



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
IFAP
CAMPUS MACAPÁ
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

EVA SOBRINHA ARAÚJO DA SILVA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE
FRITURA RESIDUAL:** uma sequência didática de atividade experimental
problematizada

MACAPÁ – AP
2021

EVA SOBRINHA ARAÚJO DA SILVA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE
FRITURA RESIDUAL: uma sequência didática de atividade experimental
problematizada**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciatura em Química.

Orientadora: Prof^a. Me. Adriana Lucena de Sales.

Coorientadora: Prof^a. Me. Carla Alice Theodoro Batista Rios.

MACAPÁ – AP

2021

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586p Silva , Eva Sobrinha Araújo da
Produção e caracterização de biodiesel utilizando óleo de fritura residual: uma sequência didática de atividade experimental problematizada / Eva Sobrinha Araújo da Silva - Macapá, 2021.
45 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Curso de Licenciatura em Química, 2021.

Orientadora: Ma. Adriana Lucena de Sales.
Coorientadora: Ma. Carla Alice Theodoro Batista Rios.

1. Produção de biodiesel . 2. Ensino de química . 3. Atividade Experimental Problematizada. I. Sales, Ma. Adriana Lucena de , orient. II. Rios, Ma. Carla Alice Theodoro Batista , coorient. III. Título.

EVA SOBRINHA ARAÚJO DA SILVA

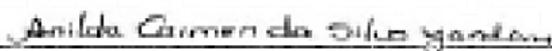
**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE
FRITURA RESIDUAL:** uma sequência didática de atividade experimental
problematizada

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciatura em Química.

Orientadora: Prof^a. Me. Adriana Lucena de Sales.

Coorientadora: Prof^a. Me. Carla Alice Theodoro Batista Rios.

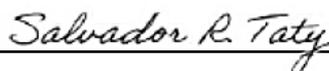
BANCA EXAMINADORA



Me. Anilda Carmem da Silva Jardim



Prof. Dr. Marcos Antônio Feitosa de Souza



Prof. Me. Salvador Rodrigues Taty

Aprovado (a) em: 18/ 03/ 2021

Nota: 8,6

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, e não poderia ser diferente, à Deus pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Agradeço à minha família pelo incentivo aos meus estudos, sobretudo ao meu pai Luiz Carneiro da Silva e à minha mãe Marcilene Coelho Gemaque. Aos meus irmãos agradeço pela torcida e apoio para que eu chegasse até aqui.

Ao meu companheiro inseparável Daniel do Carmo Silva, agradeço pelo carinho e incentivo para que eu continuasse meus estudos durante esses anos.

Agradeço à Prof. Me. Carla Alice T. Batista Rios pela orientação e valiosas contribuições, bem como à Prof. Me. Adriana Lucena de Sales, que me conduziu desde os primeiros passos nesta graduação, pelo incentivo e orientação com este trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com esta pesquisa, professores e técnicos de laboratório que me ajudaram de alguma forma nas análises dos experimentos.

Por fim, ao IFAP, pelas oportunidades, apoio e educação pública de qualidade.

RESUMO

A situação climática do planeta é uma grande preocupação da atualidade e a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis é uma das alternativas para reduzir a poluição atmosférica. Estes combustíveis podem ser obtidos, por exemplo, através da transformação de óleo vegetal utilizado para frituras em biodiesel, além do que a matéria-prima utilizada na produção desse biocombustível é de fonte renovável e a técnica de produção é sustentável, contribuindo para a redução de descarte de óleo usado no meio ambiente. Esta temática conduz a discussão de vários conceitos e demonstra a importância de sua abordagem na escola buscando aproximar o conhecimento científico do cotidiano do aluno. O presente trabalho teve por objetivo planejar uma proposta de atividade experimental problematizada relacionada à produção do biodiesel como uma estratégia de ensino. A metodologia aplicada foi dividida em duas etapas, sendo a primeira etapa realizada em laboratório com a caracterização das propriedades físico-químicas dos óleos de frituras residuais, como pH, massa específica e teor de umidade. Bem como, a produção e a caracterização do biodiesel obtido, analisando sua acidez, massa específica, análise de aspecto, corrosividade ao cobre e combustão. Na segunda etapa do trabalho foi elaborada uma proposta de atividade experimental problematizada com a temática do biodiesel. Na etapa laboratorial foi importante a determinação das propriedades do óleo de fritura residual antes da realização da reação de transesterificação, pois permitiu analisar a qualidade do óleo para obtenção do biodiesel. Através dos resultados obtidos referentes a estas propriedades, foi possível constatar que os óleos de frituras analisados, de uma maneira geral, estavam numa faixa aceitável, não comprometendo sua utilização para obtenção de biodiesel. O método de produção do biodiesel utilizado mostrou-se eficaz para a obtenção de biodiesel, porém, tendo-se bastante cuidado na preparação do óleo residual e no tempo de reação com os reagentes utilizados. De acordo com os resultados obtidos durante a realização desta pesquisa, o óleo de fritura residual pode ser convertido em biodiesel apresentando características físico-químicas permitidas pela legislação vigente, com uma possibilidade concreta de utilização de óleos de frituras residuais para obtenção de biodiesel.

Palavras-chave: Biocombustível. Biodiesel. Óleo de fritura. Atividade experimental.

ABSTRACT

The planet's climatic situation is a major concern today and the replacement of fossil fuels with biofuels is one of the alternatives to reduce air pollution. These fuels can be obtained, for example, through the transformation of vegetable oil used for frying into biodiesel, in addition to the fact that the raw material used in the production of this biofuel is from a renewable source and the production technique is sustainable, contributing to the reduction of disposal of used oil in the environment. This theme leads to the discussion of several concepts and demonstrates the importance of its approach at school, seeking to bring scientific knowledge closer to the student's daily life. This work aimed to plan a problematic experimental activity proposal related to the production of biodiesel as a teaching strategy. The applied methodology was divided into two stages, the first stage being carried out in the laboratory with the characterization of the physical-chemical properties of residual frying oils, such as pH, specific mass and moisture content. As well as, the production and characterization of the biodiesel obtained, analyzing its acidity, specific mass, aspect analysis, corrosivity to copper and combustion. In the second stage of the work, a proposal for an experimental activity was elaborated, problematized with the theme of biodiesel. In the laboratory stage, it was important to determine the properties of the residual frying oil before carrying out the transesterification reaction, as it allowed analyzing the quality of the oil to obtain biodiesel. Through the results obtained regarding these properties, it was possible to verify that the fried oils analyzed, in general, were in an acceptable range, not compromising their use to obtain biodiesel. The biodiesel production method used proved to be effective for obtaining biodiesel, however, taking great care in the preparation of the residual oil and in the reaction time with the reagents used. According to the results obtained during the conduct of this research, the residual frying oil can be converted into biodiesel presenting physico-chemical characteristics allowed by the current legislation, with a concrete possibility of using residual frying oils to obtain biodiesel.

Keywords: Biofuel. Biodiesel. Frying oil. Experimental Activity.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
AEP	Atividade Experimental Problematizada
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASTM	American Society for Testing and Materials
CH ₃ NaO	Metóxido de sódio
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂ O	Água
HVO	Hydrotreated Vegetable OIL
KOH	Hidróxido de Potássio
MME	Ministério de Minas e Energia
NaOH	Hidróxido de Sódio
NBR	Norma Brasileira
OFR	Óleo de Fritura Residual
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNBE	Programa Nacional de Bases Empresariais
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
TBHQ	Terc-butil-hidroquinona

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo genérico de transesterificação	16
Figura 2 - Processo de obtenção de biodiesel a partir da transesterificação etílica do óleo de fritura residual	16
Figura 3 - Almofarizes que foram para a estufa	26
Figura 4 - Funil de decantação com biodiesel e glicerina	27
Figura 5 – Lâminas de cobre submersas depois do aquecimento	28
Figura 6 - Biodiesel obtido	34
Figura 7 – Lâmina de cobre submersa no biodiesel	34
Figura 8 - Lâmina de cobre no diesel	35
Figura 9 – Combustão do diesel e biodiesel	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1	Biocombustíveis: novas fontes energéticas	15
3.2	Processo de obtenção do biodiesel	15
3.3	Biodiesel no Brasil	18
3.4	Biodiesel no ensino de química	18
3.5	Aprendizagem Baseada em Problemas	20
3.6	Atividade Experimental Problematizada	21
4	METODOLOGIA	24
4.1	Lócus da pesquisa	24
4.2	Tipologia da pesquisa	24
4.3	Primeira etapa: Produção e caracterização do biodiesel	24
4.3.1	Coleta e preparo do óleo de fritura residual.....	25
4.3.2	Caracterização do óleo residual	25
4.3.3	Produção do biodiesel.....	27
4.3.4	Caracterização do biodiesel	28
4.4	Segunda etapa: Elaboração de proposta de atividade experimental problematizada	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1	Caracterização do OFR	32
5.1.1	Teor de umidade	32
5.1.2	pH.....	33
5.1.3	Massa específica	33
5.2	Produção do biodiesel	34
5.3	Caracterização do biodiesel	34
5.3.1	Corrosividade ao cobre	34
5.3.2	Análise de aspecto.....	35
5.3.3	Massa específica	35
5.3.4	pH.....	36

5.3.5	Combustão.....	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRELIMINAR	43
	APÊNDICE B – ROTEIRO EXPERIMENTAL	44
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PÓS-EXPERIMENTO	44

1 INTRODUÇÃO

Uma grande preocupação no cenário atual está relacionada à situação climática do planeta e buscam-se alternativas para a diminuição de emissão do dióxido de carbono, que tem a sua maior taxa relacionada ao setor de transportes. Uma das alternativas para redução do dióxido de carbono na atmosfera é a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, que são provenientes da queima de biomassa, como etanol, biodiesel e óleo vegetal. Uma das formas de obtenção de biocombustíveis é através da transformação de óleo vegetal utilizado para frituras em biodiesel.

Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria-prima para produção de biodiesel. Esta matéria-prima produz biocombustível de fonte renovável e a técnica de produção é sustentável, contribuindo para a redução de descarte de óleo usado no meio ambiente, pois parte do Óleo de Fritura Residual (OFR) não é coletado e acaba sendo descartado nas pias e redes de esgoto.

A temática do biodiesel possibilita a realização de várias abordagens, como a necessidade de novas fontes energéticas, preservação do meio ambiente, economia e reaproveitamento de óleos e gorduras residuais, tendo assim uma vertente socioambiental de grande importância. Também se torna relevante a discussão dessa temática no âmbito escolar, buscando aproximar o conhecimento científico do cotidiano dos estudantes, possibilitando dessa forma instigá-los a construir um pensamento crítico e argumentativo diante de assuntos que incidem diretamente na vida em sociedade.

Dos componentes curriculares, a química é considerada pelos alunos uma das mais complicadas, dessa forma, o ensino de química tem vários desafios, que se multiplicam ao se deparar com estudantes pouco motivados e a dificuldade dos professores em selecionar conteúdos de acordo com o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Para tentar driblar a falta de interesse e a dificuldade de assimilação dos conteúdos por parte dos alunos na disciplina, deve-se utilizar metodologias diversificadas que busquem promover uma aprendizagem efetiva, estimulando o

raciocínio para que os estudantes percebam a importância da química também em um contexto tecnológico, incluindo temas atuais bastante presentes no cotidiano.

Como proposta de metodologia diversificada, esse trabalho apresenta a Atividade Experimental Problematizada (AEP) para incluir em sala de aula a temática do biodiesel que tem bastante destaque no cenário mundial e apresenta a possibilidade de abordar vários conceitos. De acordo com Silva et al. (2017), AEP é um processo que se desenvolve a partir da demarcação de um problema de natureza teórica, isto é, uma experimentação que objetiva a busca por solução a uma questão.

A utilização desta proposta prevê aulas teóricas e experimentais problematizadas com o desenvolvimento do tema incluindo a síntese do biodiesel, sendo que a contextualização, que se dá por um processo em que o estudante está inserido em todas as intervenções, fazendo conexões entre os conhecimentos e que ele tenha um papel central na resolução de problemas que norteiam o mundo ao seu redor.

O caráter desse trabalho trata-se da inclusão de conceitos químicos, como a transesterificação metílica utilizando como matéria-prima o OFR. No processo de transesterificação, um triglicerídeo reage com um álcool (etanol ou metanol) na presença de um catalisador, formando o biodiesel e glicerol. Os catalisadores mais comumente utilizados são NaOH (hidróxido de sódio) ou KOH (hidróxido de potássio). É uma estratégia através da qual se têm a possibilidade de confrontar os alunos com problemas contextualizados e para os quais devem se empenhar em encontrar soluções significativas. A experimentação tem um papel fundamental na construção do pensamento científico por ter um caráter investigativo e apresenta-se como uma estratégia importante de criação de problemas que estimulem a ligação entre a teoria e o contexto social, fazendo com que a curiosidade seja cada vez mais instigada. Nesse sentido continuou-se a proposta averiguando a viabilidade do biodiesel obtido neste processo como substituto do diesel convencional, e foram realizadas as caracterizações, como corrosividade ao cobre, análise de aspecto, massa específica, pH e combustão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Compreender as reações envolvidas no processo de produção e caracterização do biodiesel, partindo-se de um caráter problematizado experimental.

2.2 Objetivos Específicos

- Planejar uma proposta de atividade experimental problematizada relacionada à produção do biodiesel como uma estratégia de ensino capaz de gerar significados e desenvolver a autonomia do sujeito que aprende;
- Identificar os conceitos de química relacionados à obtenção de biodiesel, como ferramenta de ensino diferenciada para o aprendizado dos alunos;
- Coletar e filtrar adequadamente óleos de frituras residuais;
- Determinar as propriedades físico-químicas dos óleos residuais;
- Determinar as propriedades físico-químicas do biocombustível produzido;
- Descrever uma alternativa para o uso racional dos óleos, reduzindo o impacto ambiental;
- Avaliar a viabilidade e a eficácia do biodiesel produzido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Biocombustíveis: Novas fontes energéticas

Com o surgimento da urbanização e das atividades industriais, a busca por novas fontes energéticas foi um fator decisivo para o desenvolvimento de várias atividades humanas que surgiram ao longo do tempo.

De acordo com Barbosa (2012), o inventor alemão Rudolph Christian Karl Diesel (1853-1913) criou, no fim do século XIX, um motor que ele chamou de “Ciclo Diesel”. O motor de Diesel era movido a óleo de amendoim e, nas primeiras décadas do século XX, ainda foram utilizados outros óleos vegetais para o seu funcionamento. Porém, o alto custo de produção de sementes desde aquela época foi uma dificuldade para utilização do motor diesel. Isto fez com que os óleos vegetais fossem substituídos pelo óleo refinado de petróleo, que ficou conhecido como “óleo diesel”.

Segundo Draptcho et al. (2008) apud Barbosa (2012), com as diversas crises do petróleo, a crise energética atual, a preocupação com o meio ambiente e com fontes de energias mais limpas, os óleos vegetais voltaram a ser estudados e usados como alternativa energética. Foi nesse contexto que surgiram os biocombustíveis, que são combustíveis derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, os combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores à combustão ou em outro tipo de geração de energia.

De acordo com o art. 6º, inciso XXIV da Lei n. 9.478/97, os biocombustíveis são substâncias derivadas de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da ANP, que pode ser empregada diretamente ou mediante alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, podendo substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (BRASIL, 1997).

Os principais tipos de biocombustíveis existentes, de acordo com a diretiva nº 2003/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia e, conseqüentemente, do Decreto-Lei nº 62/2006, de 21 de março, sendo considerados os principais: biogás, bioetanol, biometanol, bioéter dimetílico, bio-ETBE (bio éter

etil-ter-butílico), bio éter metil-ter-butílico (bio-MTBE), biohidrogênio e biodiesel (REIS, 2018).

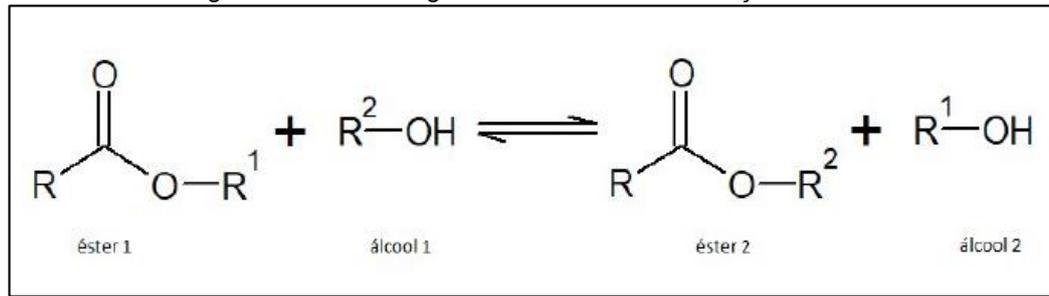
3.2 Processo de obtenção do biodiesel

Em consoante com a definição da Lei Nacional nº 11.097 de 13/01/2005, o biodiesel pode ser classificado como um combustível alternativo, de natureza renovável, que possa oferecer vantagens sócio ambientais ao ser empregado na substituição total ou parcial do diesel de petróleo em motores de ignição por compressão interna – motores do ciclo Diesel (BRASIL, 2005). De acordo com a Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM), o biodiesel é um combustível constituído de ésteres de monoalquila de ácidos graxos de cadeias longas derivados de óleos vegetais ou gordura animal, que satisfaçam os requerimentos da norma ASTM D6751.

A reação química para a produção de biodiesel é a reação de transesterificação, que tem como reagentes qualquer triglicerídeo, ou seja, óleos vegetais ou gorduras animais, e um álcool de cadeia curta, que pode ser o metanol ou o etanol. Como produto da reação obtém-se o biodiesel propriamente dito, que é um metil ou etil (varia conforme o álcool utilizado na reação) éster alquílico e glicerol (BARBOSA, 2012). Além de ser derivado de uma grande variedade de matérias-primas, o biodiesel apresenta diversas vantagens quando comparado ao diesel derivado de petróleo: é derivado de fontes renováveis, biodegradável, não tóxico, apresenta baixa emissão de enxofre e de gases poluentes, ausência de compostos aromáticos, excelente lubrificidade e pode ser usado puro ou misturado com diesel derivado do petróleo. O biodiesel é uma alternativa não somente viável, mas altamente recomendada, principalmente por permitir a autossuficiência energética. Além disso, esse biocombustível pode ser produzido a partir de óleos residuais de frituras, reduzindo, assim, os riscos de poluição ambiental causados por esses materiais.

De acordo com a Resolução ANP nº 14 de 2012, o biodiesel é definido como um combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, produzido a partir da reação de transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas (Figura 1), de gorduras de origem vegetal ou animal.

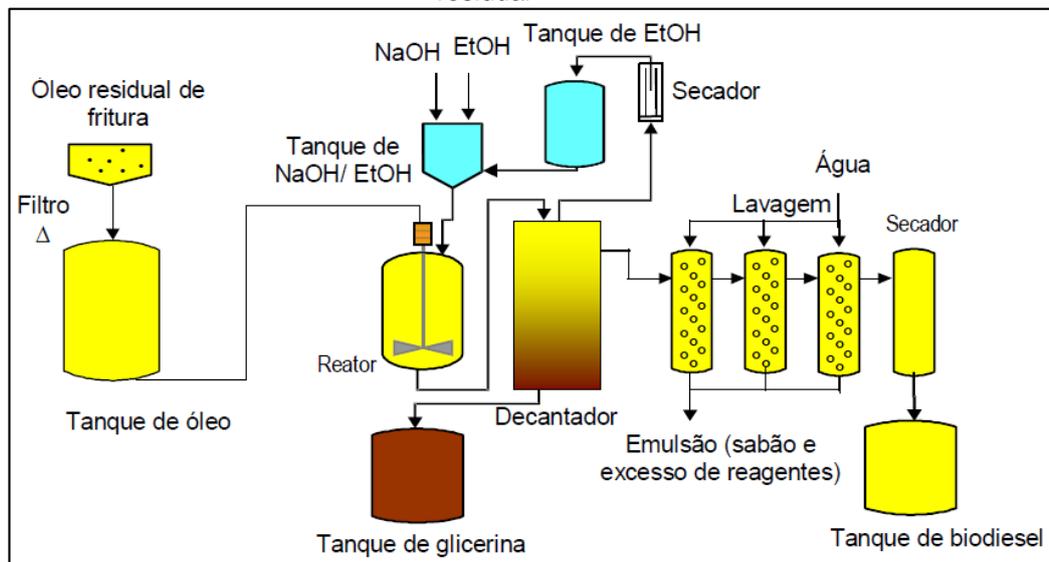
Figura 1 - Processo genérico de transesterificação



Fonte: Géris et al., (2007)

A transesterificação consiste na reação dos triglicerídeos presentes nos óleos vegetais ou gorduras animais com álcool em presença de catalisador, cujo processo pode ser observado na Figura 2. Industrialmente, a transesterificação, também conhecida como alcoólise, é o método mais utilizado para obtenção de biodiesel. Este processo é conduzido na presença de catalisadores ácidos, básicos ou enzimáticos, onde os triglicerídeos são convertidos a ésteres de ácidos graxos e glicerina, através da reação com alcoóis de cadeia curta. Vários mecanismos têm sido propostos para tentar explicar o que acontece durante cada etapa da reação (RAMIRO, 2013).

Figura 2 - Processo de obtenção de biodiesel a partir da transesterificação etílica do óleo de fritura residual



Fonte: Cristoff (2006)

Em seu estudo, Ramiro (2013) produziu o biodiesel por meio de reação de transesterificação por rota metílica via catálise alcalina, avaliando o processo de produção de ésteres metílicos utilizando as matrizes de óleo de fritura e pinhão

manso, com isso realizou as análises de índice de acidez, teor de água por Karl Fischer, ponto de entupimento de filtro a frio, perfil de ácidos graxos, teor de éster e estabilidade a oxidação para verificação da sua qualidade. Além disso, efetuou a produção de biodiesel com utilização do antioxidante Terc-butil-hidroquinona (TBHQ), analisando a estabilidade oxidativa.

3.3 Biodiesel no Brasil

Barreto et al. (2008) apud Macedo (2013), citam a crise gerada pela limitação e instabilidade da matriz energética baseada no petróleo na década de 1970 e a preocupação com as questões ambientais que impulsionaram governos e instituições a estudar novas fontes de abastecimento de energia, com destaque para o biodiesel. No Brasil, o uso de óleos vegetais como combustíveis substituindo o diesel, seguindo a mesma lógica do Programa Nacional do Álcool (PRÓÁLCOOL), começou a ser discutida pelo Governo Federal em 1975, sob a coordenação do Ministério da Agricultura, dando origem ao Pro-Óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos. Desde então, diversos estudos foram realizados para aplicação de óleos vegetais “in natura” ou modificados, puros ou em de misturas ao diesel de petróleo, em motores de ignição por compressão.

De acordo com Macedo (2013), o biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira a partir da Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, que tornou obrigatório o uso de 2% de biodiesel no diesel de petróleo até 2008 e de 5% até 2013. Esta mesma lei ampliou a competência administrativa da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), instituindo ao órgão a responsabilidade pelas especificações do biodiesel. Segundo a ANP, o destaque do Brasil entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel no mundo, antecipou a adição de 5% de biodiesel ao diesel para primeiro de janeiro de 2010, porcentagem que atualmente está em vigor. Este marco foi regulamentado pela Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Segundo dados da ANP, em 2011 a capacidade nominal de produção de biodiesel foi de cerca de 6,8 milhões m³. Entretanto, a produção efetiva do Brasil foi de aproximadamente 2,7 milhões de m³, o que correspondeu a 39,5% da capacidade total.

Nascimento (2012), aponta que no Brasil, a maior parte da produção de biodiesel é feita a partir do óleo de soja. A oferta dessa matéria-prima disponibilizada para a fabricação de biodiesel colaborou para tornar a produção centralizada. Somente nos Estados de Mato Grosso, Goiás, Rio Grande do Sul e São Paulo, a produção de soja, uma das principais fontes para o biodiesel, supera a casa dos 40 milhões de toneladas por ano.

Observa-se nas usinas produtoras de biodiesel do Brasil uma maior produção utilizando o óleo de soja como matéria-prima devido à facilidade de obtenção, ao seu baixo custo de produção, às grandes áreas plantadas e à grande disponibilidade de óleo no mercado. Essa matéria-prima representa 74,54% da produção nacional, seguida pela gordura bovina com 15,63%; e do óleo de algodão com 7,72%. O restante da produção (2,11%) se divide em outros materiais graxos, óleo de fritura usado, gordura de porco, óleo de palma e gordura de frango (ANP, 2012).

Em conjunto com o Ministério de Minas e Energia (MME), a ANP lança mensalmente boletins avaliando a qualidade dos combustíveis líquidos automotivos brasileiros. Segundo a edição de maio de 2020, do Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis, o resultado do monitoramento para este mês demonstrou que a qualidade dos combustíveis brasileiros se mantém com excelente padrão ao longo dos anos, com índices de conformidade acima de 97%, com exceção das Universidades Federais (UFs) do Nordeste (ANP, 2020).

3.4 Biodiesel no ensino de química

Com a abordagem do biodiesel em sala de aula vislumbra-se uma oportunidade de combinar vários conceitos e assuntos de diversas disciplinas, em especial da química. Atrelado ao tema de estudo se faz necessária uma metodologia que possibilite a aprendizagem, cabendo ao professor ser o mediador deste processo (PRADO et al, 2006 apud RODRIGUES et al, 2015).

Vasconcelos (2010), relata que a utilização do assunto biodiesel nas aulas de química tem proporcionado contextualizar diversos pontos, sobretudo pensando nos desafios atuais, envolvendo a utilização de tecnologias mais eficientes, buscando envolver as esferas econômicas, sociais e ambientais, possibilitando ao aluno visualizar as pontes que existem com outras áreas do conhecimento.

Rodrigues et al. (2015), atestam que o assunto biodiesel comporta vários temas relacionados a saber: necessidade de novas fontes energéticas, consumo de energia sustentável, preservação do meio ambiente, contribuição para agricultura familiar, economia e reaproveitamento de óleos e gorduras residuais, tendo então, uma vertente socioambiental de discussão inegável. Ainda, a repercussão da mídia ao explanar essa temática direciona sua abordagem na escola buscando aproximar o conhecimento científico do mundo material, além de fornecer aos estudantes a possibilidade para a construção de um conhecimento científico e, principalmente, instigá-los a construir um pensamento crítico e argumentativo diante de assuntos que incidem diretamente na vida em sociedade.

Silva et al. (2012), relatam que a temática biocombustíveis vem sendo objeto de discussões em diferentes meios, bem como vêm sendo apresentadas diversas abordagens. A problemática vai além das explicações químicas ou aplicações práticas, abrangendo o contexto político, econômico e social no qual está inserida. O qual também se mostra coerente no contexto educacional, pois em 2005, a Olimpíada Científica da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) desenvolveu um concurso nacional de redações, que deveriam ser escritas por alunos do Ensino Médio, sobre o tema “Biodiesel: o processo de preparação, importância econômica e ambiental” estimulando, assim, sua abordagem em âmbito escolar (SBQ, 2005).

Em seu estudo, Oliveira et al. (2008), reiteram que a partir do tema biodiesel pode-se trabalhar conteúdos da química orgânica, como funções orgânicas, combustíveis e reações orgânicas, como também de físico-química, como termodinâmica química, sem esquecer-se de abordar as questões que repercutem o tema estudando os meios que viabilizem a redução para o consumismo da população. Estes autores sugerem várias atividades como: pesquisas, debates, leitura de artigos, entrevistas e destacam o experimento de produção do biodiesel a partir de materiais de fácil acesso para a construção de equipamentos e reagentes encontrados no cotidiano.

Trazer a temática biodiesel para dentro da sala de aula, além das vantagens supracitadas, permite que os alunos entendam de maneira simples as reações orgânicas envolvidas nos processos incluídos na queima e formação dos combustíveis fósseis e na produção do biocombustível (ROCHA; VASCONCELOS, 2016).

3.5 Aprendizagem Baseada em Problemas

A leitura dos referenciais teóricos sobre a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) apresenta definições variadas acerca da temática. Cada uma delas traz contribuições importantes para a compreensão do seu significado, o que permite um melhor desenvolvimento do processo de aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento e níveis de ensino, contribuindo para o avanço desse campo de pesquisa, como afirmam Souza e Dourado (2015). De acordo com os autores, a ABP é um método de aprendizagem que, nos últimos anos, tem conquistado espaço em inúmeras instituições educacionais de ensino superior (nos cursos de graduação e pós-graduação) e no ensino básico em diversas disciplinas.

A ABP é um caminho que conduz o aluno para a aprendizagem. Nesse caminho, o aluno busca resolver problemas inerentes à sua área de conhecimento, com o foco na aprendizagem, tendo em vista desempenhar um papel ativo no processo de investigação, na análise e síntese do conhecimento investigado (LEITE; ESTEVES, 2005)

Barell (2007) apud Souza e Dourado (2015), interpretam a ABP como a curiosidade que leva à ação de fazer perguntas diante das dúvidas e incertezas sobre os fenômenos complexos do mundo e da vida cotidiana. Ele esclarece que, nesse processo, os alunos são desafiados a comprometer-se na busca pelo conhecimento, por meio de questionamentos e investigação, para dar respostas aos problemas identificados.

O modelo original de ABP tem como objetivo principal a aprendizagem de assuntos científicos. Utilizando essa estratégia, possibilita-se ao estudante a compreensão e a inter-relação entre os fatos cotidianos e o conteúdo estudado em sala de aula. Neste contexto o professor passa a ser um mediador entre o aluno e a informação, considerando as possíveis soluções e suas consequências (PICCOLI, 2016). Ainda segundo este autor, quando utilizamos estratégias como esta os conceitos se tornam meios para a utilização da estratégia e deixam de ser o aspecto mais importante. O ensino baseado na ABP pressupõe que os alunos desenvolvam com auxílio do professor o domínio de procedimentos, assim como a utilização dos conhecimentos disponíveis para dar soluções a situações. Estruturar um ensino por

ABP é planejar situações problema em que os alunos sejam capazes de buscar as estratégias necessárias para resolvê-las.

Lima (2015), desenvolveu em seu estudo dez atividades baseadas na metodologia da ABP (também chamada de Estudos de Caso) com duas turmas de segundo ano de Ensino Médio na disciplina de química. Durante as aulas os alunos se reuniam em grupos e recebiam uma atividade, onde deveriam identificar o problema, selecionar informações contidas no material, propor uma hipótese para a solução do problema, buscar experimentos ou outras informações fora do material recebido e construir a solução do problema. O trabalho teve a duração de um ano letivo. Todos os grupos receberam as 10 atividades ao longo do ano. Segundo as observações da autora, a estratégia de ABP desenvolve conteúdos e atitudes nos estudantes para a construção do seu conhecimento. Ela relata ainda que o trabalho em grupo favoreceu a socialização dos estudantes, a troca de ideias, saberes e aprendizagens.

3.6 Atividade Experimental Problematizada

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) é um processo de experimentação que se desenvolve a partir da demarcação de um problema de natureza teórica, isto é, uma experimentação que objetiva a busca por solução a uma situação-problema (SILVA, 2018).

Autores como Silva e Moura (2017), tem um aporte teórico da proposta de AEP que definem os alunos como sujeitos que desenvolvem conhecimentos em um processo no qual o professor assume a função de orientador, cuja genuinidade é específica, mas aberta. Cabe assim a constante supervalorização das perguntas e sub valorização das respostas, em uma ação dinâmica e complementar. Os autores trabalharam em um estudo que envolveu a experimentação no ensino de química sob uma perspectiva problematizada. Estes apresentam aportes teóricos e metodológicos que sustentam esta metodologia, a qual sugere uma articulação entre um objetivo experimental e diretrizes metodológicas, a partir da demarcação de um problema de natureza teórica e contextualizada. Apresentam e discutem uma situação de estudo/investigação, pela inserção da AEP em uma sequência metodológica organizadora do trabalho experimental em química, iniciando a

intervenção com a proposição de um problema de natureza teórica, com uma pergunta envolvendo acidez e basicidade. Esse problema requer um objetivo experimental, no qual os alunos deverão se basear para os trabalhos experimentais, denominada de diretrizes metodológicas, que vem descritas como um roteiro experimental. Com este estudo, os autores consideram que a AEP é uma estratégia pedagógica para um ensino experimental em ciências/química capaz de gerar significados e desenvolver a autonomia do sujeito que aprende, como sustentam também os autores Silva et al. (2015):

Uma AEP pode propiciar aos alunos a possibilidade de autonomia e protagonismo, ao realizarem registros, discutirem resultados, levantarem hipóteses, avaliarem possíveis explicações e discutirem, entre seus pares e com o professor, as razões e as etapas do experimento. Ainda segundo os mesmos, essa atividade deve ser sistematizada, visando a promoção de uma análise reflexiva desde sua origem, capacitando os sujeitos da ação a tornarem-se protagonistas da sua própria aprendizagem. Sob essa ótica, a função do professor não mais se configura como centralizador e fornecedor das respostas e das certezas. Antes, deve problematizar com os alunos suas concepções e observações, as amplas leituras do experimento, auxiliando-os a reconhecer a necessidade sempre constante de outros conhecimentos e, por conseguinte, a importância do diálogo reflexivo e da pesquisa orientada na busca por uma coerente interpretação dos resultados experimentais.

Silva (2018), reitera que a AEP apresenta o problema em sua origem; propõe-se uma experimentação tendo-se como base a caracterização de uma dúvida de natureza teórica, a partir do qual se desenvolverá uma proposta de ações experimentais no propósito de busca por uma possível solução à questão que a origina. Dessa forma, em AEP, um eixo teórico dá origem a uma atividade experimental.

Já, os autores Silva e Moura (2018), consideram como eixo teórico da AEP um processo de experimentação que se estrutura a partir da demarcação, elucidação e proposição de um problema de natureza teórica, isto é, uma AEP configura-se teoricamente como uma estratégia de busca por solução a uma dada situação-problema. A partir de então, são configurados um objetivo experimental, tratando-se, sob uma perspectiva geral, do que se espera desenvolver empiricamente em termos de produto/ação final experimental, e diretrizes metodológicas, como orientações às ações que resultarão no produto experimental. Sendo assim, a proposta de ensino experimental cunhada como AEP propõe uma articulação entre objetivo experimental e diretrizes metodológicas, a partir da

proposição e da análise crítica de um problema, preferencialmente contextualizado, isto é, contendo elos associativos a diferentes contextos.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento desse trabalho foi dividido em duas etapas, sendo a produção e caracterização do biodiesel a partir do óleo de fritura residual e, posteriormente, a elaboração de uma proposta de atividade experimental problematizada, que não foi aplicada em virtude da pandemia de Covid-19.

4.1 Lócus da pesquisa

A obtenção do biodiesel a partir de óleo de fritura residual e sua caracterização foi realizada no laboratório de química geral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), localizado na BR 210, km 3, s/n, bairro Brasil Novo, Macapá – AP.

4.2 Tipologia da pesquisa

A tipologia da pesquisa tratou-se de uma pesquisa experimental, que segundo Tumelero (2010), é caracterizada por manipular diretamente variáveis relacionadas com o objeto de estudo e tem como finalidade testar hipóteses que dizem respeito à convicção de quem está pesquisando.

4.3 Primeira etapa: Produção e caracterização do biodiesel

A proposta metodológica experimental para a produção do biodiesel a partir do óleo de fritura residual foi uma adaptação do roteiro experimental descrito por Macedo (2013). Foram realizados os seguintes procedimentos: coleta e preparo do óleo (aquecimento e filtração); caracterização do óleo; obtenção e caracterização do biodiesel e ainda a separação entre o biodiesel e glicerina. Não foram realizados testes de controle de qualidade nem utilização do biodiesel produzido em qualquer tipo de motor.

4.3.1 Coleta e preparo do óleo de fritura residual

Inicialmente o óleo de fritura residual foi coletado em lanchonetes no município de Macapá e depois transportado para o Laboratório de Química Geral do IFAP.

Como os óleos residuais coletados estavam com partículas de alimentos, para adequá-los às condições de trabalho para fins de padronização, purificação e desenvolvimento de processos de produção de ésteres, foram então submetidos aos seguintes passos: aquecimento a aproximadamente 50°C para que as amostras ficassem líquidas; filtração com auxílio de uma bomba a vácuo, para maior rapidez e retirada de resíduos sólidos.

4.3.2 Caracterização do óleo residual

A caracterização físico-química do OFR foi realizada conforme os métodos padrões estabelecidos por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), American Society for Testing and Materials (ASTM) e Agência Nacional do Petróleo e Gás Natural (ANP). As propriedades avaliadas foram: teor de umidade, pH e massa específica.

- Teor de umidade: De acordo com Ramos e Ramos (2015), a determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e aplicadas na análise de alimentos, estando esse parâmetro relacionado com a estabilidade, qualidade e composição de produtos alimentícios. Presença de umidade/água em alimentos afeta a sua estocagem. Umidade determinada por secagem (perda por dessecação) corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Outras substâncias que se volatilizam nessas condições também são removidas juntamente com a água. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado de resíduo seco (matéria seca). O aquecimento direto à estufa a 105°C é o processo mais usual para determinação de umidade ou resíduo seco. Nos produtos líquidos ou de alto teor de umidade, é muito usado considerar o resíduo seco (sólidos totais), para a avaliação dos sólidos existentes no produto.

O procedimento para determinar a umidade do óleo residual foi feito em triplicata, para haver mais precisão nos resultados. Inicialmente, foram pesados 3 almofarizes e anotadas as suas respectivas massas. Em seguida, foi adicionado 10 mL de óleo residual em cada um e anotou-se as massas obtidas. Os almofarizes foram colocados na estufa por 24 horas, a 105 °C (Figura 3) e depois foram retirados e colocados dentro de um dessecador durante 10 minutos para esfriar, depois, foram novamente pesados.

Figura 3 - Almofarizes que foram para a estufa



Fonte: A autora (2020)

- pH: A importância da análise de pH está relacionada à corrosão nos motores e à qualidade dos óleos vegetais, pois, neste último, revela a quantidade de ácidos graxos livres provenientes dos processos de hidrólise dos triacilgliceróis (SOUZA, 2016). A análise do pH (potencial hidrogeniônico) foi feita com sua medição em amostras do óleo residual filtrado, utilizando um pHmetro digital da marca Logen – Microprocessador.

- Massa específica: A massa específica é uma propriedade fluidodinâmica que está relacionada ao tamanho da estrutura molecular, ou seja, o comprimento da cadeia carbônica de alquiléster (SOUZA, 2016).

A mensuração da densidade ou massa específica do óleo de frituras residual seguiu as normas da ASTM D4052 (2011). Esta atividade experimental foi realizada em triplicata, anotando-se os valores encontrados e fazendo o cálculo da média entre eles, confrontando com a faixa aceitável de massa específica proposta pela ANVISA.

Esta análise foi feita pesando-se um béquer vazio, tarando a balança e adicionando 10 mL de óleo de fritura residual filtrado no béquer. Importante que se saiba apenas a massa do óleo filtrado, que correspondeu a 10,51 g do mesmo.

4.3.3 Produção do biodiesel

A proposta metodológica experimental adotada para a produção do biodiesel a partir do óleo residual é uma adaptação dos procedimentos descritos por Macedo (2013), de acordo com as seguintes etapas experimentais:

- Aquecimento e filtração do OFR, seguida da sua caracterização;
- Preparação de uma mistura com 50 mL de álcool metílico e 1 g de NaOH, este atuaria como catalisador da reação. O catalisador foi dissolvido em álcool metílico, formando-se assim o metóxido de sódio (reação de transesterificação). Agitou-se essa solução em aquecimento na chapa aquecedora até que o NaOH se dissolvesse. Ocorreu a reação mostrada na equação 1.



- O óleo residual previamente filtrado foi adicionado na solução de metóxido de sódio, ainda em aquecimento, e assim ficou por 45 minutos em chapa aquecedora com agitador magnético.
- Em seguida, transferiu-se a mistura para um funil de decantação, conforme Figura 4.

Figura 4 - Funil de decantação com biodiesel e glicerina



Fonte: A autora (2020)

- Após o processo de separação, realizou-se a lavagem do biodiesel utilizando água destilada aquecida. Lavou-se 3 vezes com água destilada utilizando o

funil de decantação, fazendo o processo com agitação manual e esperando decantar, para haver nova separação entre as fases.

- Ao final separou-se o biodiesel obtido.

4.3.4 Caracterização do biodiesel

Para a caracterização do biodiesel obtido em laboratório a partir da transesterificação metílica do óleo residual, ensaios químicos e físico-químicos como corrosividade ao cobre, análise de aspecto, massa específica, pH e combustão foram feitos.

- Corrosividade ao cobre: Utilizado para determinar a capacidade potencial do combustível de causar corrosão em peças metálicas (LÔBO; FERREIRA, 2009). Para realizar este ensaio, uma lâmina de cobre devidamente polida foi submersa no biodiesel a 50°C, durante 3 horas, de acordo com o parâmetro que foi estabelecido pela ABNT NBR 14359, que estipula o limite de corrosão em 1 grau, de acordo com aspecto visual. Para efeito comparativo, foi feito o mesmo procedimento colocando a lâmina de cobre no diesel durante 3 horas, a 50°C.

Após 3 horas de aquecimento a 50°C, lavou-se ambas as lâminas e comparou-as com uma lâmina padrão. Conforme pode ser observado na Figura 5, a lâmina de cobre submersa no biodiesel de óleo residual (à esquerda), ao meio uma lâmina de cobre submersa no diesel comercial e à direita uma lâmina padrão para efeito comparativo.

Figura 5 – Lâminas de cobre submersas depois do aquecimento



Fonte: A autora (2020)

- Análise de aspecto: Este parâmetro é considerado apenas na RANP nº 45/2014. Trata-se de uma análise preliminar, onde se procura verificar a presença de impurezas que possam ser identificadas visualmente, como materiais em suspensão, sedimentos ou mesmo turvação na amostra do biodiesel (LÔBO; FERREIRA, 2009).

- Massa específica: A densidade do biodiesel está diretamente ligada com a estrutura molecular das suas moléculas. A presença de impurezas também poderá influenciar na sua densidade, como, por exemplo, o álcool ou substâncias adulterantes (LÔBO; FERREIRA, 2009). A massa específica do biodiesel foi calculada através da razão entre a massa e o volume correspondente, sendo sua unidade kg/m^3 .

Primeiramente, pesou-se um béquer vazio e depois tarou-se a balança. Em seguida, adicionou-se 10 mL de biodiesel no béquer, sendo de fundamental importância que se saiba apenas a massa do biodiesel.

- pH: A medida de pH do biocombustível mostra o potencial hidrogeniônico da amostra. Esta medida refere-se principalmente ao processo de lavagem ácida em relação à neutralização do biodiesel. O equipamento utilizado foi um pHmetro digital, de acordo com a norma NBR 10891.

- Combustão: Durante a reação de combustão, a quantidade de dióxido de carbono liberada pela queima é menor em relação aos combustíveis fósseis. Foi feito um comparativo da queima do biodiesel produzido em laboratório e do diesel comercial.

4.4 Segunda etapa: Elaboração de proposta de atividade experimental problematizada

Sequência didática:

- 1º momento: Aplicar questionário preliminar, para avaliar a visão dos alunos a respeito da Química (Apêndice A).

- 2º momento: Apresentar a temática biodiesel através de vídeos e apresentação de slides contendo conceitos químicos a serem utilizados no procedimento experimental de produção do biodiesel.
- 3º momento: Distribuir a situação problema aos alunos, que deverão discutir entre si a respeito do que será apresentado na situação-problema, e responder as questões apresentadas.



SITUAÇÃO PROBLEMA: HVO ganha espaço como alternativa de biodiesel

Uma alternativa ao biocombustível, mais limpa e com características muito próximas ao diesel comum, começa a ganhar espaço nas mesas de discussão de fabricantes e operadores de caminhões e ônibus. Trata-se do HVO, Hydrotreated Vegetable Oil, óleo diesel limpo produzido a partir do óleo vegetal da soja ou outras fontes de matéria-prima vegetal ou animal, permitindo, inclusive, a mistura delas. Com processo produtivo diferente, sua aparência é semelhante à do diesel fóssil vendido nos postos – segundo técnicos, é impossível notar diferença dos dois a olho nu.

“Tanto o HVO quanto o biodiesel usam o óleo vegetal extraído da soja como principal fonte de matéria-prima, mas o HVO permite mesclar as matérias-primas, como usar gordura animal na produção e outras fontes de óleo vegetal”, explica Paulo Jorge Antônio, diretor de pesados da AEA, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva.

A diferença, segundo ele, está no processo produtivo: o HVO é extraído a partir da hidrogenação, que ajuda a tirar as impurezas e permite deixá-lo com aparência mais próxima à do diesel fóssil. Já o biodiesel é produzido a partir do processo de transesterificação, o que faz com que ele tenha mais oxigênio e água, porém o processo é mais simples.

Questionamentos:

- 1 - Baseado nas propriedades e características do biodiesel, explique por que pode ser uma melhor alternativa de combustível que os atuais.
- 2 - Especialistas defendem a confiabilidade do biodiesel, por que é uma proposta

de combustível sustentável?

3 - Se você fosse proprietário de um carro movido a diesel e tivesse disponíveis nos postos diesel de petróleo e biodiesel, custando o mesmo valor, com qual dos combustíveis você abasteceria o seu carro? Justifique sua resposta.

4 – O biodiesel produzido no laboratório pelos alunos da turma, que reaproveitou óleo de soja das frituras, você notou diferença entre ele e o diesel fóssil comercial? Quais?

Fonte: Adaptado de AutoData Editora – 26/ 09/2019

- 4º momento: Produção do biodiesel no laboratório – Formar grupos de acordo com a quantidade de alunos e o espaço físico do laboratório, leitura do roteiro experimental para executar a produção de biodiesel (Apêndice B), de forma, a demonstrar os conceitos químicos envolvidos na produção do biodiesel. Neste momento, os conteúdos de química vistos de forma teórica serão apresentados e correlacionados com o tema.
- 5º momento: Avaliar os conteúdos que foram aprendidos pelos alunos, por meio da aplicação de questionário sobre a proposta de ensino relacionada ao biodiesel (Apêndice C), com o objetivo de verificar se o grau de interesse e entendimento do que foi abordado tornou-se maior do que fora observado em métodos tradicionais de ensino.
- 6º momento: Apresentação de seminário pelos alunos com o intuito de resumir os conceitos abordados durante as etapas anteriores, bem como possibilitar aos alunos um espaço para busca de curiosidades e novos conhecimentos a respeito da temática, bem como tornar o aluno um sujeito ativo no seu processo de aprendizagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do OFR

Para a caracterização do OFR foram realizados ensaios químicos e físico-químicos como teor de umidade, pH e massa específica.

5.1.1 Teor de umidade

Os valores obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Valores obtidos para calcular o teor de umidade do óleo residual

Amostra	Massa do almofariz	Massa do almofariz e do óleo	Massa final após a estufa	% Umidade
1	37,223	44,789	43,977	12,0225
2	35,737	44,517	43,724	9,9286
3	37,635	44,974	44,139	12,8382
Média	36,865	44,76	43,946	11,5964

Fonte: A autora (2020)

Vale salientar que a umidade de cada amostra foi calculada usando a Equação 2, seguindo as normas da ASTM D6304 (2007).

$$\text{umidade da amostra} = \frac{\text{massa do almofariz e óleo} - \text{massa final}}{\text{massa final} - \text{massa do almofariz}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Obteve-se $11,5964 \pm 1,2254\%$ como teor de umidade, este resultado não se encontra dentro do recomendado pela resolução da ANP n° 45/2014, citando que óleos exclusivos para produção de biodiesel devem extinguir todo teor de umidade antes de entrar em processo de produção. O teor de umidade implica na hidrólise do biodiesel contribuindo para a formação de ácidos graxos livres no meio reacional.

Souza (2016), realizou esta análise para óleo residual de frituras e obteve resultado dentro das normas estabelecidas afirmando que a elevação na temperatura no preparo de frituras concede a dispersão da água presente no óleo em forma de vapor, diminuindo a quantidade da mesma.

5.1.2 pH

A ANVISA (1999) estabelece o valor máximo de 0,3 % de ácido oleico para óleos vegetais para utilização no processo de fritura, e a resolução da ANP n° 45/2014 determina um percentual de 3% de acidez para a utilização de óleo como matéria prima para a produção de biodiesel. O pH encontrado para cada 100 g de óleo residual examinados foi de 4,76%, valor acima do recomendado.

Na pesquisa de Souza (2016), o pH do óleo residual apresentou valor próximo para atividades experimentais cuja quantidade de líquido atendia os valores mínimos do equipamento, já que foram inseridos em recipientes plásticos onde os volumes pudessem promover a mensuração do parâmetro (imersão completa do eletrodo), demonstrando um valor de 0,4884%.

5.1.3 Massa específica

A massa específica do óleo foi calculada através da razão entre a massa e o volume correspondente (Equação 3), sendo sua unidade kg/m³. E o resultado obtido foi de 1051 kg/m³.

$$\mu = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 3})$$

Segundo a ANP n° 14/12 a massa específica para o óleo de soja deve estar entre 0,85 – 0,90 g/cm³ ou 850 kg/m³ e 900 kg/m³. Neste sentido, percebe-se que os dados excedem os limites adotados pelos órgãos fiscalizadores, mostrando que o processo de fritura do óleo auxilia na degradação, interferindo no aumento deste parâmetro analisado.

Em sua pesquisa, Souza (2016) realizou este mesmo processo de análise da massa específica em biodiesel e não obteve resultado favorável, mostrando que os detalhes e a precisão nas análises é de fundamental importância para um bom resultado. Também é fundamental que o óleo residual tenha um bom tratamento antes da sua utilização para produção de biodiesel.

5.2 Produção do biodiesel

O biodiesel produzido (Figura 6) apresentou características adequadas com a legislação vigente, de acordo com especificações descritas nos próximos itens desse trabalho. Vale lembrar que, o biodiesel foi obtido depois do processo de transesterificação e decantação, etapa que foi descrita anteriormente na metodologia quando se observou a formação de duas fases distintas (o biodiesel de cor amarela na parte superior e a glicerina na parte inferior).

Figura 6 - Biodiesel obtido



Fonte: A autora (2020)

Após a reação de transesterificação, que converte a matéria graxa em ésteres (biodiesel), devido à baixa solubilidade e a diferença de densidade entre as fases, o processo de separação pode ser feito pelo processo simples de decantação. A separação entre as fases biodiesel e glicerina ocorre em função da adição de água e proporciona a formação da fase dispersa aquosa de glicerina, catalisador, sais e outras substâncias solúveis em água, distinta da fase rica em ésteres metílicos e óleo não reagido.

5.3 Caracterização do biodiesel

5.3.1 Corrosividade ao cobre

A lâmina que esteve submersa no biodiesel (Figura 7), obteve um grau de corrosão 1, enquanto a lâmina que esteve submersa no diesel obteve grau de corrosão 3. Na Figura 8 pode ser observado à esquerda a lâmina que ficou submersa no diesel, e à direita a lâmina padrão, utilizada para efeito de comparação. Os

valores obtidos estão de acordo com o parâmetro estabelecido pela ABNT NBR 14359, que estipula o limite de corrosão em 1 grau.

Figura 7 – Lâmina de cobre submersa no biodiesel



Fonte: A autora (2020)

Figura 8 - Lâmina de cobre no diesel



Fonte: A autora (2020)

5.3.2 Análise de aspecto

O biodiesel que foi produzido em laboratório foi observado contra a luz e analisado visualmente, considerando se ele estava heterogêneo (apresentando duas fases), turvo com impurezas ou turvo sem impurezas. Este apresentou-se homogêneo e sem turbidez. Portanto, está em conformidade com o limite proposto pelas normas vigentes na RANP nº 45/2014, que regulamenta e especifica o biodiesel a ser comercializado no Brasil.

Este resultado é compatível com os resultados encontrados por Carvalho (2018), em biodiesel produzido com óleo de algodão, em que todas as amostras se encontravam dentro da especificação da norma vigente à época.

5.3.3 Massa específica

A massa específica do biodiesel foi calculada através da razão entre a massa e o volume do biodiesel. A massa do biodiesel correspondeu a 8,97 g e o cálculo foi realizado de acordo com a Equação 2.

A massa específica do biodiesel produzido em laboratório foi de 897 kg/m³, apresentando valor dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela ANP nº14/2012, que se encontram no intervalo de 850 a 900 kg/m³ para o biodiesel.

5.3.4 pH

Se o combustível estiver reprovado neste parâmetro, as consequências podem ser corrosão das peças metálicas dos automóveis, entupimento da bomba de injeção entre outros problemas associados ao processo de corrosão.

O valor de pH resultante da amostra mostrou valor médio de 8,1, sendo considerado básico, porém, dentro do estabelecido pela ANP nº 14/2012, que considera um valor adequado de 6,0 a 8,0 para o pH. A normatização regulamenta que o pH para o biodiesel deve-se apresentar neutro, o que proporciona aos motores a vida útil prolongada, não causando desgastes à bomba injetora ou ocasionando corrosão ao motor.

5.3.5 Combustão

Durante a reação de combustão, a quantidade de dióxido de carbono liberada pela queima é menor em relação aos combustíveis fósseis.

Nesta análise, verificou-se que a combustão do biodiesel é mais rápida do que em comparação com o diesel, conforme pode ser observado na Figura 9, a queima do diesel à esquerda e a queima biodiesel à direita. Pode-se observar também que no biodiesel a liberação de dióxido de carbono pela queima é menor em relação ao diesel, confirmado pela visualização de fumaça escura na queima do diesel, em conformidade com a resolução da ANP nº 07/2008.

Figura 9 – Combustão do diesel e biodiesel



Fonte: A autora (2020)

A combustão do biodiesel não contribui para o ciclo do carbono, ou seja, a sua combustão não emite substâncias químicas que contribuem para o efeito estufa e aquecimento global, tais como o gás carbônico e o monóxido de carbono.

Os resultados das análises físico-químicas do biodiesel produzido em laboratório mostraram que as análises de corrosividade ao cobre, massa específica, pH e combustão estão condizentes com as especificações estabelecidas pelos órgãos regulamentadores. A análise de aspecto demonstrou resquícios de água no biodiesel, que para uma próxima produção pode ser evitado aquecendo por mais tempo o OFR antes que ele seja filtrado e adicionado à mistura de reagentes. Durante o processo de lavagem com água destilada também é importante que se deixe decantar por no mínimo 30 minutos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos durante a realização desta pesquisa, o óleo de fritura residual pode ser convertido em biodiesel apresentando características físico-químicas permitidas pela legislação vigente.

Foram realizados estudos das propriedades físico-químicas dos óleos de frituras, como pH, massa específica e teor de umidade. A importância da determinação dessas propriedades antes da realização da reação de transesterificação permitiu analisar a qualidade do óleo para obtenção do biodiesel. Através dos resultados obtidos referentes a estas propriedades, foi possível constatar que os óleos de frituras residuais analisados, de uma maneira geral, estão numa faixa aceitável não comprometendo sua utilização para obtenção de biodiesel.

A obtenção de biodiesel foi conduzida por catálise básica, na presença de metanol como agente de alcoólise. Este método mostrou-se eficaz para a obtenção de biodiesel, porém, tendo-se bastante cuidado na preparação do óleo residual e no tempo de reação com os reagentes utilizados.

Os resultados apresentados na pesquisa permitem visualizar uma possibilidade concreta de utilização de óleos de frituras residuais como matéria-prima para obtenção de biodiesel, inclusive apresenta a viabilidade da coleta do óleo residual em pequenos estabelecimentos comerciais. O aproveitamento desses resíduos na produção de biodiesel é bastante engenhoso e eficiente para o desenvolvimento sustentável e a possibilidade econômica depende apenas de mais estudo sobre a maneira de implementação e, principalmente, da conscientização de todos e de mudança nas práticas e hábitos de toda a sociedade.

Para que haja um aprimoramento destes experimentos em futuras pesquisas, sugere-se que sejam feitas mais análises para verificar as características físico-químicas do OFR e do biodiesel. Para que haja uma pureza maior nos resultados, observar o tempo de reação dos reagentes e realizar uma lavagem minuciosa do biodiesel para que todos os resquícios de glicerina residual sejam extraídos.

A partir de todo o exposto neste trabalho, pretendeu-se investigar e sugerir a potencialidade de uma proposta de ensino pautado na metodologia da atividade experimental problematizada, para contribuir com o desenvolvimento de uma melhor aprendizagem em química, nos moldes da teoria de aprendizagem baseada em

problemas. Verificou-se a potencialidade desta proposta de ensino ao ganho de significados químicos por parte dos sujeitos e defende-se ainda a pesquisa como estratégia imprescindível no processo de construção de conhecimento e também de repensar a prática docente.

REFERÊNCIAS

ABIOVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Levantamento:** Estatísticas da soja, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR:** Norma Brasileira Reguladora nº 14359, 2013.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Boletim de monitoramento da qualidade dos combustíveis.** Maio, 2020.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução nº 7. **Boletim Mensal de Biodiesel.** Brasil, 2008.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução nº 14. **Boletim Mensal de Biodiesel.** Brasil, 2012.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução nº 42. **Boletim Mensal de Biodiesel.** Brasil, 2005.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução nº 45. **Boletim Mensal de Biodiesel.** Brasil, 2014.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels, D6751.**

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter, D4052.**

BARBOSA, T. B. C. **Avaliação comparativa de estudos de análise do ciclo de vida da produção de biodiesel.** UFMG: Belo Horizonte, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.**

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005.**

CARVALHO, A. **Caracterização físico-química do biodiesel de algodão.** Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG, 2018.

CRISTOFF, P. **Produção do biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial, estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense.** Curitiba – PR, 2006.

GERIS, R. et al. **Biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica.** Universidade Federal da Bahia: Salvador – BA, 2007.

LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas na Licenciatura em Ensino da Física e Química**. VIII Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: CIED - Universidade do Minho, 2005.

LIMA, D. B. **A aprendizagem baseada em problemas e a construção de habilidades como ferramentas para o ensino-aprendizagem nas Ciências da Natureza**. Dissertação – UFRS, Porto Alegre, 2015.

LÔBO, I. P. FERREIRA, S. L. C. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Revista Química Nova na Escola, 2009.

MACEDO, A. L., **Produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais utilizando ácido sulfúrico imobilizado em sílica como catalisador e aplicação do glicerol na produção de cetil**. Diamantina: UFVJM, 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim mensal dos combustíveis renováveis**, 2012.

NASCIMENTO, L. J. **Quatro estados concentram produção de biodiesel**. Biodieselbr, 2012.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. **Biodiesel: possibilidades e desafios**. Revista: Química Nova na Escola, 2008.

PICCOLI, F. **Aprendizagem baseada em problemas: uma estratégia para o ensino de química no ensino médio**. UFRS – Porto Alegre, 2016.

RAMIRO, C. A. F. **Produção e caracterização do biodiesel: estudo e comportamento de antioxidantes**. Palotina – PR, 2013.

RAMOS, P. S.; RAMOS, S. K. F. **Determinação de umidade pelo método de secagem direta em estufa a 105 °C**. Estácio de Sá Faculdade de Sergipe, Aracaju – Sergipe, 2015.

REIS, Pedro. **Tipos de biocombustíveis**. Portal Energia: Energias Renováveis, 2018.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões**. Florianópolis – SC, 2016.

RODRIGUES, J. B.; MORAIS, C. S.; NETO, J. E. S.; SILVA, S. P. **Uma abordagem do tema biodiesel no ensino médio utilizando uma situação-problema**. Revista Dynamis: FURB – Blumenau, 2015.

SBQ. Sociedade Brasileira de Química. **Olimpíada Científica da Sociedade Brasileira de Química**. 2005.

SILVA, A. L. S. **Atividade experimental problematizada (AEP) 60 experimentações com foco no ensino de química: da educação básica à universidade.** NOGARA, P. A. – 1. Ed. – Curitiba: Appris, 2018.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G. **Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação.** Experiências em Ensino de Ciências, 2017.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. **Atividade Experimental Problematizada: uma proposta de diversificação das atividades para o Ensino de Ciências.** Experiências em Ensino de Ciências, 2015.

SILVA, D.; CARLAN, F. A.; MUNCHEN, S. **Biodiesel: uma experiência com alunos do ensino tecnológico.** Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia - Canoas, 2012.

SOUZA, A. P. **Estudo da redução do índice de acidez de óleos vegetais residuais visando a produção de biodiesel.** UFAL, Rio Largo – Alagoas, 2016.

SOUZA, S. C.; DOURADO L. **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo.** Revista Holos, 2015.

TUMELERO, N. **Pesquisa experimental: conceito, definições e como fazer em 5 passos.** Blog Mettzer, 2010. Disponível em: <<https://blog.mettzer.com/pesquisa-experimental/>> Acesso em 15 de maio de 2020.

VASCONCELOS, T. B.; LIMA, R. M. **Biodiesel: uma possibilidade de interdisciplinaridade na Química e as concepções dos professores de Ensino Médio de Campos dos Goytacazes/RJ, Brasil.** Vértices, Campos dos Goytacazes – RJ, 2010.

APÊNDICE A
QUESTIONÁRIO PRELIMINAR

1) O que você entende por biodiesel?

Combustível de fácil obtenção.

Combustível renovável.

Resultado da decomposição de plantas e animais há milhares de anos.

Outro: _____

2) Quais as alternativas de fonte de energia que você conhece como potencial para substituir o petróleo?

Álcool Querosene Biodiesel

3) Quais as matérias-primas que você sabe que são usadas na produção do biodiesel?

Petróleo Óleos vegetais e gordura animal

Água Não sei responder

4) O que você entende por fonte renovável de energia?

5) Você gosta de estudar química? Se sim, porquê?

SIM _____

NÃO

6) Você consegue correlacionar os conteúdos de Química aprendidos em sala de aula com o seu cotidiano?

Sempre Às vezes Raramente Nunca

APÊNDICE B

ROTEIRO EXPERIMENTAL

Lista de reagentes e materiais

Reagentes	Bastão de vidro
Óleo de soja (1 litro)	Papel de filtro
Hidróxido de sódio – NaOH (30 gramas)	Espátula
Álcool metílico – CH ₃ OH (0,5 litro)	Funil de buchner
Materiais	Balão de fundo chato (500 mL)
Balança Analítica	Funil de decantação (500 mL)
Chapa aquecedora	Béqueres (500 mL)

Procedimento

A proposta metodológica experimental para a produção do biodiesel a partir do óleo residual é uma adaptação dos procedimentos descritos por Macedo (2013) e Nascimento et al. (2003), de acordo com as seguintes etapas experimentais:

- Aquecimento e filtração do óleo residual;
- Preparação de uma mistura com 50 mL álcool metílico e 1g de NaOH sendo o catalizador. O catalizador deve ser dissolvido no álcool metílico, devendo formar-se assim o metóxido de sódio (reação de transesterificação). Agita-se essa solução em aquecimento na manta aquecedora com agitador magnético até que o NaOH se dissolva. Equação:

$$\text{NaOH (s)} + \text{CH}_3\text{OH (l)} \rightarrow \text{CH}_3\text{NaO (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$$
- O óleo residual previamente filtrado deve ser adicionado na solução de metóxido de sódio ainda em aquecimento, e assim ficar por 45 minutos na manta aquecedora com agitador magnético.
- Logo após, transfere-se a mistura para um funil de decantação. Aguardar a separação das duas fases distintas: o biodiesel de cor amarela na parte de cima e a glicerina na parte de baixo.
- Separar a glicerina do biodiesel e fazer a lavagem do mesmo com água destilada aquecida. Lavar até 3 vezes com o funil de decantação, para remover o excesso de glicerina que tenha ficado. Fazer o processo com

agitação manual e esperar decantar, para haver nova separação entre as fases. Ao final, filtrar o biodiesel obtido.

APÊNDICE C
QUESTIONÁRIO PÓS EXPERIMENTO

1) A realização do experimento facilitou a compreensão dos conceitos envolvidos da produção do biodiesel?

() Sim () Não () Mais ou menos

2) O que você entendeu do conceito de transesterificação?

() Reação química que ocorre entre um éster e um álcool, com formação de um novo éster e álcool.

() Ocorre através da mistura de óleo vegetal ou gordura animal com um álcool simples na presença de catalisadores.

() Reação química que ocorre apenas se houver presença de um catalisador.

3) Você acha que a aula sem experimentação seria melhor?

() Sim () Não

Por quê? _____

4) Depois desta aula, você consegue entender o processo de produção do biodiesel e acredita poder produzir o mesmo sozinho?

() sim () não () mais ou menos

5) Depois de ter conhecido a produção e aplicação do biodiesel como combustível, estudar Química lhe parece

() Muito necessário. () Pouco necessário. () Desnecessário.

6) O que você entende por biodiesel?

R= _____

7) Quais as matérias-primas você sabe que são usadas na produção do biodiesel?

