações e na biomedicina.

Embora os diversos usos da mamona é no biodiesel que a mamona poderá ter sua grande aplicação, tendo em vista seu elevado teor de óleo.

O País é o terceiro maior exportador do óleo de mamona, participando com cerca de 12% do mercado mundial, tendo a Bahia como o maior produtor nacional, sendo responsável por 92% da colheita.

- O Amendoim (Arachis hypogaea) é uma planta herbácea da família Fabácea. O amendoim é utilizado na alimentação humana ou destinado à extração de óleo. O óleo é utilizado na culinária, na indústria de conservas de alimentos enlatados, em produtos medicinais, na fabricação de margarina, sabões, sabonetes e cremes.

  Os grandes produtores mundiais são: Índia, China, Nigéria, Senegal, Estados Unidos e Brasil. No Brasil o estado de São Paulo é o maior produtor do país.
- A Soja (Glycine Max) é uma planta da família Fabaceae, sendo considerada uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo. É um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto.

  Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, colhendo cerca de 50 milhões de toneladas/ano, sendo o Centro-Oeste a principal região produtora, com cerca de 50% do volume nacional.
- O Algodão (Gossypium hirsutun L.r latifolium Hutch) é uma planta da família das Malvaceae. O algodão, que é considerado a mais importante das fibras têxteis, é também a planta de aproveitamento mais completo e que oferece os mais variados produtos de utilidade.

  Os frutos, conhecidos como maçãs, produzem as plumas (fibras) e as sementes (caroços). A produção do biodiesel é a partir do esmagamento do caroço, sendo uma alternativa ainda pouco divulgada, mas que começa a atrair o interesse de grandes empresas.

  O Mato Grosso continua sendo o principal produtor brasileiro, com cerca de 1,9 milhão de toneladas, o que corresponde a 48% da produção nacional, mas a Bahia vem se destacando como grande produtora de matérias-primas para óleo.
- O Pinhão Manso (Jatropha Curcas L.) é da família Euphorbiaceae, o pinhão manso pode ser considerado uma das mais promissoras oleaginosas para

substituir o diesel de petróleo, o fruto é uma cápsula com três sementes escuras e lisas, dentro das quais se encontra a amêndoa, que é branca, tenra e rica em óleo. Seu óleo é empregado como lubrificante em motores a diesel e na fabricação de sabão e tinta.

- O Nabo Forrageiro (Raphanus Sativus) é uma planta da família das Crucíferas, o óleo ainda pouco explorado no Brasil constitui um potencial biocombustível.
- O Gergelim (Sesamum indicum) é uma planta da família das Pedaliáceas, é cultivado em 71 países, especialmente na Ásia e África, o Brasil é um pequeno produtor, sendo cultivado em São Paulo, Goiás (maior produtor), Mato Grosso e Minas Gerais.

  As sementes fornecem óleo muito rico em ácidos graxos insaturados, oleico e linoleico, além de vários constituintes secundários como sesamol, sesamina, sesamolina e gama tocoferol que determinam sua elevada qualidade, em especial a estabilidade química devido à resistência a rancificação por oxidação, propriedade atribuída ao sesamol. Além dos fins alimentares, seus grãos encontram diversas aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e óleo-química.

2.8 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS

Conforme observado, é fato que toda atividade realizada, seja ela industrial ou agrícola, geram resíduos e em função deste e de outros problemas, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, promulgada pela Lei N° 12.305/10 a fim de instituir governança no trato a gestão dos Resíduos Sólidos (RS) e racionalizar o uso das matérias-primas, reinserindo-as ao ciclo produtivo, maximizando seu aproveitamento e promovendo o desenvolvimento sustentável, além de minimizar o acúmulo destes e a consequente exaustão dos atuais sistemas de disposição final (BRASIL, 2010).

A mesma Lei que instituiu a PNRS contém ferramentas importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos

sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (Lei n. 12.305, 2010). Essas proposições estão contidas nos incisos da Lei, a saber:

X – gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XII – logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIII – padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras.

2.9 SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

A metodologia de superfícies de resposta (ou RSM, *Response Surface Methodology*) é uma técnica de otimização baseada em planejamentos fatoriais que foi introduzida, nos anos cinquenta, e que desde então tem sido usada com grande sucesso na modelagem de diversos processos industriais (NETO, SCARMINIO, BRUNS, 2001).

Conforme Silva, et. al. (2010), a Metodologia RSM, é uma coleção de técnicas matemáticas e estatísticas usada para a modelagem e análise de problemas em que uma resposta de interesse é influenciada por várias variáveis e o objetivo é otimizar esta resposta.

Segundo Reis (2010), a metodologia de superfície de resposta pode ser entendida como uma combinação de técnicas de planejamento de experimentos, análise de regressão e métodos de otimização, para construção e exploração de modelos empíricos, usados para desenvolver, melhorar e otimizar processos.

Segundo Neto, Scarminio e Bruns (2001), a metodologia de superfícies de resposta tem duas etapas distintas, modelagem e deslocamento, que são repetidas tantas vezes quantas forem necessárias, com o objetivo de atingir uma região ótima da superfície investigada. A modelagem normalmente é feita ajustando-se modelos simples (em geral, lineares ou quadráticos) a respostas obtidas com planejamentos fatoriais ou com planejamentos fatoriais ampliados. O deslocamento se dá sempre ao longo do caminho de máxima inclinação de um determinado modelo, que é a trajetória na qual a resposta varia de forma mais pronunciada.

De acordo com Polidoro (2016), a RSM tem por objetivo relacionar e identificar a relação existente entre fatores controláveis (variáveis independentes) e as respostas (variáveis dependentes) do sistema analisado.

Neto, Scarminio e Bruns (2001), relatam que uma questão muito importante na RSM é a escolha da faixa inicial de variação dos fatores, que determinará o tamanho do primeiro planejamento e consequentemente a escala de codificação e a velocidade relativa com que os experimentos seguintes se deslocarão ao longo da superfície de resposta.

Para Barbosa (2009), os gráficos de Superfície de Resposta são úteis para a modelagem e análise de problemas nos quais as respostas são influenciadas por várias variáveis e o grande objetivo é a otimização das respostas.

Silva, et. al. utilizaram em seu trabalho que consistia numa investigação do comportamento da viscosidade cinemática em misturas de biodieseis, a ferramenta estatística, que tem sido usada com grande sucesso na modelagem de diversos processos industriais.

Segundo os estudos de Bashir et. al. (2015), para utilizar a metodologia de superfície de resposta como uma forma de otimização, se faz necessário seguir determinados procedimentos, tais como: 1) Seleção das variáveis independentes mais importantes e seu nível no sistema, através de estudos preliminares; 2) A escolha do delineamento experimental e realização dos experimentos de acordo com a matriz experimental selecionada; 3) O gerenciamento matemático-estatístico dos dados experimentais obtidos através do ajuste de uma função polinomial; 4)

Diagnóstico do modelo – avaliar a estimativa do erro e checar as interações e termos quadráticos; 5) A verificação da necessidade e possibilidade de realizar um deslocamento em direção à região ótima; 6) Obtenção dos valores ótimos para cada variável resposta.

Para Barbosa (2009), basicamente é um processo em quatro etapas: Identificar os fatores; Definir os níveis; Escolher o desenho experimental apropriado e análise dos dados.

2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O gráfico de probabilidade normal é uma forma simples e prática para testar se uma pequena quantidade de dados está ajustada de acordo com uma distribuição normal. Para determinar se os dados seguem uma distribuição, compare o valor-p com o nível de significância. Geralmente, um nível de significância (denotado como α ou alfa) de 0,05 funciona bem. Um nível de significância de 0,05 indica que o risco de concluir que os dados não seguem a distribuição quando eles realmente a seguem é de 5%. Se o valor-p for menor ou igual ao nível de significância, você deve rejeitar a hipótese nula e concluir que os seus dados não seguem a distribuição. Se o valor-p for maior do que o nível de significância, você não deve rejeitar a hipótese nula porque não há evidências suficientes para concluir que os seus dados não seguem a distribuição. Entretanto, não é possível concluir que os dados não seguem a distribuição.

3. METODOLOGIA

3.1 MATÉRIA-PRIMA - PÊSSEGO

O óleo de pêssego é extraído da amêndoa que fica localizada junto ao caroço do pêssego, podendo ser, através de dois sistemas, prensagem ou extração com solvente (NUNES, 2013). No caso do presente estudo, o óleo de pêssego, foi adquirido da empresa Aroma e Amor Essenciais que fica localizada em Ribeirão

Preto/SP, cujo o nome científico é *Prunus pérsica Bash – Rosaceae*, onde sua forma de obtenção foi através de prensagem a frio e filtração sendo que a parte utilizada do fruto é a semente e sua cor é amarelo claro e com fraco odor vegetal, sendo que o mesmo deve ser conservado em temperatura máxima de 25º C.

3.2 BIODIESEL

3.2.1 Delineamento Experimental

A determinação das condições ideais para a produção do biodiesel de óleo vegetal da amêndoa do caroço de pêssego refinado via transesterificação metílica, utilizando o hidróxido de potássio como catalisador, foi realizado por meio de delineamento experimental, utilizando um arranjo fatorial 2^3 conforme tabela (1).

Tabela 1 - Planejamento fatorial 2^3

Razão molar	Catalisador	Temperatura
-	-	-
+	-	-
-	+	-
+	+	-
-	-	+
+	-	+
-	+	+
+	+	+

Fonte: Organizado pelo autor.

O planejamento fatorial resulta em oito pontos com diferentes condições de produção de biodiesel e um ponto central realizado em triplicata para estimativa de erro. As variações das condições da metodologia aplicada ocorrerão na razão molar entre o óleo e o álcool, a quantidade de catalisador, assim como a temperatura (Tabela 2).

Tabela 2 – Planejamento fatorial

Tratamento	Razão molar (álcool:óleo)	Catalizador (g)	Temperatura (°C)
P1	6,0:1	1,50	60
P2	9,0:1	1,50	60
P3	6,0:1	2,50	60
P4	9,0:1	2,50	60
P5	6,0:1	1,50	80
P6	9,0:1	1,50	80
P7	6,0:1	2,50	80
P8	9,0:1	2,50	80
PC	7,5:1	2,00	70

Fonte: Organizado pelo Autor

3.3 TRANSESTERIFICAÇÃO E PURIFICAÇÃO DO BIODIESEL

Inicialmente, em um balão volumétrico (250 mL) ligado a um condensador foram adicionados 125 mL de óleo, e 30 mL de metanol, já com 2 g de KOH, então essas substâncias são misturadas em banho Maria com o auxílio de uma chapa de aquecimento com agitador magnético, por uma hora em temperatura pré-determinada (de acordo com a Tabela 2). Ao final desta hora, 2,25 mL de ácido sulfúrico diluído em 15 mL de metanol são inseridos, com o intuito de neutralizar a base, e então, mistura-se mais uma hora, obtendo uma mistura com o biodiesel ao final desse processo.

A proporção metanol/óleo é estipulada pela massa molar de ambos, a estequiometria da reação de transesterificação requer 3 mols de álcool por mol de triglicerídeo, para produzir 3 mols de biodiesel e 1 mol de glicerol, logo, essa razão deve ser no mínimo de 3:1, sendo que, razões molares superiores resultam em maior conversão de éster em um menor tempo. Levando em conta que a proporção 6:1 é considerada ideal pela literatura, buscou-se uma razão entre 6:1 e 9:1.

Após obter a mistura com biodiesel, a mesma é filtrada, com auxílio de um funil e papel filtro, para a retenção de sólidos, em especial o sal formado na reação do Ácido Sulfúrico com o Hidróxido de Potássio. Em seguida, o líquido resultante é aquecido (em torno de 80°C), depois, o mesmo é inserido para um funil de separação tipo bola, onde fica até a glicerina decantar, e então ser retirada, restando assim, somente o biodiesel. Posteriormente, com o intuito de remover impurezas, esse biodiesel é lavado duas vezes com 100 mL de água destilada, por fim, é novamente aquecido para que qualquer resíduo de água evapore.

Esse processo foi realizado nove vezes, uma para cada amostra do planejamento fatorial, conforme a Tabela 1.

Nas figuras 6, 7 e 8 podem ser observadas as etapas do processamento do óleo de pêssego em laboratório para obtenção do biodiesel.

Figura 6 – Processamento do óleo de pêssego em laboratório para obtenção do biodiesel.

A) No agitador magnético sendo aquecido (à esquerda);
B) Catalisador ácido sulfúrico diluído (ao centro);
C) Agitação e aquecimento promovendo a reação de transesterificação na mistura de óleo, catalisador e álcool (à direita).

Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 7 – Balão de separação

Fonte: Organizado pelo autor

Figura 8 - Decantação do glicerol (à esquerda); remoção do glicerol (ao centro); purificação do biodiesel (à direita).

Fonte: Organizado pelo autor.

3.4 ANÁLISES

3.4.1 Indice de Acidez

Para a realização das amostras do biodiesel de óleo de pêssego foi realizado um planejamento fatorial 2^3, sendo que durante a realização das amostras com óleo de pêssego a temperatura variou de 60ºC à 80ºC.

Para a determinação do índice de acidez, em um Erlenmeyer, foram pesadas 4g da amostra, em seguida foram adicionados 25 mL de uma solução 2:1 éter etílico-etanol anidro e duas gotas de fenolftaleína. Posteriormente, essa mistura foi titulada com uma solução de NaOH (0,01 mol/L) até o aparecimento de uma cor rósea, conforme figura (9). Os valores obtidos foram adicionados na Equação 1, onde: “V” é o volume de titulante utilizado (em mL), “f” é o fator de correção do titulante (em mol/L) e “P” o peso da amostra (em gramas). O valor do Índice de acidez é expresso em mg de KOH por grama de amostra, e o valor limite estabelecido pela ANP é de 0,5 mg de KOH/g de amostra.

$$IA = V \times f \times 5{,}61/P \qquad (1)$$

f = fator de correção da solução de NaOH;
V = volume de NaOH para titular a amostra;
5,61 = equivalente grama do KOH;
P = numero de gramas da amostra.

No processo de produção de biodiesel é de grande importância o monitoramento da acidez durante a estocagem, visto que a alteração dos valores neste estágio pode significar a existência de água.

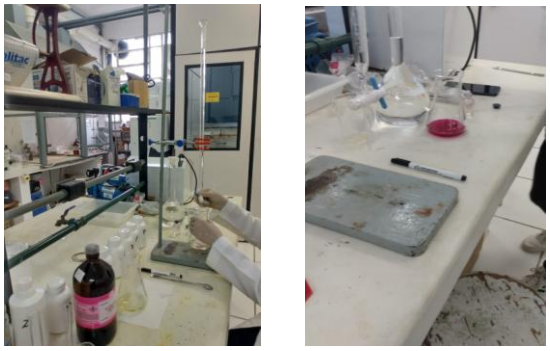


Figura 9 – realização da analise de acidez

Fonte: Organizado pelo autor.

3.4.2 Índice de Saponificação

A saponificação é a reação dos trialcilglicerídeos com álcali promovendo o rompimento das ligações ésteres na matriz lipoproteica (SCHROEDER, 2013).

O índice de saponificação é definido como o número de (mg) de hidróxido de potássio (KOH), necessários para saponificar os ácidos graxos, resultantes da hidrólise de um grama da amostra; é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos triglicerídeos presentes (COSTA, 2006).

Em um balão foi pesado uma massa de amostra de biodiesel de 4 gramas, e ainda foi adicionado 50 mL de solução de hidróxido de potássio (KOH) a 4% em etanol. Após, conectou-se o balão a um condensador e deixado sob refluxo e agitação, por 1 hora, sob uma temperatura de 90°C até a completa saponificação da amostra. Posteriormente, a amostra foi retirada do condensador e resfriada até a temperatura ambiente. Em seguida, foi acrescentado ao balão 2 gotas do indicador fenolftaleína e então titulou-se a solução com ácido clorídrico 0,5 mol/L, até o desaparecimento da cor rósea. Por fim, preparou-se uma determinação em branco, procedendo da mesma maneira que a amostra (AOAC, 1997).

Após a realização dos procedimentos acima pode obter-se o índice de saponificação (IS) através da equação 2 onde “A” é o volume gasto na titulação da amostra, “B” o volume gasto na titulação do branco, “f” o fator da solução de HCl e “P” o peso de amostra utilizado e 28,06 é a massa referente à solução de KOH 0,5 mol/L.

$$Índice\ de\ saponificação = \frac{(B - A)\ x\ f\ x\ 28{,}06}{P} \qquad (2)$$

3.4.3 Índice de Iodo

Em um Erlenmeyer, foram adicionados 0,25 g de amostra, 10 mL de ciclohexano e 25 mL da solução de iodo-cloro (segundo Wijis), e em seguida, a mistura foi agitada, coberta e guardada ao abrigo da luz. Após 30 minutos

acrescentaram-se 100 mL de água destilada e 10 mL de uma solução de Iodeto de Potássio a 15%, e então com o auxílio de uma proveta, titulou-se a amostra com tiossulfato de Sódio (0,1 mol/L), até o aparecimento de uma fraca coloração amarela, neste momento foram adicionados 2mL de uma solução indicadora de amido 1%, e deu-se sequência a titulação até o desaparecimento da cor azul (ASTM, 1997).

Após a realização da titulação os valores obtidos durante a análise são inseridos na Equação 3, e é então obtido o Índice de Iodo da amostra. Na equação temos que, “M” é molaridade da solução de tiossulfato de sódio, “Vb” é a volume em mL gasto na titulação do branco, “Va” é o volume em mL gasto na titulação da amostra, “P” é o peso da amostra em gramas e 12,69 é o fator proveniente dos valores de K (2 elétrons transferidos) e MI_2 (253,8 g/mol).

$$Índice\ de\ iodo = \frac{(Vb - Va)\ x\ M\ x\ 12{,}69}{P} \qquad (3)$$

Conforme Costa (2006) é o número de gramas de iodo absorvido por 100g de gordura ou óleo; proporcionam medida do grau de insaturação das gorduras extraídas com éter ou, ainda, medida do grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na gordura; Sendo que para cada óleo existe um intervalo característico do valor do índice de iodo;

Lôbo; Ferreira e Cruz (2009) afirmam que as normas EN 14214 e ANP 07/08 adotaram o índice de iodo (método analítico EN ISO 1411) para determinar o número de insaturações, sendo que o valor máximo aceito na norma é de 120 g I_2 /100 g.. Os mesmos autores dizem que o método baseia-se no tratamento da amostra com halogênios em excesso, que se adicionarão às duplas ligações. Os halogênios não reagidos são então titulados como tiossulfato de sódio e o resultado expresso como gramas de iodo que reagem com as insaturações em 100 g de amostra.

3.4.4 Viscosidade

Devido a maior facilidade na separação do combustível em relação à produção em via etanólica e conforme Vieira et al. (2016) a transformação dos óleos em biocombustível foi realizada através da transesterificação por via metanólica.

Com a utilização do Viscosímetro Saybolt – modelo Q288SR foi possível determinar a 40ºC a viscosidade.

Na figura 10, pode ser visualizado o viscosímetro utilizado.

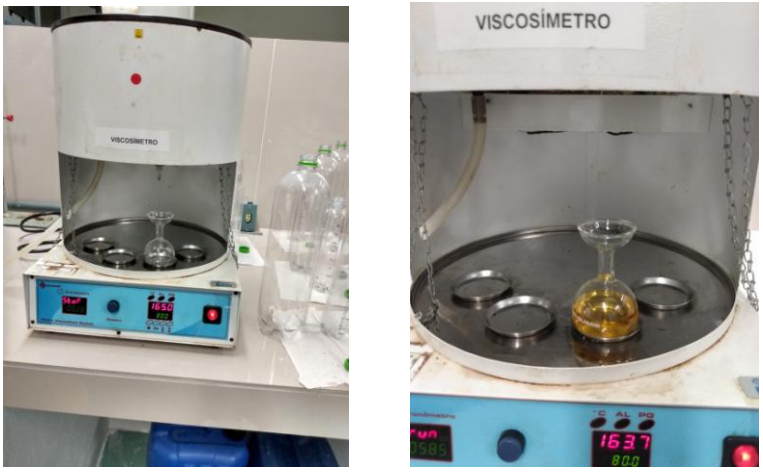


Figura 10 – realização do teste de viscosidade

Fonte: Organizado pelo autor.

Para definição da viscosidade, fechou-se um dos orifícios superiores do equipamento com um tampão de vidro próprio que fica preso a uma corrente, logo após o tubo Saybolt foi preenchido com no mínimo 60 ml de uma das amostras, e foi aquecido em banho Maria até a temperatura prevista. Tão logo tenha atingido, retirou-se o tampão e cronometrou-se o tempo de escoamento da amostra em segundos, de acordo com as condições padronizadas de ensaio, é a viscosidade Saybolt (SSU) na temperatura do equilíbrio térmico (ASTM, 2006).

O mesmo foi realizado com todas as amostras, e sendo assim, a partir do SSU encontrado e da equação 4 a seguir, foi possível obter a viscosidade cinemática a 40ºC.

$$\text{Viscosidade Cinemática} = (0{,}224 \times \text{SSU}) - 185/\text{SSU} \qquad (4)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo sugere-se o aproveitamento do resíduo da agroindústria alimentícia para obtenção de biodiesel através do óleo vegetal da amêndoa do caroço de pêssego, sendo assim, através de delineamento experimental utilizando um arranjo 2^3, foi possível determinar as condições ideais para a produção do biodiesel de óleo vegetal da amêndoa do caroço de pêssego, via transesterificação metílica, usando o hidróxido de potássio como catalisador.

De acordo com Jesus et. al. (2019), as fontes para produção de biodiesel são portadoras de características químicas, as quais são incorporadas pelo biodiesel durante o processo de obtenção, sendo que essas influenciam na sua qualidade no que tange a sua performance ao longo da estocagem como o índice de acidez e a viscosidade, dentre outros.

4.1 ÍNDICE DE ACIDEZ

O estudo apresentou resultados satisfatórios, conforme pode ser observado na tabela 3:

Tabela 3 – índice de acidez de cada amostra.

Amostras	Peso (g)	Volume (ml)	I. Acidez(KOH/g)
P1	4,0294	5,6	0,0946
P2	4,0279	4,9	0,0828
P3	4,0189	13,9	0,2355
P4	4,0319	13,2	0,2230
P5	4,0155	5	0,0848
P6	4,0375	3,5	0,0590
P7	4,0059	15,5	0,2635
P8	4,0633	12,3	0,2061
PC	4,0366	8,2	0,1383

De acordo com os índices apresentados na tabela 3, após a realização da transesterificação, o biocombustível de óleo de pêssego se enquadrou dentro das especificações do biodiesel exigidas pela ANP, que é até 0,5 mg de KOH/g (ANP, 2008). Outras matérias primas apresentaram valores que podem não se enquadrar nas normas exigidas, como é o caso do estudo apontado por Moura et. al. (2019), que apresentaram os índices de acidez dos óleos de babaçu, buriti, macaúba e pinhão-manso, afirmaram que o óleo bruto aceitável apresenta índice de acidez inferior a 2 mg KOH/g. Eles encontraram o índice de acidez das amostras dos óleos de babaçu e de buriti brutos, inferiores a este referencial sendo de 1,58 (babaçu) e 1,67 mg KOH g^{-1} (buriti), estando estes aptos a serem usados sem uma purificação prévia, na reação de transesterificação alcalina homogênea. Os óleos brutos de macaúba (8,74 mg KOH g^{-1}) e de pinhão-manso (3,99 mg KOH g^{-1}) ficaram fora desta recomendação. Entretanto, após o processo de purificação, os óleos apresentaram índice de acidez dentro do estabelecido pela literatura, 0,25 (babaçu), 0,22 (buriti), 0,41 (macaúba) e 0,67 (pinhão manso) mg KOH g^{-1} .

Dessa forma, pela análise de acidez, o biocombustível do óleo de pêssego é uma boa alternativa e não necessita de tratamento prévio, já que as 9 amostras verificadas ficaram dentro das especificações e isso é importante, pois, conforme estudo apresentado por Vargas; Lissner e Meth (2017), um índice baixo de acidez para o óleo diminui as reações indesejadas como a saponificação dos ácidos graxos livres promovidos pelo meio básico do catalisador durante a reação; além de garantir a estabilidade térmica do combustível na câmara de combustão.

4.2 ÍNDICE DE SAPONIFICAÇÃO

No biodiesel, este parâmetro é um indício da presença de ácidos graxos que não foram transesterificados. Os resultados encontrados após a transesterificação do óleo de pêssego poderão ser verificados conforme a tabela 4:

Tabela 4 - índices de saponificação das amostras

	Peso (g)	Volume (ml)	Saponificação (mgKOH/g)
P1	4,0232	84,8	208,2
P2	4,0397	85	206,6
P3	4,0082	86,2	204,1
P4	4,0187	84	197,5
P5	4,0343	87,7	211,2
P6	4,0595	105,5	134,8
P7	4,0162	113,5	108,3
P8	4,0415	105,5	135,4
PC	4,0198	87	200,7

Embora não seja especificado um limite para o índice de saponificação, utilizam-se valores obtidos, a partir de outros processos de obtenção de biodiesel (aproximadamente 210 mg KOH/g). Outros estudos com matérias-primas diversificadas, como por exemplo, o apresentado por Moura e colaboradores (2019), o valor do índice de saponificação do óleo de babaçu encontrado foi de 233,56 mg KOH g^{-1} e, após a purificação, apresentou índice de 189,75 mg KOH g^{-1}. Para o óleo de buriti bruto o valor encontrado foi de 183,78 e o purificado foi de 147,06 mg KOH g^{-1}. O valor do índice de saponificação obtido para o óleo de macaúba bruto foi de 213,45 e o purificado de 200,21 mg KOH g^{-1}. Para o óleo de pinhão-manso bruto o valor encontrado foi de 198,79 e o purificado foi de 175,24 mg KOH g^{-1}. Contudo, os autores consideraram que todos os valores encontrados para o índice de saponificação tanto no bruto como no purificado estão dentro do esperado para estes óleos.

De acordo com Castro e colaboradores (2018) em seus estudos com o óleo residual encontraram o índice de saponificação de 199,45 mg KOH g^{-1}. De acordo com os mesmos, embora o índice de saponificação não seja especificado pela ANP, o mesmo fornece informações importantes a respeito das impurezas presentes no biodiesel.

Dessa forma, o óleo de Pêssego é uma boa alternativa, pois todas as amostras ficaram dentro do limite de 210 mg KOH/g), que é aconselhável pela comunidade científica, já que a ANP não estabelece limites para esse índice.

4.3 ÍNDICE DE IODO

A análise do índice de iodo tem como objetivo representar o grau de insaturação das amostras, visto que a estabilidade oxidativa diminui quanto maior a quantidade de compostos insaturados presentes no biodiesel (Silva et. al. 2010).

Na tabela 5 poderá ser observado os valores dos índices de iodo das amostras realizadas com óleo de pêssego.

Tabela 5 - Índices de iodo das amostras.

	Peso (g)	Volume (ml)	I. Iodo(g/100g)
P1	0,2651	14,9	88,1
P2	0,2548	15,5	88,7
P3	0,2687	15,9	82,2
P4	0,2614	14,5	91,3
P5	0,2606	14,6	91,1
P6	0,261	14,8	89,9
P7	0,2533	14,4	94,7
P8	0,2537	14,6	93,5
PC	0,2613	14,2	92,8

No Brasil não se tem um limite máximo estabelecido, por isso a legislação ANP manda anotar o valor encontrado. Para a União Européia, conforme a ANP 07/2008, o índice de iodo é de 120g I_2/100g de amostra. Conforme apresentado na tabela 5, foi observado que todas as amostras se enquadram dentro do limite da norma européia. Esse resultado é desejável, pois o biocombustível produzido pode ter apresentado poucas ligações insaturadas, estas estão envolvidas nos processos oxidativos que levam a degradação do biodiesel na armazenagem. Sendo que o mesmo será verificado na cromatografia.

4.4 ÍNDICE DE VISCOSIDADE

Dentre as propriedades físicas dos combustíveis, a viscosidade é uma das mais importantes, visto que afeta a atomização do combustível na câmara de combustão. A viscosidade é a resistência a vazão que um líquido apresenta quando

submetido à ação da gravidade. Na tabela 6 estão explicitados os valores da viscosidade para cada uma das amostras com óleo de pêssego, são eles:

Tabela 6 - Valores da viscosidade de cada amostra.

Amostras	SSU (s)	VCC(mm²/s)
P1	84,7	16,79
P2	64,4	11,55
P3	59,2	10,14
P4	61,5	9,44
P5	56,7	10,77
P6	48,8	7,14
P7	55	8,96
P8	51,3	7,88
PC	49,7	7,41

A tabela 6 apresenta o valor da viscosidade cinemática a 40 °C de cada amostra. Esse parâmetro representa o maior desafio para a produção do biodiesel de pêssego, pois as amostras apresentaram valores entre 7 mm²/s e 16 mm²/s, logo, acima do estabelecido pela resolução da ANP que é entre 3-6 mm²/s.

Considerando os valores estabelecidos pela ANP, Christoffer (2006) diz que valores acima do determinado podem ocasionar um aumento do trabalho da bomba de combustível, além de proporcionar atomização inadequada do combustível, com consequente combustão incompleta e aumento da emissão de fumaça e de material particulado para a atmosfera.

Matsuchita et. al. (2019) afirmam que por se tratar de uma mistura de ésteres graxos, quando o biodiesel é submetido a baixas temperaturas sua viscosidade aumenta gradativamente a ponto de atingir a total solidificação, o que pode dificultar o funcionamento e até mesmo danificar equipamentos e motores.

Dessa forma, para ser possível utilizar dentro das normas da ANP o biocombustível, a partir do óleo de pêssego, será necessário misturar com outras matérias primas que deverão ser estudadas em um trabalho futuro.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.5.1 Acidez

Segundo o gráfico de probabilidade normal, para o efeito das variáveis na acidez do biodiesel, as variações dos 4 menores valores da acidez são erros. Assim, a estimativa do desvio padrão é de 0,015. Este valor admite que o ponto central seja estimado como 0,11; 0,14 e 0,17. Utilizando estes últimos temos a tabela 7 de planejamento.

Tabela 7 – Planejamento seguindo gráfico de probabilidade com o índice de acidez

Amostras	Temp. (ºC)	Catalisador (Gr)	RM (mol)	Acidez(KOH/g)
P1	60	1,5	6	0,09
P2	60	1,5	9	0,08
P3	60	2,5	6	0,24
P4	60	2,5	9	0,22
P5	80	1,5	6	0,08
P6	80	1,5	9	0,06
P7	80	2,5	6	0,26
P8	80	2,5	9	0,21
PC	70	2	7,5	0,11
PC	70	2	7,5	0,14
PC	70	2	7,5	0,17

Uma vez, analisado as respostas temos o quadro 1 que identifica e significância entre as variáveis da tabela 7.

Quadro 1 – Relação entre as variáveis com o índice de acidez

	Effect	Error	t	p	significant
Temp(X1)	-0.0050	0.0212	-0.2357	0.8356	no
Cata(X2)	0.1550	0.0212	7.3068	0.0182	yes
Raz(X3)	-0.0250	0.0212	-1.1785	0.3598	no
X1*X2	0.0100	0.0212	0.4714	0.6838	no
X1*X3	-0.0100	0.0212	-0.4714	0.6838	no
X2*X3	-0.0100	0.0212	-0.4714	0.6838	no
X1*X2*X3	-0.0050	0.0212	-0.2357	0.8356	no

Pode ser observado que a única variável significativa é o efeito principal do catalisador. Assim, um modelo linear pode ser aplicado aos resultados admitindo

que a temperatura e a razão molar não apresentam efeito. O modelo matemático é mostrado na Figura 11 e segundo este a redução da quantidade de catalisador leva a redução na acidez.

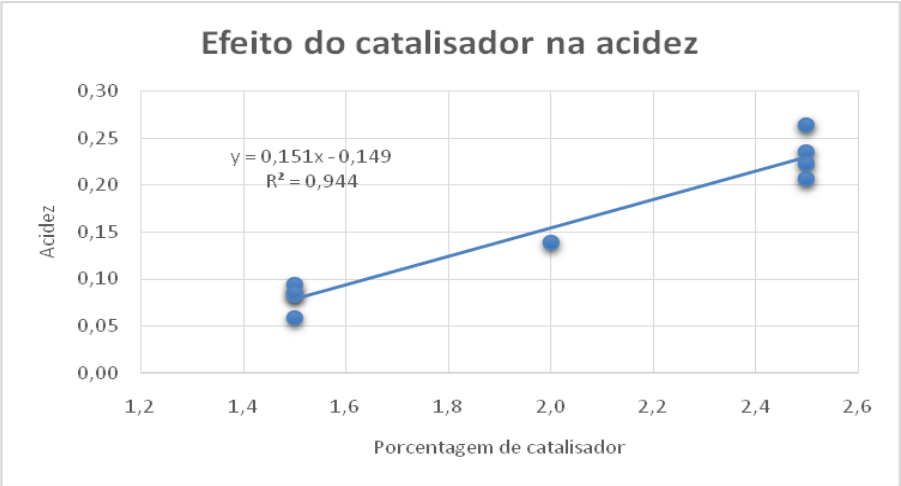


Figura 11 – Efeito do catalisador na acidez

4.5.2 Saponificação

Segundo a análise do gráfico de distribuição de probabilidade normal o desvio padrão estimado é 4,0 (aproximação de 3,97). Assim, temos os seguintes valores no ponto central: 200,7; 192,8 e 208,6. Foi utilizado o programa *chemoface* para verificar se existe alguma variável significativa, abaixo, segue a tabela 8 relativa ao planejamento seguindo gráfico de probabilidade com o índice de saponificação.

Tabela 8 – Planejamento seguindo gráfico de probabilidade com o índice de saponificação

Amostras	Temp. (ºC)	Catalisador (gr)	RM (mol)	Saponificação (mgKOH/g)
P1	60	1,5	6	208,2
P2	60	1,5	9	206,6
P3	60	2,5	6	204,1
P4	60	2,5	9	197,5
P5	80	1,5	6	211,2
P6	80	1,5	9	134,8
P7	80	2,5	6	108,3
P8	80	2,5	9	135,4
PC	70	2	7,5	200,7
PC	70	2	7,5	192,8
PC	70	2	7,5	208,6

Uma vez, analisado as respostas temos o quadro 2 que identifica e significância entre as variáveis da tabela 8.

Quadro 2 – Relação entre as variáveis com o índice de saponificação

	Effect	Error	t	p	significant
temp(X1)	-56.6750	5.5861	-10.1456	0.0096	yes
Cat(X2)	-28.8750	5.5861	-5.1690	0.0354	yes
R.M.(X3)	-14.3750	5.5861	-2.5733	0.1236	no
X1*X2	-22.2750	5.5861	-3.9875	0.0575	no
X1*X3	-10.2750	5.5861	-1.8394	0.2072	no
X2*X3	24.6250	5.5861	4.4082	0.0478	yes
X1*X2*X3	27.1250	5.5861	4.8558	0.0399	yes

Os principais efeitos significativos são temperatura e catalisador e os valores indicam que os aumentos destas variáveis causam uma redução no índice de acidez.

As interações significativas são catalisador/razão molar e temperatura/catalisador/razão molar, sendo que estas causam um aumento da saponificação ao passar do nível - para o nível + na mesma ordem de grandeza que os efeitos principais do catalisador. A interação temperatura/catalisador não é significativa, mas seu valor p se encontra próximo aceito para ser significativo, da mesma forma a interação catalisador/razão molar se encontra próximo do valor para aceitar a hipótese nula.

O ajuste matemático da superfície de resposta não foram validados. Pode ser observado na figura 12, no gráfico de superfície de resposta, que os coeficientes das regressões deveriam ter um valor p inferior a 5% e a falta de ajuste superior a 5%.

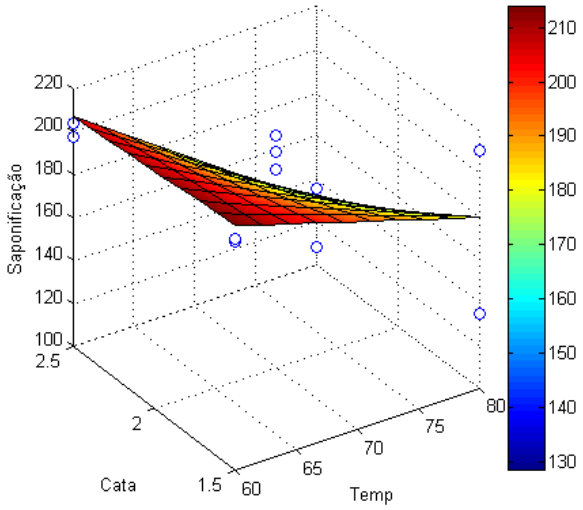


Figura 12 – Superfície de resposta catalisador/temperatura/saponificação

A falta de ajuste pode ser atribuída aos pontos que se encontra com 1,5% de catalisador e temperatura de 80 ºC. Observe que estes pontos estão muito diferentes entre si o que inviabiliza o ajuste de superfície. Outra possibilidade é que o modelo linear com interação não é adequado e um modelo quadrático ou quadrático com interação seria mais adequado.

Para verificar qual a suposição é a correta foi substituído o ponto inferior com por um valor de 200, obtendo a superfície de resposta na figura 13. A qual foi devidamente validada. Portanto, provavelmente, algum erro foi cometido em um dos valores experimentais que impediu a validação da superfície.

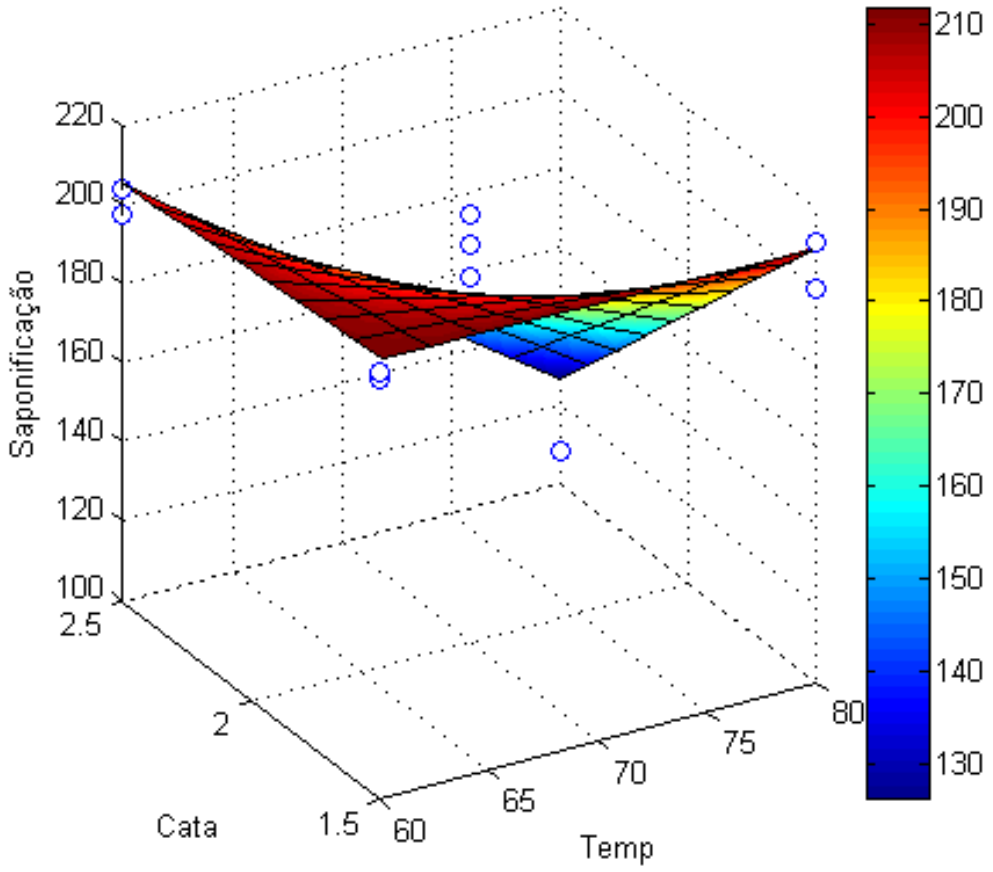


Figura 13 – Superfície de Resposta validada

4.5.3 Iodo

O efeito das variáveis no índice de iodo é verificada no quadro 3 abaixo. Segundo esta nenhuma variável alterou significativamente o índice de iodo. Ou seja as ligações duplas presentes no biodiesel não sofreram alterações significativas.

Quadro 3 – Relação entre as variáveis com o índice de Iodo

	Effect	Error	t	p	significant
Temp(X1)	4.7250	3.2527	1.4526	0.2835	no
Cata(X2)	0.9750	3.2527	0.2998	0.7926	no
Raz(X3)	1.8250	3.2527	0.5611	0.6312	no
X1*X2	2.6250	3.2527	0.8070	0.5044	no
X1*X3	-3.0250	3.2527	-0.9300	0.4506	no
X2*X3	2.1250	3.2527	0.6533	0.5806	no
X1*X2*X3	-2.1250	3.2527	-0.6533	0.5806	no

4.5.4 Viscosidade

O quadro 4 identifica o efeito das variáveis na viscosidade.

Quadro 4 – Relação entre as variáveis com a viscosidade

	Effect	Error	t	p	significant
Temp(X1)	-3.2750	0.4813	-6.8042	0.0209	yes
Cata(X2)	-2.4750	0.4813	-5.1421	0.0358	yes
Raz(X3)	-2.6750	0.4813	-5.5577	0.0309	yes
X1*X2	1.9750	0.4813	4.1033	0.0546	no
X1*X3	0.2750	0.4813	0.5713	0.6254	no
X2*X3	1.7750	0.4813	3.6878	0.0663	no
X1*X2*X3	-0.4750	0.4813	-0.9869	0.4277	no

Pode ser observado, no quadro 4, que as 3 variáveis alteraram a viscosidade, apesar das interações não serem significativa tanto a interação temperatura x catalisador e a catalisador x razão molar se aproxima da significância. Assim, valores mais precisos do ponto central poderiam indicar que estas interações são significativas.

Os efeitos das variáveis na viscosidade são coerentes, pois o aumento da temperatura, quantidade de catalisador e razão molar leva a um melhor rendimento

de reação e o biodiesel tem uma viscosidade significativamente menor do óleo que o originou, levando a redução dos valores de viscosidade.

5. CONCLUSÃO

O processo de obtenção de biodiesel através do óleo de pêssego foi possível através da transesterificação metílica.

Os índices de acidez e saponificação estavam de acordo com os estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, indicando viabilidade de utilização. Serão necessários mais estudos para adequação do índice de viscosidade aos parâmetros estabelecidos pela ANP.

Os resultados de todos esses índices foram produzidos a partir das análises físico-químicas e a relação da influência da temperatura, do catalisador e da variação molar pode ser visualizada através do gráfico de probabilidade normal o qual direcionou possíveis alterações no processo, visando uma maior eficiência.

Sugere-se análises adicionais como, por exemplo, ponto de fulgor, resíduo de carbono, cinzas sulfatadas e enxofre total, potencial de inibição e potencialização do glicerol metílico para aperfeiçoamento da síntese de biodiesel pelo óleo do caroço de pêssego.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL – **Produção e Consumo de Biocombustíveis no País** https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-11/producao-e-consumo-de-biocombustiveis-no-pais-aumentam-em-2018

ALTOÉ, L; COSTA, J. M; FILHO, D. O; MARTINEZ, F. J. R; FERRAREZ, A. H; VIANA, L. A. **Políticas públicas de incentivo à eficiência energética.** Estudos Avançados 31 (89), 2017.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA ZONA SUL - AZONASUL – **Dados da Cadeia Produtiva do pêssego**. Disponível em: http://www.azonasul.org.br/Noticia/1520/DADOS-CADEIA-PRODUTIVA-DO-PESSEGO. Acesso em: 08/Jul/2020.

BACH, A. N.; VIEIRA, M. A. **As fábricas de compotas de pêssego na zona rural de Pelotas**. In: RUBIRA, Luís. Almanaque do Bicentenário de Pelotas. 3. ed. Pelotas: Pallotti, 2014. p. 109-131.

BARBOSA, J. M. D. **Influência da Areia Argilosa na Recuperação de Petróleo por Injeção de Vapor.** Dissertação de Mestrado – PPG Ciência e Engenharia de Petróleo – Centro de Tecnologia - CCET – Universidade Federal do Rio Grande do Neorte. Natal/RN – 2009.

BARRETO, D; BONI. A. C; ALVARENGA, R. P; MIRANDA, R. B. **Planejamento e Gestão de Recursos Energéticos. Engenharia Ambiental** - Coleção UAB-UFScar. 2013

BASHIR, M. J. K. et al. **Wastewater Treatment Processes Optimization Using Response Surface Methodology (RSM) Compared with Conventional Methods: Review and Comparative Study.** Middle-East Journal of Scientific Research, v. 23, n. 2, p. 244–252, 2015.

BIODIESELBR – **Ranking de produção de biodiesel** https://www.biodieselbr.com/tag/2649-ranking-de-producao

BORGES, C. D., CHIM, J. F.; LEITÃO, A. M.; PEREIRA, E; LUVIELMO, M. M. Produção de Suco de Abacaxi Obtido a Partir dos Resíduos da Indústria Conserveira. B. CEPPA, 22 (1), pp.23-34, 2004.
BRASIL – Ministério de Minas e Energia. **Renovabio** – Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-

combustiveis/2019/09/renovabio-201co-maior-programa-de-biocombustiveis-do-mundo201d-afirma-ministro. Acesso em 18/agos/2020.

BRASIL – Notícias “Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira” - Disponível em: **https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira**. Acesso em 07/12/2020.

BRASIL – Senado Federal – **Conferência Rio-92 sobre Meio Ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países**. Disponível em: HTTPS://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx. Acesso em 18/agos/2020.

CASTRO, S. V. F; SILVA, C. V; PREVIDI, D; PORTELA, F. M; GOMES, M. F. **Caracterização estrutural e físico-química de biodiesel produzido a partir de óleo residual do refeitório do IF Goiano – Campus Urutaí.** Multi Science Journal, v. 1, n. 12. 47 – 53. 2018.

CALGAROTO, C.; PILECCO, J.; OLIVEIRA, M. P.; FURLAN, L.; ZAMBIAZI, R. **Extração e caracterização do óleo de amêndoa de pêssego.** In: Congresso de Iniciação Científica da UFPel, XIV, 2005, Pelotas. Anais do XIV Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2005

CAVALCANTI, M. A; SELVAM, M. M; VIEIRA, R. R. M; COLOMBO, C. R; QUEIROZ, V. T. M. **Pesquisa e desenvolvimento de produtos usando resíduos de frutas regionais: inovação e integração no mercado competitivo**. Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, 2010.

CENTRO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DO SETOR SUCROENERGÉTICO E BIOCOMBUSTÍVEIS-CEISE – **Brasil é o segundo maior produtor de biodiesel do planeta** http://www.ceisebr.com/conteudo/brasil-e-o-segundo-maior-produtor-de-biodiesel-do-planeta.html

COSTA, T. L. **Características Físicas e Físico-Químicas do Óleo de Duas Cultivares de Mamona** - Dissertação de mestrado do Curso de PósGraduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, 2006 . Acessado em 05/06/2020 http://www.livrosgratis.com.br/

D’ÁVILA, R. F. **Amêndoa de pêssego: Atividade de β-glucosidases e composição físico-química e fitoquímica do óleo extraído por diferentes métodos.** 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos)

63 - Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

EHLERT, E. **Dados da cadeia produtiva do pêssego. 2015.** Disponível em: http://www.azonasul.org.br/Noticia/1520/DADOS-CADEIA-PRODUTIVA-DO-PESSEGO. Acesso em: 15 set. 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado – CPACT. A Cultura do Pêssego – Coleção Plantar, 6 – SPI, Brasília-DF, 1993. Acessado em 05/02/2021 – https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11925/2/00013280.pdf

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Balanço Energético Nacional** https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben - acessado em 18/06/2020

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Plano Decenal de Expansão de Energia** https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Plano Nacional de Energia** https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030 - acessado em 18/06/2020

GETTENS, C. S.; JASKULSKI, I. B.; UECKER, J. N.; PIENIZ, S.; CARBONERA, N.; GULARTE, M. A. **Composição Centesimal e Atividade Antioxidante da Amêndoa do Caroço do Pêssego.** XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – 24 a 27 de outubro de 2016 – FAURGS, Gramado/RS. Acessado em 05/02/2021. https://silo.tips/download/composiao-centesimal-e-atividade-antioxidante-da-amendoa-do-caroo-do-pessego

GUIMARÃES, M. G., **Produção de biocombustível líquido a partir de resíduo agroindustrial: Caroço de Pequi.** Curso de Química Tecnológica – Instituto de Química - Universidade de Brasília - UnB. 2015.

JESUS, M. R.; FONSECA, M. G.; CAVALCANTI, E. H. S.; RESENDE, V. L. D.; MORI, V. **Avaliação da corrosão de aço carbono em misturas de combustíveis contendo teores crescentes de biocombustíveis.** 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019. P. 56.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de Biodiesel** – 1ª edição. 2006.

LIRA, M. S.; AIRES, A. R.; FLUMIGNAN, D. L. **Caracterização do biodiesel obtido a partir de oleaginosas do gênero Citrus.** 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009

MADAL, J. C. M.; RASEIRA, M. C. B. **Aspectos da produção e mercado do pêssego no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.** Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30929/1/Circular-80.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

MATSUCHITA, A. H.; SOUZA, G; OLIVEIRA, A. R. S.; OLIVEIRA, M. A. F. C. **Aditivos anticongelantes para biodiesel produzidos a partir da reciclagem química de artefatos de acrílico pós-uso.** 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019. P. 58.

Ministério do Meio Ambiente - **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013**. Disponível em: https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/2014-05-27inventario2013.pdf. Acesso em: 15 set. 2020.

MOURA, C. V. R.; SILVA, B. C.; CASTRO, A. G.; MOURA, E. M.; VELOSO, M. E. C.; SITTOLIN, I. M.; ARAUJO, E. C. E. **Caracterização Físico-Química de Óleos Vegetais de Oleaginosas Adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com Potenciais para Produção de Biodiesel.** Rev. Virtual Quim. 2019

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **COMO FAZER EXPERIMENTOS PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA CIÊNCIA E NA INDÚSTRIA** – 2ª Ed. Campinas, SP - Editora da Unicamp, 2001.

NOVELLO, D; FRANCESCHINI, P; QUINTILIANO, D. A. **A importância dos ácidos graxos Ω-3 e Ω-6 para a prevenção de doenças e na saúde humana**. Revista Salus-Guarapuava-PR. Jan./Jun. 2008; 2(1): 77-87.

NUNES. C. A. **Tecnologia de óleo e gorduras para Engenharia de Alimentos.** Departamento de Ciências dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras. Editora UFLA – 2013.

OLIVEIRA, A. F. A.; MORAES, A. L.; GIULIA QUEIROZ ALVES, G. Q.; FILHO, C. D. T.; TININIS, A. G.; TININIS, C. R. C. S. **Tratamento de óleo residual com borra de café para a produção de biodiesel.** 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019. P. 178

OLIVEIRA, D. S; FONSECA, X. D. S; FARIAS, P. N.; BEZERRA, V. S; PINTO, C. H; SOUZA, L. D; SANTOS, A. G. D; MATIAS, L. G. O. **Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de moringa oleífera lam.** HOLOS, Ano 28, Vol 1 - 2012

POLIDORO, A. S.; **OTIMIZAÇÃO POR SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE RESÍDUO ORIUNDO DO TORRADOR DE CAFÉ (SILVERSKIN) PARA A PRODUÇÃO DE BIO-ÓLEO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA GASOSA BIDIMENSIONAL ABRANGENTE ACOPLADA À ESPECTROMETRIA DE MASSAS QUADRUPOLAR**. Dissertação de Mestrado - INSTITUTO DE QUÍMICA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – 2016.

PORTAL EDUCAÇÃO – **Clube de Roma 1972** - https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/o-clube-de-roma-1972/20122 - Acesso em 18/Agos/2020.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais.** Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. 2003.

SÁ LEITÃO, B. R. G.; SÁ LEITÃO, C. S. **Sustentabilidade e elaboração de novos produtos através do aproveitamento residual alimentar.** Revista de produção acadêmica e científica, Manaus, v. 2, n. 2, p. 97 – 104, 2012.

SAITER, O., **Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de Coffea canephora var. Conilon.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Florestas - Curso de Engenharia Florestal.

SALAZAR, M. B., **Demanda de energia na indústria brasileira: efeitos da eficiência energética**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade Federal do São Paulo.

SARTO, E. H.; CORRÊA, A. G.; VALENTINI, M. H. K.; KOSCHIER, I. F.; DUARTE, V. H.; SANTOS, R. F.; LOURENÇO, V. A.; OLIVEIRA, A. F. M.; LEANDRO, D.;

SCHIRMANN, G. S. **Composição em ácidos graxos do açaí (Euterpe edulis) de diversas regiões de Santa Catarina.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

SCHROEDER, L. **Obtenção de Ácidos Graxos de Biomassa Úmida de Microalgas Através de Saponificação.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós–Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Federal do Paraná. 2013. Acessado em 05/06/2020 http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/249.1.pdf

SERRÃO, M.; ALMEIDA, A.; CARESTIATO, A. **Sustentabilidade – Uma questão de todos nós.** Editora SENAC São Paulo – 2020.

SILVA, F. M.; MORAIS, F. R.; SILVA, G. F.; PAIXÃO, A. E. A. **Estudo Comparativo de Modelos Estatísticos para Redução da Viscosidade em Mistura de Biodieseis de Mamona e Soja, usando uma Metodologia de Superfície de Resposta.** Universidade Federal de Sergipe - IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010

SILVA, H. K. T. A.; BURITI, E. F. S.; CARVALHO, F. C.; GONDIM, A. D.; JÚNIOR, V. J. F. **Influência do biodiesel de mamona como aditivo antioxidante ao biodiesel de soja.** In: Congresso Brasileiro de Mamona, 4.; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1., João Pessoa. 2010

SILVA, P. M.; SILVA, M. A. E. **Índice de saponificação de óleo vegetal constituinte de uma emulsão.** 12º Congresso de Iniciação Científica – 6ª Mostra de Pesquisa da Pós-Graduação – Universidade de Santo Amaro. P. 952 – 2009.

SOUZA, J. P. F; MARTINS, V. L; BARROSO, L. M; BATISTA, R. F; SOUZA, M. C. **Produção e caracterização de biodiesel de pupunha.** 6º Simpósio Nacional de Biocombustíveis.. ISBN: 978-85-85905-03-3. 2013.
SUSTENTÁVEL – **Energia Renovável: o que é? Vantagens e desvantagens**. Disponível em: https://sitesustentavel.com.br/energia-renovavel-o-que-e-vantagens-e-desvantagens/. 2019 Acesso em: 23/jul/2020.

VIANA, M. B. **Produção de biogás a partir de glicerol oriundo de biodiesel.** Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de

São Paulo. 2011. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-1092011-162845/publico/Michael_Viana.pdf

VIEIRA, B. M. **Síntese do Bioquerosene Derivado da Amêndoa da Semente do Butiá.** Dissertação de mestrado, PPG em Ciências e Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Pelotas. 2012.

VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C. **Influência da blenda de óleo de soja residual e óleo de mamona sobre o índice de iodo do biodiesel**. 7° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação de Biodiesel Florianópolis, Santa Catarina 04 a 07 de Novembro de 2019 – P. 143.