

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

PATRICIA SANTINI ZANCANARO

**USO SUSTENTÁVEL DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA: Abordagens
Socioambientais e Experimentais no Ensino de Química**

ERECHIM

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

PATRICIA SANTINI ZANCANARO

**USO SUSTENTÁVEL DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA: Abordagens
Socioambientais e Experimentais no Ensino de Química**

ERECHIM

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Helen Treichel

ERECHIM

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Zancanaro, Patricia Santini
USO SUSTENTÁVEL DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA:
Abordagens Socioambientais e Experimentais no Ensino de
Química / Patricia Santini Zancanaro. -- 2025.
76 f.:il.

Orientadora: Doutora Helen Treichel

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental, Erechim, RS, 2025.

1. Produtos de alto valor agregado a partir de óleo
de cozinha descartado.. 2. Projeto escolar transformar
para conscientizar: o uso sustentável do óleo na
escola.. 3. Uso, tratamento e valorização de óleos
residuais de fritura: uma abordagem prática.. I.
Treichel, Helen, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

Defesa da dissertação de mestrado da **PATRICIA SANTINI ZANCANARO**, intitulada: **USO SUSTENTÁVEL DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA** Abordagens Socioambientais e Experimentais no Ensino da Química, –orientada pela professora HELEN TREICHEL, apresentada à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental da UFFS, em 15/09/2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Helen Treichel/Orientadora/Presidente - UFFS

Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf/Membro titular interno – UFFS

Prof. Dra. Aline Frumi Camargo/Membro titular externo – UFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e saúde durante toda esta caminhada, à minha família, minhas filhas Maria Eduarda, Laura, meu esposo Milton e minha mãe Helena pelo apoio, incentivo, compreensão nas minhas ausências. Sem o apoio de vocês, este sonho não teria se concretizado.

A UFFS Campus Erechim/RS, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, e em especial a minha orientadora Professora Dra. Helen Treichel e sua equipe. Agradeço pelas contribuições, pela paciência e pela confiança depositada em meu trabalho. O apoio de vocês foi fundamental para que esta dissertação se tornasse realidade.

Aos meus colegas de trabalho e aos meus alunos da escola estadual de ensino médio Maria Dulcina, em especial a turma 301 de 2024, que foram meu incentivo na caminhada inicial. O apoio e trabalho com vocês foram necessários nesta jornada.

Finalizo com um agradecimento especial a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigada!

RESUMO

A crescente inquietação dos impactos ambientais consequentes das atividades humanas vem incentivando o avanço de tecnologias de modificação dos óleos e gorduras usados, pois os mesmos são provenientes da degradação de óleos vegetais utilizados na indústria alimentícia e representam uma eficiente fonte de danos ambientais. Este óleo, quando não mais adequado para frituras, é frequentemente descartado de forma inadequada, comprometendo ecossistemas terrestres e aquáticos. Com o intuito de se buscar alternativas mais sustentáveis, devido à veloz diminuição das reservas de combustíveis fósseis, associada ao aumento do preço do petróleo, esse fato nos leva a investigar opções para se explorar esse nicho de mercado que está a cada dia em expansão. Os óleos vegetais são fontes renováveis, favoráveis e muito promissoras devido à sua ampla disponibilidade, custo-benefício e ausência de toxicidade. Em contrapartida, sua valorização por meio de rotas tecnológicas como a transesterificação para a produção de biodiesel, o tratamento enzimático e a fabricação de sabões representa uma estratégia ambientalmente viável e economicamente promissora. O presente trabalho estrutura-se em um artigo de revisão bibliográfica, o qual explora as metodologias de reciclagem do resíduo proveniente de óleos vegetais já descartados, com uma abordagem mais científica. Um capítulo de livro que relata a preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, notadamente o descarte de óleos vegetais, os quais vêm impulsionando a busca por soluções sustentáveis, como a produção de sabão, a produção de biodiesel e o tratamento enzimático, aliados ao estudo da química. Pois o mesmo pode ser significativamente enriquecido por meio de atividades práticas e projetos escolares que integram os conhecimentos teóricos às aplicações experimentais, promovem a aprendizagem efetiva quanto o desenvolvimento do pensamento crítico.

ABSTRACT

The growing concern about the environmental impacts of human activities is encouraging the advancement of technologies for modifying used oils and fats, as these originate from the degradation of vegetable oils used in the food industry and represent a significant source of environmental damage. This oil, when no longer suitable for frying, is frequently disposed of improperly, compromising terrestrial and aquatic ecosystems. In order to seek more sustainable alternatives, due to the rapid depletion of fossil fuel reserves coupled with rising oil prices, we are investigating options to explore this ever-expanding market niche. Vegetable oils are renewable, favorable, and very promising sources due to their wide availability, cost-effectiveness, and lack of toxicity. Conversely, their valorization through technological routes such as transesterification for biodiesel production, enzymatic treatment, and soap manufacturing represents an environmentally viable and economically promising strategy. This work is structured as a literature review article, which explores recycling methodologies for waste from discarded vegetable oils, using a more scientific approach. It also includes a book chapter that addresses concerns about the environmental impacts of human activities, particularly the disposal of vegetable oils, which have driven the search for sustainable solutions such as soap production, biodiesel production, and enzymatic treatment, combined with the study of chemistry. This can be significantly enriched through practical activities and school projects that integrate theoretical knowledge with experimental applications, promoting effective learning and the development of critical thinking.

Keywords: fat, sustainability, technological

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VOS	ÓLEOS VEGETAIS
WCO	ÓLEO DE COZINHA USADO
EVO	ÓLEO VEGETAL EPÓXIDADO
MDA	MALONDIALDEÍDO
LLE	EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO
ELM	MEMBRANA LÍQUIDA EM EMULSÃO
CE	CONCENTRADO EMULSIONÁVEL
HMA	ASFALTO MISTURADO A QUENTE
TGS	TRIGLICERÍDEOS
AGS	ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	08
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. OBJETIVO GERAL.....	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	11
4. CAPÍTULO 1.....	14
5. CAPÍTULO 2.....	40
6. CAPÍTULO 3.....	67
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
8. REFERÊNCIAS.....	72

1. INTRODUÇÃO

A razão pela qual o tema do uso sustentável de óleo residual de fritura foi explorado é a crescente preocupação com os impactos ambientais causados por ações humanas, sendo o produto em questão uma relevante preocupação, além de motivar a busca por soluções sustentáveis e tecnologicamente viáveis. Outro fundamento que justifica esta investigação é o esgotamento progressivo das reservas de combustíveis fósseis e o aumento dos custos associados ao petróleo, o que torna necessárias soluções ambientalmente responsáveis com o desenvolvimento de alternativas renováveis e de menor impacto. O mercado de óleo, no entanto, não se restringe ao mercado de biocombustíveis, expandindo-se para aplicações em cosméticos, fármacos, higiene e limpeza, polímeros, tintas e outros usos, cuja finalidade pode aumentar o valor da matéria-prima. Além disso, a origem vegetal do óleo pode determinar sua composição química e, consequentemente, sua aplicação. Algumas condições, como domínio tecnológico, escala de produção, logística e origem da espécie, também podem determinar seu uso primário (Calvelli Germiniani et al., 2017).

Além disso, a soja é uma matéria-prima de maior relevância no mercado internacional, e sua importância aumenta com sua presença na composição de diversos produtos, como óleo comestível, biocombustíveis e ração animal (Campeão et al., 2020). O óleo de cozinha usado (OCA) é produzido quando o óleo vegetal comestível é utilizado para fritar alimentos. O descarte inadequado de óleo intensifica a poluição ambiental, obstrui os sistemas de drenagem e contamina ecossistemas terrestres e aquáticos, prejudicando a saúde humana e animal quando consumido (Awogbemi et al., 2021)

Este trabalho propõe-se a investigar alternativas mais sustentáveis tecnologicamente para o reaproveitamento de óleos vegetais usados, com ênfase em processos como a transesterificação e a produção de sabões. Pois a partir de óleos vegetais ou gordura animal (formados principalmente por ésteres de glicerol e ácidos graxos) que reagem com a soda cáustica por meio do processo de saponificação, conhecido como processo a frio, é possível obter sabões em barra (Azme et al., 2023). Estes sabões em barras, a partir de óleo de cozinha usado, são sustentáveis, não geram resíduos e são biodegradáveis. Outro processo é o tratamento enzimático, enzimas como lipases são utilizadas para catalisadores enzimáticos, o uso destes catalisadores químicos no processo pode ser mais prático devido aos menores custos e maiores rendimentos de conversão em

um curto espaço de tempo, eles são uma opção viável para modificar a estrutura dos óleos devido à sua especificidade de substrato, capacidade de trabalhar em altas concentrações de substrato e acessibilidade comercial (Rodrigues et al., 2019). As lipases estão entre as enzimas utilizadas em processos de biotransformação (Yoshioka et al., 2023). Ainda como outro produto temos a produção de biodiesel, um contraponto aos combustíveis fósseis que impactam as mudanças climáticas no planeta, outros pontos importantes relacionados a isso é a alta do preço do petróleo e a crescente preocupação ambiental com as emissões de gases, levando ao surgimento, por exemplo, do biodiesel como alternativa ao óleo diesel (Meher et al., 2006; Balat e Balat, 2010).

Assim, os biocombustíveis de origem vegetal são, alternativas essenciais para a produção sustentável de energia. O Brasil se destaca pelo potencial de produção de etanol e, mais recentemente, de biodiesel a partir de diversas fontes oleaginosas, o que o coloca entre os pioneiros na utilização de biocombustíveis, alcançando uma posição almejada por muitos países na busca por fontes renováveis de energia (ANP, 2020)

Pretende-se também com este estudo contribuir para a construção de práticas educacionais que integrem e contribuam para o melhoramento do estudo da química, estimulando habilidades investigativas, cognitivas e críticas nos estudantes. O projeto sabão artesanal desenvolvido na escola tem como objetivo trabalhar de forma interdisciplinar e desenvolver a sustentabilidade, pois além, de reciclar de forma correta o óleo usado nos restaurantes do município, os quais poderiam ser descartados no ambiente, promove a integração entre as áreas do conhecimento como a química, a industrialização e o custo ambiental e a matemática financeira. O presente trabalho gerou dois produtos finais: um artigo bibliográfico retratando as diversas possibilidades do uso do óleo vegetal já descartado e um capítulo de livro como subsídios para aulas de química.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o potencial de valorização do óleo de cozinha residual usado, por meio de sua transformação em produtos de alto valor agregado, como sabões, biocombustíveis e tratamento enzimático, ao mesmo tempo que promove a orientação prática sobre o uso, tratamento e reaproveitamento sustentável desses resíduos, contribuindo para a educação ambiental.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar alternativas de reaproveitamento do óleo residual com ênfase na produção de sabão, biocombustíveis e tratamento enzimático
- Analisar a viabilidade econômica dessas alternativas para outros produtos como solventes verdes, ração animal e bioasfalto.
- Identificar impactos ambientais, sociais e econômicos relacionados ao descarte inadequado do óleo de cozinha.
- Produzir material educativo com linguagem clara e prática, sobre laboratório e seu uso sob uma perspectiva ensino e socio ambiental
- Orientar os processos e métodos de produção de cada produto produzido.
- Contribuir para a formação de estudantes críticos, interessados e interajam com o estudo das ciências.

3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada na forma de três capítulos, sendo um artigo científico, um capítulo de livro e uma descrição do projeto desenvolvido na escola.

O capítulo I, Produtos de alto valor agregado a partir de óleo de cozinha descartado, refere-se a um artigo de revisão bibliográfica o qual explora as metodologias de reciclagem do resíduo proveniente de óleos vegetais já descartados, com uma abordagem mais científica, descrevendo o que são óleos vegetais, como são produzidos, bem como analisar as principais técnicas de reaproveitamento desse material, tais como a fabricação de sabão, a produção de biocombustíveis, produção de outros subprodutos como ração animal, biofertilizante e também os processos de tratamento enzimático. A análise abrange, ainda, estudos recentes e práticas recomendadas, proporcionando uma visão abrangente acerca das alternativas de manejo e de suas respectivas implicações ambientais e econômicas, o principal objetivo deste artigo, além de realizar uma revisão acerca dos diversos produtos abordados, consistiu na produção de um novo material acadêmico, um capítulo de livro.

Acesso: <https://doi.org/10.56083/RCV4N11-095>

O capítulo 2, é a produção de um capítulo de livro, o qual relata a preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, notadamente o descarte de óleos vegetais, os quais vêm impulsionando a busca por soluções sustentáveis, como a produção de sabão, a produção de biodiesel e o tratamento enzimático, aliados ao estudo da química. Pois o mesmo pode ser significativamente enriquecido por meio de atividades práticas que integrem os conhecimentos teóricos à aplicação experimental, promovam tanto a aprendizagem efetiva quanto o desenvolvimento do pensamento crítico. Relata também no que tange aos laboratórios escolares as normas de segurança a fim de assegurar um ambiente seguro e funcional. Ademais, é imprescindível que discentes e docentes sejam devidamente capacitados quanto às diretrizes de segurança, de modo a prevenir acidentes. A conscientização sobre essas práticas contribui não apenas para a formação acadêmica, mas também para a preservação do meio ambiente.

Acesso: <https://doi.org/10.56238/edimacto2025.025-001>

O capítulo 3, Análise crítica, aplicação e contribuições do projeto escolar

transformar para conscientizar: o uso sustentável do óleo na escola, refere-se a descrição de como o projeto sabão artesanal é desenvolvido na escola e como ele é de suma importância para tornar a aprendizagem mais significativa pois além de permitir que os estudantes apliquem conhecimentos teóricos em situações práticas e reais, ele também integra áreas desenvolvendo a interdisciplinaridade e a sustentabilidade ao retirar de circulação um resíduo que pode causar grandes danos ambientais.



Contemporânea

Contemporary Journal

Vol. 4 Nº. 11: p. 01-26, 2024

ISSN: 2447-0961

Artigo

HIGH-ADDED VALUE PRODUCTS FROM DISCARDED COOKING OIL

PRODUTOS DE ALTO VALOR AGREGADO A PARTIR DE ÓLEO DE COZINHA DESCARTADO

PRODUCTOS DE ALTO VALOR AÑADIDO A PARTIR DE ACEITE DE COCINA DESECHADO

DOI: 10.56083/RCV4N11-095

Receipt of originals: 10/14/2024

Acceptance for publication: 11/04/2024

Patricia Santini Zancanaro

Master's student in Environmental Science and Technology

Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil

E-mail: patriciamazutti@yahoo.com.br

Larissa Capeletti Romani

Undergraduate Student in Environmental and Sanitary Engineering

Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil

E-mail: larissaromani139@gmail.com

Vitoria Dassoler Longo

Undergraduate Student in Environmental and Sanitary Engineering

Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil

E-mail: vitorialongo22@gmail.com

Mayana Cardoso Raimundi

Undergraduate Student in Environmental and Sanitary Engineering

Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil

E-mail: mayanacardosoraimundi@gmail.com



Nycollas Stefanello Vianna

PhD in Student Environmental Science and Technology
Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil
E-mail: nycollasvianna@gmail.com

Gabriel Henrique Klein

Undergraduate in Biological Sciences
Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil
E-mail: gabrielklein518@gmail.com

Helen Treichel

PhD in Food Engineering
Institution: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Address: Erechim, Rio Grande do Sul, Brazil
E-mail: helentreichel@gmail.com

ABSTRACT: Vegetable oils are widely used in human consumption as food, with increasing productivity. As they are sustainable raw materials, they are suitable substitutes for fossil-derived raw materials and have great potential for producing high-value bioproducts, contributing to sustainability, the economy, and environmental issues. This article explores multiple applications of vegetable oils, highlighting residual oil included in making soaps, biofuels, animal feed, green solvents, bioasphalt, and asphalt binders. It also addresses the treatment of these vegetable oils with enzymes and the methods for converting soybean oil into biofuels, highlighting their properties that favor efficiency and the reduction of pollutant gas emissions. In addition, the extraction and purification processes that make obtaining ingredients with more excellent market value possible are discussed.

KEYWORDS: biocompounds, biofuels, sustainability, residue, vegetable oils.

RESUMO: Os óleos vegetais são amplamente utilizados no consumo humano como alimento, com produtividade crescente. Por serem matérias-primas sustentáveis, são substitutos adequados para matérias-primas derivadas de fósseis e têm grande potencial para produzir bioprodutos de alto valor, contribuindo para a sustentabilidade, a economia e questões ambientais. Este artigo explora múltiplas aplicações de óleos vegetais, destacando o óleo residual incluído na fabricação de sabões, biocombustíveis, ração animal, solventes verdes, bioasfalto e ligantes asfálticos. Aborda também o tratamento desses óleos vegetais com enzimas e os métodos de conversão do óleo de soja em biocombustíveis, destacando suas propriedades que favorecem a eficiência e a redução de emissões de gases poluentes. Além disso, são discutidos os processos de extração e purificação que tornam possível a obtenção de ingredientes com maior valor de mercado.



PALAVRAS-CHAVE: biocompostos, biocombustíveis, sustentabilidade, resíduo, óleos vegetais.

RESUMEN: Los aceites vegetales son ampliamente utilizados en el consumo humano como alimentos, con una productividad cada vez mayor. Al ser materias primas sostenibles, son sustitutos adecuados de materias primas de origen fósil y tienen un gran potencial para producir bioproductos de alto valor, contribuyendo a la sostenibilidad, la economía y los problemas ambientales. Este artículo explora múltiples aplicaciones de los aceites vegetales, destacando el aceite residual incluido en la elaboración de jabones, biocombustibles, alimentos para animales, solventes verdes, bioasfalto y ligantes asfálticos. También se aborda el tratamiento de estos aceites vegetales con enzimas y los métodos de conversión de aceite de soya en biocombustibles, destacando sus propiedades que favorecen la eficiencia y la reducción de emisiones de gases contaminantes. Además, se discuten los procesos de extracción y purificación que hacen posible la obtención de ingredientes con mayor valor de mercado.

PALABRAS CLAVE: biocompuestos, biocombustibles, sostenibilidad, residuos, aceites vegetales.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

1. Introduction

There has been a significant increase in the technology for modifying oils and fats. This trend is predominantly attributed to these materials' natural origin, making them relevant as raw materials in the chemical, pharmaceutical, and food industries. In addition, seeking more sustainable alternatives leads us to investigate options to explore this market niche that is expanding daily. Vegetable oils (VOs) are favorable and very promising renewable sources due to their wide availability, cost-effectiveness, and lack of toxicity (Corma, Iborra, and Veltty *et al.*, 2007). The growing concern regarding the environment and the rapid decrease in fossil fuel reserves in the world, associated with the increase in the price of oil, also led to the



exploration of vegetable oils in the production of alternative fuels (Costa- Neto *et al.*, 2000).

The oil market, however, is not restricted to the biofuel market, expanding to applications in cosmetics, pharmaceuticals, hygiene and cleaning, polymers, paints, and other uses, whose purpose can increase the value of the raw material. In addition, the vegetable origin of the oil can determine its chemical composition and, consequently, its application. Some conditions, such as technological mastery, production scale, logistics, and origin of the species, can also determine its primary use (Calvelli Germiniani *et al.*, 2017). Furthermore, soybeans are a raw material of greater relevance in the international market, and their significance increases with their presence in the composition of several products, such as edible oil, biofuels, and animal feed (Campeão *et al.*, 2020). Used cooking oil (WCO) is produced when edible vegetable oil is used to fry food. Improper oil disposal intensifies environmental pollution, obstructs drainage systems, and contaminates terrestrial and aquatic ecosystems, harming human and animal health when consumed (Awogbemi *et al.*, 2021). Thus, this article explores the methodologies for recycling waste cooking oil. Techniques for using used cooking oil, including soap production, biofuel generation, and enzymatic treatment, will be examined. It also covers recent studies and best practices, providing a broad overview of management options and their environmental and economic implications.

2. Vegetable Oils

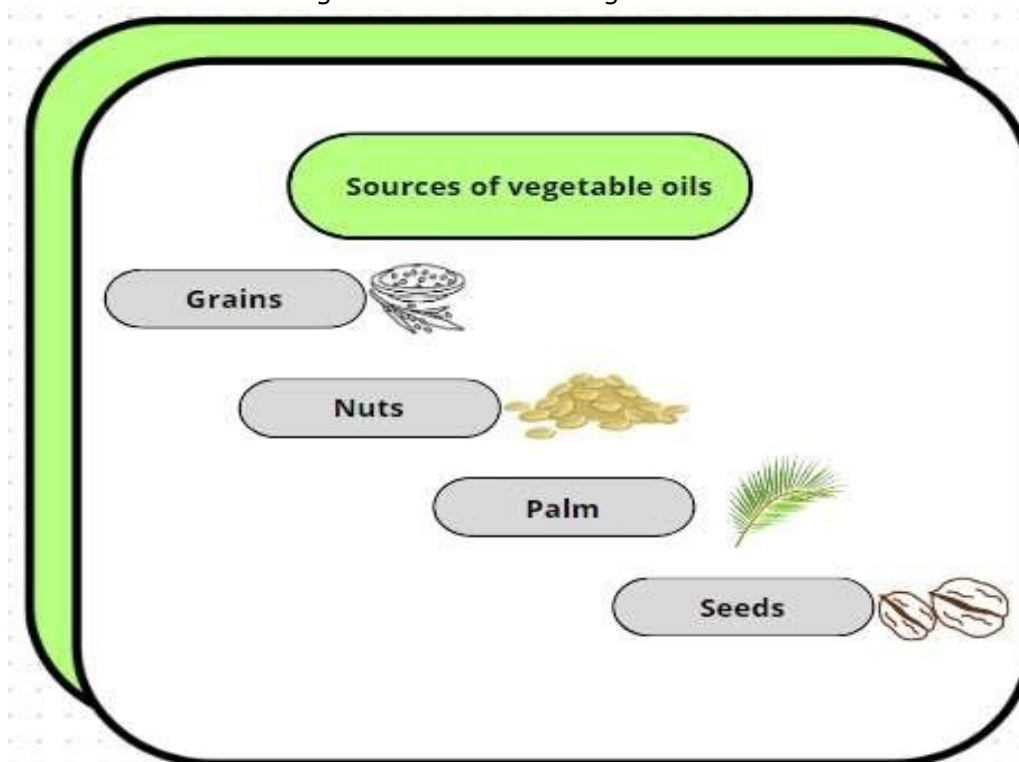
2.1 Definitions, Sources, and Classification

Vegetable oils result from esters of fatty acids and glycerol; these molecules are also called triglycerides or triacylglycerols (Kaikade and Sabnis *et al.*, 2022). As the name suggests, they are extracted from plant



seeds and function as an energy matrix for germination. Some commonly used oils are not triglycerides but terpenes or terpenoids (essential oils). Smaller volatile molecules extracted from plants do not retain the triacylglycerol structure but come from isoprene (Sharmeen *et al.*, 2021).

Figure 1: Sources of vegetable oils



Source: Authors.

Vegetable oils are classified according to their source type, such as seeds, grains, nuts, and palm. Castor, grape seed, linseed, and safflower oils are oils extracted from seeds, while soybean and corn oils are extracted from grains. Certain oils are removed from nuts, called "nut oils," or even macadamia or Brazil nut oils. In addition, palm trees produce fruits such as arara and buriti, resulting in "palm oils". Each variety of oil has a certain amount of unsaturation resulting from the different fat chains linked to the glycerol structure. Thus, the iodine value is a parameter used to quantify the amount of the degree of unsaturation per 100 g of sample, which can be



determined by titration or ^1H NMR (Gaglieri *et al.*, 2022); according to this value, the oils are classified as drying (value > 130), semi-drying ($90 < \text{value} < 130$) and finally non-drying (value < 90) (Hadzich *et al.*, 2020). The iodine value of a vegetable oil varies with the extraction process, plant age, climate, and plant variety. Furthermore, a slight change in the fatty acid profile and the extraction methodology can also affect the number of other substances in the plant seed, such as antioxidants, terpenes, and terpenoids (Ferreira *et al.*, 2022).

2.2 Chemical Modifications of Vegetable Oils

Vegetable oils are considered sustainable raw materials for bio-based polymers. They are suitable substitutes for polymers derived from fossil sources due to their low toxicity, lower price, and flexibility for chemical transformations. However, they exhibit low chemical reactivity and, therefore, an alternative to maximize this characteristic is the alteration of the alkene groups (unsaturations) existing in the chain to generate renewable monomers by maleinization, epoxidation, acrylation, carbonation of epoxides, and so on (Biermann *et al.*, 2021) and (Sousa and Silvestre., 2022).

Another transformation alternative for oils is done by epoxidation reaction, in which alkenes are modified into epoxy groups in the presence of oxidizing agents, such as hydrogen peroxide, peracids, or O_2 , in the presence of catalysts. Epoxidized vegetable oil (EVO) is a valuable monomer and can be used in ring-opening or polycondensation polymerization to produce polyamide, polyether, polyester, and polysulfides (Gonçalves *et al.*, 2021). In addition, epoxides also have the possibility of reacting with acrylic acid or CO_2 to build acrylate or carbonated monomers, respectively (Alarcon *et al.*, 2021), (Martinez *et al.*, 2021), (Gomez-Lopez *et al.*, 2021). Acrylated vegetable oils are typically used in light-cured resins or plasticizers and



stabilizers for PVC. They can also be used in click chemistry, in which thiols are attached to carbon double bonds by thiol- ene reactions.

The direct conversion of vegetable oils into functionalized oils with a one-step reaction is attractive for laboratories and industries due to its economic and sustainable characteristics, making using thiols a viable option. Thiol compounds are similar to alcohols, having a sulfur atom instead of an oxygen atom. The thiol -ene interaction progresses in an equimolar proportion of thiol groups and double bonds, which is carried out in the one- pot step quickly, resulting in a high-yield compound. Typically, this reaction occurs by a photochemical chain in the presence of photoinitiators under UV light. First, the photoinitiator forms radicals that attack the thiol, producing a thiyl radical ($R-S\cdot$). This radical attacks the carbon double bond in an anti- Markovnikov interaction, adding the sulfur atom to the carbon chain. Suppose the thiol interacts directly with unmodified vegetable oil. In that case, the reaction is not identified as a "click" reaction due to the lower reactivity of the alkene, imposing a longer reaction time at a higher concentration of photoinitiator (Wang *et al.*, 2020). Several studies have aimed to improve the reactivity of different vegetable oils in the thiol- ene reaction, modifying the production parameters and recommending new synthesis strategies (Wang *et al.*, 2020) and (Lee *et al.*, 2022). In addition, the thiol complex can interact with epoxidized vegetable oils in the presence of alkaline catalysts or photogenerated base initiators. A second-click chemistry alternative involves a reaction between azide groups and alkynes to generate triazole ring units (Tremblay-Parrado *et al.*, 2021).

Carbonated vegetable oils are being used for the production of non-isocyanate polyurethanes, avoiding the use of highly toxic isocyanates that are common in industries since polyurethanes are generated by the reaction of polyols and diisocyanates (Martinez *et al.*, 2021) and (Gomez-Lopez *et al.*, 2021). This interaction highlights the atom economy, where the epoxide group interacts with carbon dioxide to produce cyclic carbonates without by-



products (Martinez *et al.*, 2021). This interactivity occurs with a catalyst, high-pressure CO₂, and low temperatures. Subsequently, the carbonated vegetable oil reacts with polyfunctional amine compounds to synthesize polyhydroxyurethanes, which are more sustainable than conventional polyurethanes from isocyanates (Gomez-Lopez *et al.*, 2021).

3. Bioproducts Obtained from Residual Oil

3.1 Soaps

From vegetable oils or animal fat (formed mainly by glycerol esters and fatty acids) that react with caustic soda through the saponification process, known as the cold process, it is possible to obtain bar soaps (Azme *et al.*, 2023). The esters can react with sodium hydroxide, or solid mineral base, and form sodium salts of hydrolyzed free fatty acids and glycerophospholipids (Félix *et al.*, 2017). Evidence shows that soap-like products were produced in the third millennium BC in ancient Babylon (Levey, 1954), a pioneering detergent used to clean the skin. Currently, personal hygiene soaps produced include the addition of fragrances, dyes, and other additives (Biermann *et al.*, 1987). Bar soap from used cooking oil is sustainable, does not generate waste, and is biodegradable. Its production occurs in two stages: purification and saponification. The first consists of filtering the oil to separate it from the aqueous phase, while the second stage requires the addition of caustic soda, after which it is left to stand until it hardens (Azme *et al.*, 2023). To determine the cleaning effectiveness of the soap, it is possible to perform an iodine test, as described by Azme *et al.*, 2023.

Following the purification process, the oil can be bleached, usually hydrogen peroxide, to improve coloration. Recent studies have shown that using brine improved impurity levels and coloration. This process used hot



brine (5% NaCl) to wash the oil at 90 °C for one hour under agitation at 60 RPM. The two resulting phases were then separated by siphoning (Girgis *et al.*, 2004). Another study used a brine solution with almond shell powder to remove odor-producing molecules, but the odor of frying was still noticeable (Félix *et al.*, 2017). Two methods can produce liquid soaps used in the kitchen. The first involves mixing cooking oil with KOH, water, dye, and perfume. The second method uses preheated residual oil at 55°C and mixes it with KOH (Hartini *et al.*, 2021).

Furthermore, it is possible to produce soaps with more than one residue, such as grease from the meat processing industry (Maotsela *et al.*, 2019), which can be used as bath soap. It is worth noting that soaps made from previously used oils are of good quality and can have several unique characteristics of shapes and fragrances, in addition to contributing to the environment. Fat matrices are almost exclusively vegetable, encompassing different oils and fats, resulting in soaps with different characteristics (Grosso, 2016). This simplified and artisanal production has been growing globally because it is considered better for the skin and health and reduces the water and carbon footprint (Francke and Castro, 2013).

Figure 2: Flowchart of handmade soap production from cooking oil



Source: Authors.



3.2 Biofuels

One of the possibilities for reusing cooking oil is the production of biodiesel, a counterpoint to fossil fuels that impact climate change on the planet. Furthermore, shortly, there will be a shortage of resources for this energy source, making alternative production relevant. Today, part of all energy consumed globally comes from fossil fuels derived from petroleum, a source considered limited, finite, and non-renewable. Furthermore, each year, the consumption of fuels derived from petroleum increases considerably, and consequently, there is an increase in air pollution and acid rain. In this context, society increasingly seeks alternatives to the energy matrix based on petroleum. One of the points related to this is the rise in oil prices and the growing environmental concern regarding gas emissions, leading to the emergence, for example, of biodiesel as an alternative to diesel oil (Meher *et al.*, 2006; Balat and Balat, 2010).

Thus, plant-based biofuels are essential alternatives for sustainable energy production. Brazil stands out due to its potential for producing ethanol and, more recently, biodiesel from a variety of oilseed sources, making the country one of the pioneers in the use of biofuels, reaching a position desired by many countries in the search for renewable energy sources (ANP, 2020). Approximately 45% of the energy and 18% of the fuels consumed in the country are renewable, while globally, 86% comes from non-renewable energy sources (Araújo *et al.*, 2013).

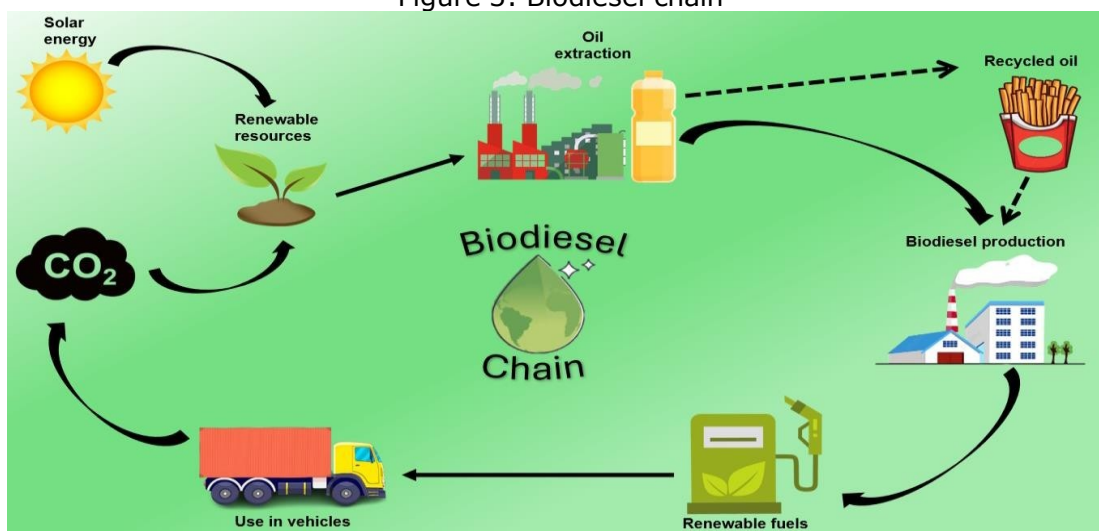
The environmental relevance of biofuels is linked to the fact that they are less polluting than fuels derived from petroleum, as they emit fewer harmful chemical substances during combustion, and their production processes tend to be cleaner (Araújo *et al.*, 2013). The biggest challenge to be overcome in biodiesel production is the high cost of pure oils (Kandedo *et al.*, 2009). In this context, there is a need to rethink the source of production of these products, with residual frying oils, often acquired free of



charge, being a possibility to overcome this economic obstacle. Using these residues, in addition to the commercial potential of making biodiesel production less expensive, helps in the environmental aspect since residual frying oil often ends up being disposed of incorrectly, reaching sewage systems, polluting water sources, and impairing the water treatment process.

Based on the above, using this residue to produce an alternative fuel is considered a promising proposal, as it combines economic aspects with environmental preservation, and it avoids the contamination of water sources while creating a less polluting fuel (Araújo *et al.*, 2013). When using, for example, ethanol [C₂H₆O], there is a reduction in carbon dioxide (CO₂) emissions since part of this pollutant emitted by ethanol energy matrices is reabsorbed by sugarcane plantations, causing carbon dioxide emissions to be partially offset, as summarized in the figure below, showing the biodiesel chain.

Figure 3: Biodiesel chain



Source: Authors.

Thus, compared to petroleum-derived diesel oil, biodiesel can reduce net carbon dioxide emissions by 78%, considering reabsorption by plants. In



addition, it reduces smoke emissions by 90% and virtually eliminates sulfur oxide emissions (Demirbas, 2007). In addition, the potential of biofuels is added to the fact that they have lower emissions of toxic gases, are renewable, biodegradable, non-toxic sources, and are essentially free of sulfur and aromatics (Martini; Schell, 1998).

Chemically, biodiesels are compounds obtained through a transesterification reaction. This reaction occurs when fatty acids from different lipid sources, such as used cooking oil, react with alcohol in a solid catalyst, generating ester and glycerin as products (Knothe, 2005). In short, the main processes for generating biodiesel are the transesterification and esterification of the raw material together with short-chain alcohol (such as methanol or ethanol) aided by a catalyst (Shokrani *et al.*, 2022).

The biodiesel production process has undergone significant technological advances facilitating its use. Biofuels can be obtained by transesterification with magnetic assistance or also through transesterification with the help of ultrasonic radiation (Babadi *et al.*, 2022). Currently, production without a catalyst is also possible, with a process operated at high temperatures (250°C to 450°C) and high pressures (350 atm to 600 atm) in a way that forces the reactants to mix and react, producing biodiesel and glycerol (Joeliangsih *et al.*, 2012; Babadi *et al.*, 2022).

Another possibility for producing biodiesel is the addition of auxiliary solvents, such as tetrahydrofuran (C_4H_8O), ethyl acetate ($C_4H_8O_2$), and isopropanol (C_3H_8O), to increase the miscibility between oil and alcohol, increasing the yield and reducing the time required for the reaction to occur (Chueluecha *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2024). It is also possible to adopt reusable heterogeneous catalysts (Santos, 2014) and enzymatic catalysts (Norjannah *et al.*, 2016). Due to all the environmental and economic potential mentioned above, producing biofuels is an essential purpose for used cooking



oil, avoiding incorrect disposal in nature, and its product, biodiesel, is a necessary source of less polluting energy.

3.3 Any Other Bioproduct

There are incentives to seek other ways to improve the use of WCO that do not require the oil to be of high quality. Among the diversified alternatives, using WCO to form bioproducts such as animal feed, ecological solvent, bioasphalts, and asphalt binders stand out (Shokri *et al.*, 2020).

3.3.1 Animal feed

Fats and oils are essential elements in animal feed. They are considered high-energy, mainly because they provide important constituents that cannot be synthesized naturally. Therefore, vegetable oils can bind other ingredients in animal feed (Van Ruth *et al.*, 2010). As an excellent alternative, WCO from fryers is used as an economically viable source, which, when compared to virgin vegetable oils, presents less inter-competition between petroleum resources (Zhang *et al.*, 2014). However, WCO should not contain detergents, dioxins, polycyclic aromatic hydrocarbons, and other harmful components in its composition since these components are prohibited (Tsai, 2019). Wei *et al.* proposed three purification methods that can be applied, namely water extraction, physical adsorption, and chemical adsorption, mainly for removing malondialdehyde (MDA) in WCO. This method is a commercially applicable, effective, and efficient technique for WCO purification (Wei *et al.*, 2011). However, there is a lack of studies that mainly investigate the purification of WCO for animal feed production only. This may be due to the policy issues arising around the world regarding the reuse of WCO to produce animal feed that would then be consumed by humans (Foo *et al.*, 2022).



3.3.2 Green Solvents

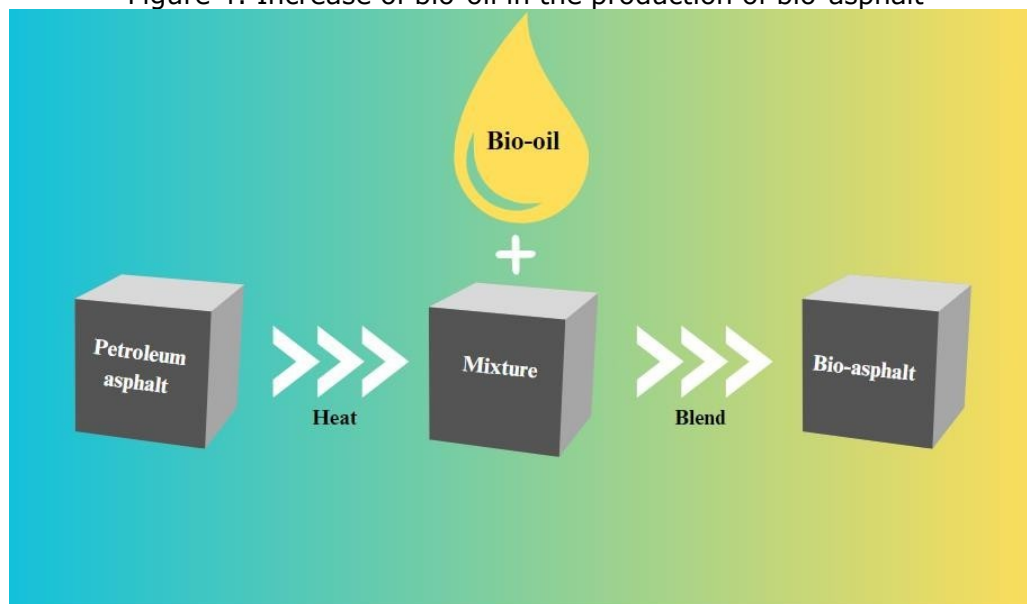
WCO, as an alternative to petroleum-based solvents, has shown potential as a solvent for wastewater treatment applications due to its non-toxicity, biodegradability, and abundance, thus conferring economic viability and a sustainability bias. In addition to the application of WCO as a solvent in the liquid-liquid extraction (LLE) process, Shokri *et al.* proposed the use of WCO in the emulsion liquid membrane (ELM) process for water decolorization (Shokri *et al.*, 2020). Furthermore, Iqbal *et al.* presented a variant using WCO as an economical and eco-friendly green solvent for the formulation of neem oil, which is used as a natural insecticide. According to the study results, the emulsifiable concentrate (EC) formulations were highly stable. Furthermore, it showed an improved fungicidal activity compared to conventional formulations (Iqbal *et al.*, 2021).

3.3.3 Bioasphalt and asphalt binder

As a potential alternative to petroleum-based asphalt binders in pavement construction, the change from conventional oil-based to WCO has brought interest in the use of bioasphalt (Wang *et al.*, 2018). Generally, the biobinder comprises the sum of traditional binders heated with bio-oil, as shown in Figure 1. Including bio-oil during the process improves binders' stress relaxation, penetration, and flexibility properties



Figure 4: Increase of bio-oil in the production of bio-asphalt



Source: Authors.

Furthermore, implementing WCO in asphalt rejuvenation is crucial to rejuvenate aged bitumen in hot mix asphalt (HMA) mixtures. In this case, WCO is a rejuvenator or antioxidant to recover age-hardened bitumen (PJ Ramadhansyah *et al.*, 2020).

4. Enzymatic Treatment of Oils

The global WCO market size, US\$5.50 billion in 2019, is expected to reach US\$8.48 billion by 2027. Unfortunately, the large volume of WCOs produced causes harmful effects on the health of humans and animals. As it is consumed, it harms the environment. Whenever it is not disposed of properly, which occurs in most cities, WCO ends up being dumped into sewers, drains, open spaces, rivers, and forests, where it produces aggressive odors, disrupts drainage, damages concrete, and contaminates terrestrial and aquatic habitats. This improper disposal can also cause foam formation, increasing the organic load in water sources, complicating the water and sewage treatment system, reducing the concentration of dissolved



oxygen, and altering the balance of the ecosystem. However, when catalyzed with some agricultural waste, it can be converted into biodiesel for various applications (Awogbemi *et al.*, 2021).

The production of biodiesel from WCO as a raw material is one of the possible solutions for disposing of this waste. For example, biodiesel production requires steps aimed at converting this biomass. Depending on the route used, the process can be considered chemical or enzymatic. Acids or bases are generally used for chemical catalysts, and enzymes such as lipases are used for enzymatic catalysts. Using chemical catalysts in the process can be more practical due to lower costs and higher conversion yields in a short time. However, they can present several disadvantages, such as the inability to recover the bases used in the process, requiring the neutralization and disposal process of this waste; large amounts of wastewater are generated, contributing to environmental problems; or even the need for more refined raw materials to avoid secondary reactions, which leads to increased process costs. When dealing with the disadvantages of catalysis using acid reagents, low reaction rates can be cited as the main problem. In general, seeking an environmentally correct production of biodiesel, in addition to obtaining other bioproducts from WCO, the biotransformation of this biomass using biocatalysts such as lipases emerges as an alternative proposal to conventional chemical processes (Ko *et al.*, 2023; Kuepethkaew *et al.*, 2024).

Oils and fats comprise triglycerides (TGs) (Yoshioka *et al.*, 2023). The molecular structure of TGs consists basically of saturated, unsaturated, and polyunsaturated fatty acids (FAs), causing each oil to contain a different combination and quantity of FAs in the TGs, allowing for other applications (Kadhum *et al.*, 2016; Kaikade *et al.*, 2022). Treatments carried out from enzymatic catalysis are a viable option to modify the structure of oils due to their substrate specificity, ability to work at high substrate concentrations,



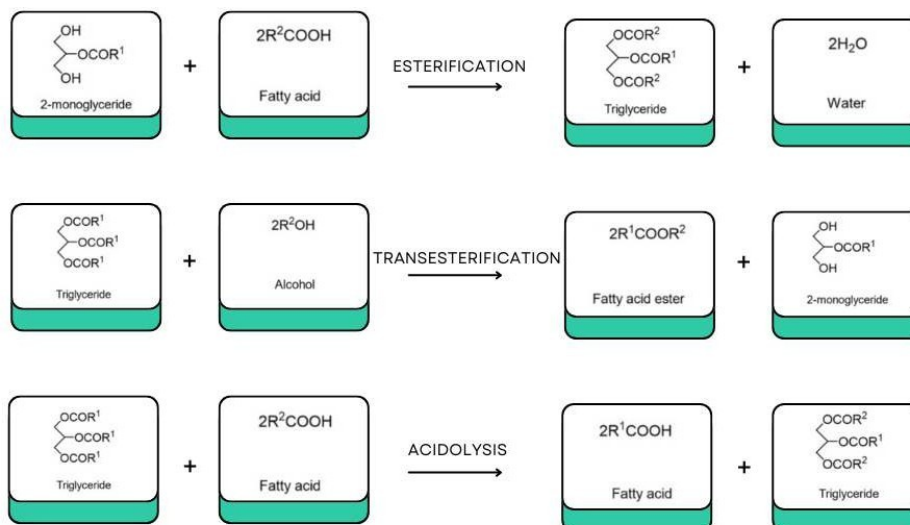
and commercial accessibility (Rodrigues *et al.*, 2019). Lipases are among the enzymes used in biotransformation processes (Yoshioka *et al.*, 2023).

Biotransformation refers to specific modifications or interconversions of the chemical structure that occur through biochemical catalysts. Due to their characteristics, such as high catalytic conversion, specificity, and ability to accelerate chemical reactions without forming impurities or unwanted substances, enzymes have been used in various industrial applications (Castro *et al.*, 2004).

Lipases are enzymes capable of hydrolyzing TGs into free FAs and glycerol and can catalyze esterification, transesterification, and acidolysis reactions (Figure 5) (Mahfoudhi *et al.*, 2022). The esterification process can be carried out between FAs and glycerol and can produce water, new FA esters, and TGs at the end of the process. The transesterification process occurs between TGs and alcohols; in this case, as the substrate alcohol, glycerol produces acylglycerides, and ethanol produces ethyl esters of FAs and partial acylglycerides. It is worth mentioning that transesterification can be combined with other techniques, such as esterification since the latter can use ethyl esters of FAs and partial acylglycerides as substrate. The acidolysis process occurs between TGs and AGs, with new TGs and AGs forming due to the partial hydrolysis of TGs that produce free hydroxyl groups (Yoshioka *et al.*, 2023).



Figure 5. Lipid modification reaction



Source: Authors.

5. Conclusion

In short, vegetable oils are renowned materials with sustainable potential and can be suitable substitutes for polymers derived from fossil sources due to their low toxicity. Furthermore, the reuse of cooking oil as an alternative and with high added value for various market options, including biofuels, soap production, cosmetics, and animal feed, plays an essential role in the search for sustainable development. The use of cooking oil offers practical alternatives to minimize the environmental impacts caused by the inadequate disposal of this waste, in addition to moderating costs in production processes. Therefore, it is essential to reuse it to produce alternative bioproducts.

Acknowledgments

The authors thank the Brazilian Funding Agencies: Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq-302484/2022-1), Coordination of the Superior Level Staff Improvement (CAPES), Federal



University of Fronteira Sul (UFFS) and Federal University of Santa Catarina (UFSC) for the financial support.



References

Alarcon, R. T., Gaglieri, C., Lamb, K. J. *et al.* A novel acrylated monomer from macaw vegetable oil that polymerizes without external photoinitiators. *J Polym Res* 28, 425 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10965-021-02787-5>
ANP- National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels. 2020.
Available at: <https://www.gov.br/anp/pt-br/?pg=9201&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=>

Araujo CDM, Andrade CC, Souza e Silva E., Dupas FA Biodiesel production from used cooking oil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol . 27, 2013, Pages 445-452, ISSN 1364-0321.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.014>

Awogbemi O., Daramy Kallon DVV, Aigbodion VS, Panda S., Advances in biotechnology applications of waste cooking oil, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, Vol.4, 2021, 100158, ISSN 2666-0164. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100158>

Azme SNK, Yusoff NSIM, Chin LY, Mohd Y., Hamid RD, Jalil MN, Zaki HM, Saleh SH, Ahmat N., Manan MAFA, Yury N., Hum NNF, Zain FALZM Recycling waste cooking oil into soap: Knowledge transfer through community service learning. *Cleaner Waste Systems*. Vol. 4, 2023, 100084, ISSN 2772-9125. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100084>

Babadi AA, Rahmati S., Fakhlai R., Barati B., Wang S., Doherty W., Ostrikov K. Emerging technologies for biodiesel production: processes, challenges, and opportunities. *Biomass and Bioenergy*. Vol.163, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106521>

Balat M., Balat H. Progress in biodiesel processing, *Applied Energy*, Vol . 87, Issue 6, 2010, Page. 1815-1835, ISSN 0306-2619.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.01.012> .

Biermann U., Bornscheuer UT, Feussner I., Meier MAR, Metzger JO, *Angew . Química Int. Ed.* 2021, 60, 20144.
<https://doi.org/10.1002/anie.202100778>

Biermann, M. *et al.* (1987). Surfactant synthesis. In: Falbe, J. (eds) *Surfactants in consumer products*. Springer, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-71545-7_3

Calvelli Germiniani H. Loreto MDS, Silva E. Public Policies for Biofuel and Social Inclusion: A Study on Brazil. IX Portuguese Congress of Sociology.



2017. Available at: <

https://associacaoportuguesasociologia.pt/ix_congresso/docs/final/COM0266.pdf >. Accessed on: October 22, 2024

Campeão, P., Sanches, A.C., & Maciel, W.R.E. (2020). International Commodities Market: an analysis of Brazil's share in the global soybean market between 2008 and 2019. *Development in Question*, 18 (51), 76–92. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.51.76-92>

Castro HF de, Mendes AA, Santos JC dos, Aguiar CL de. Modification of oils and fats by biotransformation. *Quím Nova* [Internet]. 2004Jan;27(1):146–56. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100025>

Chueluecha N., Kaewchada A., Jaree A. Biodiesel synthesis using heterogeneous catalyst in a packed-microchannel. *Energy Conversion and Management*, Vol . 141,2017, Page. 145-154, ISSN 0196-8904. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.020>

Corma A, Iborra S, Velty A. Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals. *Chem Rev*. 2007 Jun;107(6):2411-502. doi: 10.1021/cr050989d. Epub 2007 May 30. PMID: 17535020

Costa FA, Cerqueira FM, De Oliveira GR, M., Botam MCO, M. Evolution of Biodiesel in the Last 10 Years - A Literature Review. *Engineering & Technology Scientific Journal*, vol. 1, n. 1, 2024. 10.55977/etsjournal.v01i01.e024003. Available at: <https://etsjournal.org/etsj/article/view/19>. Accessed on: October 20, 2024

Costa Neto, PR, Rossi, LFS, Zagonel, GF, & Ramos, LP (2000). Production of alternative biofuel to diesel oil through transesterification of soybean oil used in frying. *Química Nova*, 23 (4), 531–537. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017>

Demirbas A. Importance of biodiesel as transportation fuel. *Energy Policy*, Vol . 35, Issue 9,2007, Pages 4661-4670, ISSN 0301-4215. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.003>
Educational, IP (2019). Biodiesel-Operating Cycle. <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1653&e vento=4>

Felix S., Araujo J., Pires AM, Sousa AC Soap production: A green prospective. *Waste Management*, Vol. 66,2017, Page. 190-195, ISSN 0956-053X. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.036>



Ferreira IJB, Alexander EMC, Saraiva J. A., Painted M..Green emerging extraction technologies to obtain high -quality vegetable oils from nuts: A review, Innovative Food Science & Emerging Technologies.Vol . 76,2022,102931, ISSN 1466-8564.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102931>

Foo WH, Koay SSN, Chia SR, Chia WY, Tang DYY, Saifuddin Nomanbhay, Kit Wayne Chew, Recent advances in the conversion of waste cooking oil into value-added products: A review, Fuel, Volume 324, Part A,2022,124539, ISSN 0016-2361,
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124539>

Franke ICM, Castro JFW Carbon and water footprint analysis of a soap bar produced in Brazil by Natura Cosmetics. Water Resources and Industry. Vol. 1-2,2013, Page 37-48, ISSN 2212-3717.
<https://doi.org/10.1016/j.wri.2013.03.003>

**Gagliardi C., Alarcon R. T., De Moura A., Bannach G.. Vegetable oils as monomeric and polymeric materials: A graphical review, Current Research in Green and Sustainable Chemistry, Vol . 5,2022,100343, ISSN 2666-0865, <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100343>

Girgis Adel Y. The utilization of discarded oil from potato chip factories in toilet soap making. Oils and Fats Res. Dept., Food Tech. Res. Institute, Agriculture Res. Center. Vol. 55. Fasc.3 (2004), 264-272.
<http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/175/175>

Gomez-Lopez A, Panchireddy S, Grignard B, Calvo I, Jerome C, Detrembleur C, Sardon H. Poly(hydroxyurethane) Adhesives and Coatings: State-of-the-Art and Future Directions. ACS Sustain Chem Eng 2021 Jul 26;9(29):9541-9562. doi: 10.1021/acssuschemeng.1c02558. Epub 2021 Jul 14. PMID: 35692866; PMCID: PMC9173693

Gonçalves, Filipa & Santos, Marta & Cernadas, Maria & Ferreira, Paula & Alves, Patrícia. (2021). Advances in the development of biobased epoxy resins: insight into more sustainable materials and future applications. International Materials Reviews. 67. 1- 31.
10.1080/09506608.2021.1915936

Thick, Alicia. DIY Artisanal Soaps: Make Your Custom, Handcrafted Soaps!. Simon and Schuster, 2016. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=DIY%20Artisanal%20Soaps&publication_year=2016&author=A.%20Grosso



Hadzich , Antonella & Ispas , Adriana & Groß , G. (2020). Effect of polyalcohols on the anticorrosive behavior of alkyd coatings prepared with drying oils. *Progress in Organic Coatings*. 145. 10.1016/j.porgcoat.2020.105671

Hartini, Sri. Fiantika, Yunda. Widharto, Yusuf. Hisjam, Muhammad. Optimal Treatment Combination for Dishwashing Liquid Soap based on Waste Cooking Oil According to The Requirement of Indonesian Quality Standards. Department of Industrial Engineering, Sebelas Maret University. 2021. <https://hdl.handle.net/2324/4480734>

Iqbal N., Sharma R., Hazra D.K., Dubey S., Kumar N., Agrawal A., Kumar J.. Successful utilization of waste cooking oil in Neem oil based fungicide formulation as an economic and eco-friendly green solvent for sustainable waste management. *Journal of Cleaner Production*, Vol . 288,2021,125631, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125631>

Joelianingsih, H. Nabetani, Y. Sagara, A. H. Tambunan, K. Abdullah, A continuous-flow bubble column reactor for biodiesel production by non-catalytic transesterification. *Fuel*, Vol . 96,2012, Page. 595-599, ISSN 0016-2361. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.01.020>

Kadhum , AAH, & Shamma , MN (2016). Modification processes of edible lipids: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57 (1), 48–58. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848834>

Kaikade, DS, Sabnis, AS Polyurethane foams from vegetable oil-based polyols: a review. *Polym. Bull.* **80**, 2239–2261 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04155-9>

Kansedo Lee K.T., Bhatia S. Cerbera odollam (sea mango) oil as a promising non- edible feedstock for biodiesel production. *Fuel*, Vol . 88, Issue 6,2009, Pages 1148-1150, ISSN 0016-2361. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.12.004>

Knothe G. What is biodiesel? In: Knothe G, Krahl J, Gerpen JV, editors. *Biodiesel Handbook* 2005. Champaign, IL: AOCS Press; 2005

Ko H., Kim MJ, Kim H. J., Kang J., Lee H.Y., Lee J.H., Bae JH, Sung BH, Sohn JH Efficient valorization of food waste oils to renewable biodiesel by *Candida antarctica* lipase B mutant that catalyzes the ester synthesis reaction in the presence of water, *Journal of Cleaner Production*, Volume 428,2023,139336, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139336>



Kuepethkaew S., Klomklao S., Phonsatta N., Panya A., Benjakul S., Kishimura H. Utilization of Nile tilapia viscera oil and lipase as a novel and potential feedstock and catalyst for sustainable biodiesel production, *Renewable Energy*, Volume 236, 2024, 121514, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121514>

Lee JH, Park CK, Jung JS, Kim SH. Synthesis of vegetable oil-based hyperbranched polyol via thiol-yne click reaction and their application in polyurethane, *Progress in Organic Coatings*, Vol. 164, 2022, 106700, ISSN 0300-9440, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106700>.

Levey M. The early history of detergent substances: A chapter in Babylonian chemistry. *Journal of Chemical Education* Volume 31, Issue 10 October 1954 Pages 503-558. <https://doi.org/10.1021/ed031p521>

Mahfoudhi A., Benmabrouk S., Fendri A., Sayari A. Fungal lipases as biocatalysts: a promising platform in diverse industrial biotechnology applications. *Biotechnology and Bioengineering*: Volume 119, Issue 12. 2022. <https://doi.org/10.1002/bit.28245>

Maotsela T., Danha G., Muzenda E. Utilization of Waste Cooking Oil and Tallow for Production of Toilet "Bath" Soap. *Procedia Manufacturing*. Vol. 35, 2019, Page 541-545, ISSN 2351-9789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.008>

Martínez J., Cruz-Martínez F., Buchaca MMS, Fernández-Baeza J., Sánchez-Barb LFa, Norte M., Castro-Osma JA, Lara-Sánchez A., *ChemPlusChem* 2021, 86, 460. <https://doi.org/10.1002/cplu.202100079>

Martini N, Shell JS. *Plant Oils as Fuels—Present State of Science and Future Development*. Berlin: Springer; 276.

More LC, Sagar DV, Naik SN Technical aspects of biodiesel production by transesterification —a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 10, Issue 3, 2006, Pages 248-268, ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002>

Norjannah B., Ong HC, Masjuki HH, Juan JC, and Chong WT. Enzymatic transesterification for biodiesel production: a comprehensive review. *RSC Advances*. N. 165, 2016. <https://doi.org/10.1039/C6RA08062F>
PJ Ramadhansyah *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 712 012040. [10.1088/1757-899X/712/1/012040](https://doi.org/10.1088/1757-899X/712/1/012040)



Rodrigues RC, Ortíz JJV, Santos JCS, Berenguer-Murcia A., Alcantara AR, Barbosa O., Ortiz C., Fernandez-Lafuenteh R. Immobilization of lipases on hydrophobic supports: immobilization mechanism, advantages, problems, and solutions. *Biotechnology Advances*. 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.04.003>

Santos, L. K; Cestari, A. Potassium Aluminate: A Synthetic and Reusable Catalyst for Use in Biodiesel Production. *Virtual Journal of Chemistry*. vol. 6. n 4. 2014. ISSN 1984-6835

Sharmeen, Jugreet B., Fawzi M. Mahomoodally, Gokhan Zengin, and Filippo Maggi. 2021. "Essential oils as natural sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals." *Molecules* 26, no. 3: 666.

<https://doi.org/10.3390/molecules26030666>

Shokrani R., Haghighi M., Mohammadpour M. Influence of ultrasound irradiation power on surface design of Dog nanoparticles over secondary carbon-templated meso designed ZSM-5 for biofuel production from vegetable oil. *Fuel*, Vol. 323, 2022, 124387, ISSN 0016-2361.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124387>

Shokri A., Daraei P., Zeresk S. Water decolorization using waste cooking oil: An optimized green emulsion liquid membrane by RSM. *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 33, 2020, 101021, ISSN 2214-7144.

<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101021>

Sun Z., Yi J., Huang Y., Feng D., Guo C. Properties of asphalt binder modified by bio-oil derived from waste cooking oil. *Construction and Building Materials*, Vol. 102, Part 1, 2016, Page 496-504, ISSN 0950-0618.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.173>

Sousa AF, Silvestre AJD Plastics from renewable sources as green and sustainable alternatives, *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, Vol. 33, 2022, 100557, ISSN 2452-2236.

<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100557>

Tremblay-Parrado, Khantutta-Kim & García Astrain, Clara & Avérous, Luc. (2021). Click chemistry for the synthesis of biobased polymers and networks derived from vegetable oils. *Green Chemistry*. 23.

10.1039/D1GC00445J

Tsai, W.-T. Mandatory recycling of used cooking oil from residential and commercial sectors in Taiwan. *Resources* 2019, 8, 38.

<https://doi.org/10.3390/resources8010038>



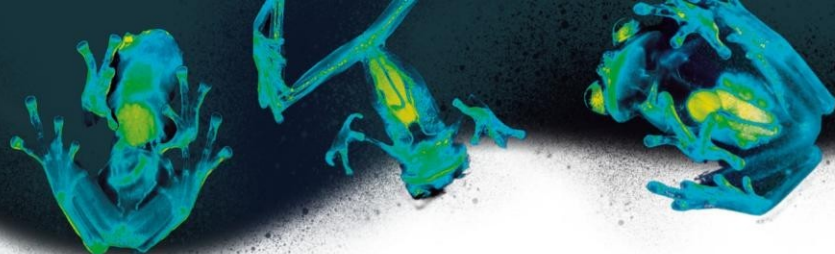
Van Ruth SM, Rozijn M., Koot A., Perez Garcia R., Van der Kamp H., Codony R. Authentication of feeding fats: Classification of animal fats, fish oils and recycled cooking oils. *Animal Feed Science and Technology*, Vol.155, Issue1,2010, Pages65-73, ISSN0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.016>

Wang C., Xue L., Xie W., You Z., Yang X. Laboratory investigation on chemical and rheological properties of bioasphalt binders incorporating waste cooking oil. *Construction and Building Materials*, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.038>

Wang . 2020. *Green Chemistry*. 22. 10.1039/D0GC02213F
Wei Z., Li X., Thushara D., Liu Y. Determination and removal of malondialdehyde and other 2-thiobarbituric acid reactive substances in waste cooking oil. *Journal of Food Engineering*,2011, Vol. 107, Issues 3-4,2011, Page. 379-384, ISSN 0260-8774. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.032>

Yoshioka T., Kuroiwa T., Wakahara K., Ozone S. Accelerated acidolysis for triglyceride modification using commercial lipases activated by a hydration – aggregation pretreatment, *Process Biochemistry*, Volume 132,2023, Pages 130-139, ISSN 1359-5113, <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2023.07.012>

Zhang H., Ozturk U. A.,Wang Q., Zhao Z..Biodiesel produced by waste cooking oil: Review of recycling modes in China, the US, and Japan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol . 38,2014, Pages 677-685, ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.042>



USO, TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE ÓLEOS RESIDUAIS DE FRITURA: UMA ABORDAGEM PRÁTICA



10.56238/edimpecto2025.025-001

Patricia Santini Zancanaro

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Larissa Capeletti Romani

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Vitoria Dassoler Longo

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Loisleini Fontoura Saldanha

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Nycollas Stefanello Vianna

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Altemir José Mossi

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Helen Treichel

Federal University of Fronteira Sul – Erechim (RS), Brazil

Correspondence author

E-mail: helentreichel@gmail.com

RESUMO

A crescente preocupação com o impacto ambiental das atividades humanas, como o descarte inadequado do óleo de cozinha, motiva a busca por soluções sustentáveis, como a produção de biodiesel e sabões. O ensino de Química pode ser enriquecido com atividades práticas que integram teoria e prática, promovendo a aprendizagem e o pensamento crítico. Os laboratórios escolares, essenciais para o desenvolvimento dessas atividades, devem seguir normas de segurança rigorosas para garantir um ambiente seguro e eficiente. Além disso, é fundamental que alunos e professores sejam treinados nas normas de segurança para evitar acidentes. A conscientização sobre essas práticas contribui para a formação acadêmica e para a preservação ambiental.

Palavras-chave: Óleo de cozinha. Normas de segurança.



1 INTRODUÇÃO

A crescente inquietação com os impactos das atividades humanas sobre os recursos naturais tem incentivado a busca por métodos eficientes de tratamento de resíduos. Entre esses resíduos, está o óleo de cozinha usado que representa uma eficiente fonte de danos ambientais. Este óleo, quando não mais adequado para frituras, é frequentemente descartado de maneira inadequada em redes de esgoto, no solo ou enviado a aterros sanitários. Para mitigar os impactos ambientais causados por esse descarte irregular, há várias tecnologias disponíveis para minimizar, como produção de biodiesel, tratamento enzimático e produção de sabões em barra. Todas estas tecnologias podem ser ensinadas aos jovens estudantes desde o ensino médio, com a adoção de, por exemplo, aulas práticas (Mulinari *et al.*, 2016). Atividades experimentais exercem uma função fundamental no ensino de Química, proporcionando inúmeros benefícios que melhoram a experiência de aprendizagem dos estudantes, sendo que um dos benefícios dessas atividades é expandir habilidades práticas e cognitivas. No decorrer dos experimentos, os alunos são instigados a praticar, observar, coletar dados e a interpretar resultados. Essas habilidades são mais proveitosas não apenas para a Química, mas também para várias áreas de nossa vivência, como a resolução de problemas cotidianos e o pensamento crítico (Neto *et al.*, 2024).

As aulas de laboratório emergem como possibilidades metodológicas mais apropriadas para reduzir a distância entre o conhecimento científico e o senso comum, de forma mais consensual e dinâmica (Krasilchik, 2005).

Dessa forma, os experimentos contribuem para tornar mais visível os conceitos abstratos de Química. Os alunos têm a oportunidade de visualizar, manusear e interagir com substâncias e reações químicas, tornando a aprendizagem mais palpável e acessível. Apresentada a relevância da adoção dessas atividades práticas para o Ensino de Química especialmente quando se discutem questões ambientais e preservação do meio ambiente, considerando a problemática do descarte incorreto do óleo de cozinha usado, propõem-se nesse material serão apresentadas três opções de uma melhor destinação do óleo usado. Os roteiros além de apresentarem uma solução e uma correta destinação destes produtos, visa sua reprodução em ambientes escolares, utilizando-se os laboratórios escolares.

Para isso segue-se em apresentar, antes dos roteiros práticos, a importância dos Laboratórios de Ciências nas Escolas, evidenciando a questão de segurança do recinto, bem como os materiais que são comumente utilizados para as atividades.

2 O LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS: ESPAÇO COM POTENCIALIDADES QUE EXIGE ATENÇÃO ÀS NORMAS DE SEGURANÇA

Em suma o laboratório de ciências pode ser visto como um ambiente de aprendizado prático que desperta a curiosidade, promove o pensamento crítico e oferece oportunidades únicas para a

investigação científica. Ele permite que alunos e pesquisadores explorem fenômenos naturais, testem hipóteses e desenvolvam habilidades essenciais para o avanço do conhecimento.

Segundo Garcia *et al.* (2018), os laboratórios escolares desempenham um papel crucial no processo de ensino-aprendizagem, pois estimulam a curiosidade científica e a autonomia dos alunos. Além disso, conforme apontam Silva e Oliveira (2020), as atividades práticas favorecem a interdisciplinaridade e o trabalho em equipe, competências essenciais para a formação acadêmica e profissional.

Contudo, as atividades realizadas nesse espaço, por sua natureza experimental, envolvem o uso de materiais químicos, biológicos e equipamentos que podem apresentar riscos à segurança. Por isso, além de ser um local rico em potencialidades pedagógicas, o laboratório exige atenção rigorosa às normas de segurança, para garantir um ambiente seguro e produtivo para todos os seus usuários. Neste texto avançamos em apresentar as funcionalidades de um laboratório, bem como exploramos a importância do laboratório como espaço de aprendizado, destacando a necessidade de práticas seguras e o papel das normas na prevenção de acidentes e na preservação da integridade física e mental dos envolvidos. Ainda, nessa seção pretende-se apresentar uma lista dos principais materiais que são utilizados nesses espaços.

2.1 QUAL A FUNCIONALIDADE DE UM LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS?

O Laboratório de Ciências é um espaço projetado para realizar experimentos, observações, investigações e análises relacionadas a diferentes áreas da ciência, como biologia, química, física, geologia e outras disciplinas. Em escolas e universidades, os laboratórios ajudam os alunos a compreender conceitos teóricos por meio da prática. A figura 1 mostra a organização padrão de uma bancada laboratorial.

Figura 1: Imagem de bancada laboratorial do Laboratório de Microbiologia – UFFS.



Fonte: Os autores.



Assim, esse local desempenha um papel fundamental na educação e na pesquisa, oferecendo um espaço prático para explorar, experimentar e compreender conceitos científicos, sendo usado para que os alunos possam aplicar a teoria na prática, testando conceitos e formulando hipóteses. Dada sua relevância para o processo de ensino e aprendizagem nos espaços formais e não formais da educação brasileira, é necessário que se atentem para as normas de segurança desses espaços, estas que são discorridas a seguir.

2.2 NORMAS DE SEGURANÇA BÁSICA NO LABORATÓRIO

É preciso destacar que o ambiente Laboratorial não é um espaço de trabalho perigoso, mas exige que todos os envolvidos nas atividades, possam agir com prudência para garantir sua segurança. A falta de atenção ou desconhecimento sobre possíveis riscos podem resultar em acidentes. Por isso, é fundamental conhecer os procedimentos de segurança antes de iniciar qualquer atividade no laboratório, garantindo assim uma atuação com o menor risco possível.

De acordo com Andrade e Santos (2019), a conscientização sobre segurança no laboratório deve ser parte integrante do ensino, envolvendo desde o planejamento das aulas práticas até o treinamento dos alunos e professores. Além disso, Souza *et al.* (2021) destacam que a aplicação de normas de biossegurança e a manutenção adequada dos equipamentos reduzem significativamente os riscos de acidentes, promovendo um ambiente mais seguro e propício à aprendizagem.

Inicialmente, o uso do laboratório exige o cumprimento de normas de segurança, como o uso de equipamentos de proteção individual (óculos, luvas, jaleco) e procedimentos para o manuseio correto de substâncias perigosas. Na figura 2, apresentamos um resumo das normas básicas de segurança em um laboratório.

Figura 2: Normas básicas para segurança nos laboratórios.



Fonte: Os autores.

As normas de segurança em laboratórios não são apenas procedimentos obrigatórios, mas um compromisso com a preservação da vida, da saúde e do ambiente. Elas garantem que atividades experimentais possam ser realizadas de forma segura e eficiente, protegendo todos os envolvidos contra riscos potenciais. O cumprimento dessas normas deve ser parte integrante da cultura de qualquer laboratório, reforçando a responsabilidade coletiva e individual. Assim, ao adotar práticas seguras, assegura-se não apenas a integridade do espaço de trabalho, mas também a continuidade do aprendizado, da pesquisa e da inovação de maneira ética e responsável. Segurança no laboratório é mais do que uma regra; é um pilar essencial para o progresso científico sustentável.

2.2.1 Símbolos de segurança em um laboratório.

Dentro dos laboratórios, existem símbolos de segurança que são ícones padronizados que indicam possíveis perigos associados a substâncias, equipamentos ou condições em um ambiente de laboratório. Esses símbolos ajudam a alertar os usuários para tomar precauções e garantir um trabalho seguro, sendo que, de acordo com Souza e Ferreira (2019), a correta interpretação desses símbolos



contribui para a conscientização dos usuários sobre os riscos presentes no ambiente laboratorial e para o cumprimento de normas de segurança. A seguir, na figura 3, apresentam-se alguns dos principais símbolos e seus significados.

As representações visuais apresentadas anteriormente, são relevantes para que o usuário do espaço atente para possíveis perigos, além de fornecerem orientações de segurança e ajudam a prevenir acidentes.

Em suma, pode-se afirmar que os símbolos de segurança são aliados indispensáveis para promover um ambiente de trabalho seguro e eficiente, protegendo não apenas as pessoas, mas também os materiais e o próprio laboratório contra danos. Sua presença e correta interpretação são essenciais para garantir o sucesso das atividades científicas de forma responsável e segura. Conhecê-los é essencial para um trabalho seguro no ambiente laboratorial, assim como, conhecer materiais e equipamentos que são utilizados nesses espaços, sendo os mesmos, apresentados a seguir.

2.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO

Os materiais e equipamentos de laboratório variam de acordo com a área científica (química, biologia, física, etc.), mas existem itens comuns e essenciais para a realização de experimentos e análises. Estes são essenciais para a realização de experimentos e atividades práticas com segurança e precisão. Eles podem ser classificados de acordo com sua função, como medir, conter, aquecer, misturar ou observar substâncias. Entre os materiais de uso comum, destacam-se os béqueres, tubos de ensaio, provetas e pipetas, que são usados para manuseio e transferência de líquidos.

Já os equipamentos incluem ferramentas como o bico de Bunsen, utilizado para aquecimento; as centrífugas, para separação de misturas; e os microscópios, para análise de amostras em escala microscópica. Além disso, há equipamentos de proteção, como luvas, óculos de segurança e jalecos, indispensáveis para a proteção do usuário como mencionado anteriormente.

Cada material ou equipamento possui características específicas que devem ser compreendidas antes do uso, garantindo a eficiência do experimento e a segurança no ambiente laboratorial. É importante destacar que o uso correto dos instrumentos disponíveis nos laboratórios é essencial para garantir a confiabilidade dos resultados e evitar erros experimentais (COSTA e RIBEIRO, 2020).

Assim, apresenta-se a Tabela 1, apresentando nome e função das vidrarias laboratoriais bem como uma imagem de cada uma.

Figura 3: Simbologia presente nos Laboratórios e seus significados.



Fonte: Os autores.

Tabela 1: Imagem com nome e função das vidrarias de laboratório.

	<i>Béquer:</i> usado para diluir, aquecer e preparar soluções, auxiliando no preparo de reações.
	<i>Proveta:</i> Também chamado de cilindro graduado, serve para medidas aproximadas de volumes de líquidos.



	<i>Pipeta graduada:</i> Utilizada para medir e transferir volumes pequenos e precisos de líquidos.
	<i>Pipeta volumétrica:</i> É usada para medir e transferir pequenos volumes de líquidos de maneira precisa.
	<i>Pipeta de Pasteur:</i> É usada constantemente como conta gotas ou para medir e transferir pequenos volumes de líquidos. Não é recomendada para medir volumes precisos.
	<i>Erlenmeyer:</i> Frasco em forma de cone é usado para misturar soluções, evitar derramamentos e realizar reações.
	<i>Tubo de ensaio:</i> Pequenos recipientes cilíndricos para reações químicas em pequena escala.
	<i>Bureta:</i> É usada para executar medições volumétricas precisas, geralmente usada em titulações.
	<i>Funil de separação:</i> usada para separar líquidos imiscíveis.
	<i>Bico de Bunsen:</i> É uma fonte de chama, usada para aquecer substâncias.
	<i>Aagitador magnético com aquecimento ou Chapa aquecedora:</i> É utilizado para aquecer soluções em recipientes planos e assessorar, para homogeneizar soluções utilizando uma barra magnética
	<i>Banho seco (bloco digestor):</i> Este equipamento não utiliza água para aquecer os recipientes com os produtos, possibilitando um aquecimento homogêneo aos recipientes.
	<i>Balança analítica:</i> É usada para medir massas com alta precisão.
	<i>pHmetro:</i> Usada para medir a acidez ou alcalinidade de soluções.



	<i>Capela de exaustão:</i> Utiliza-se para evitar a inalação de gases tóxicos durante a manipulação de substâncias químicas
	<i>Microscópio:</i> Equipamento que amplia imagens para estudar pequenos organismos ou estruturas que não são possíveis de serem visualizadas a olho nu.
	<i>Pisseta:</i> É usada para conservar líquidos nos processos de lavagem
	<i>Espectrofotômetro:</i> É utilizado na leitura de amostras a fim de analisar a quantidade de luz agregada ou conduzida pela substância.
	<i>Banho maria:</i> Usado para aquecer substâncias quando estas não podem ser levadas continuamente ao fogo.
	<i>Dessecador:</i> Utilizado no acondicionamento de substâncias que devem ter pequeno índice de umidade.
	<i>Funil analítico:</i> Utilização para transferência de líquidos entre recipientes.
	<i>Funil de Büchner:</i> É usado junto com o Kitasato para filtração a vácuo.
	<i>Kitasato:</i> Como mencionado acima, é utilizado para os processos de filtração a vácuo.
	<i>Balão de fundo redondo:</i> Usado principalmente em sistemas de evaporação rotativa e para aquecimento em manta aquecedora.
	<i>Balão de fundo chato:</i> É utilizado para conter líquidos ou soluções, ele pode ser aquecido e apoiado sob superfície plana.
	<i>Balão volumétrico:</i> Utilizado para criar soluções e estimar com precisão um volume fixo, ele não deve ser colocado em estufa de esterilização e secagem pois, em caso de aquecimento, a vidraria pode perder sua precisão.

Fonte: Adaptado pelos autores de Pereira et al., 2020.



Conhecer os materiais e equipamentos de um laboratório é essencial para garantir a realização segura, eficiente e precisa de experimentos e atividades científicas. Esse conhecimento permite que os usuários manuseiem os recursos adequados para cada procedimento, compreendam suas funcionalidades e limitações, e tomem as devidas precauções para evitar danos ao equipamento, ao ambiente e a si mesmos.

Além disso, o domínio sobre os instrumentos e materiais fomenta a confiança, a autonomia e a habilidade de solucionar problemas, fatores fundamentais para o avanço acadêmico e profissional. Assim, a familiaridade com o ambiente laboratorial não é apenas uma exigência técnica, mas também uma base indispensável para a excelência científica, o desenvolvimento da criatividade e a promoção de uma cultura de segurança e responsabilidade.

Ao conhecer as orientações básicas de segurança no Laboratório, bem como os materiais que se utilizam com suas funcionalidades, segue-se em apresentar três roteiros de atividades prática que podem ser uma solução para enfrentar o descarte incorreto do óleo de cozinha usado: inicialmente o tratamento enzimático, depois a produção de biodiesel e ainda, a produção de sabão.

Para que se tenha uma possibilidade frente à problemática do descarte irregular do óleo de fritura, pode-se ser pensado a reciclagem desse óleo residual podendo transformá-lo em biodiesel ou sabão, reduzindo seus impactos ambientais e contribuindo para a economia circular (Rodrigues *et al.*, 2021), ou ainda, realizando o tratamento enzimático deste resíduo.

Os três roteiros além de serem relevantes quando pensamos as questões ambientais que cercam o descarte incorreto do óleo de cozinha, que muitas vezes são jogados no ralo da pia, alcançando as redes de esgotos e até mananciais de águas das cidades brasileiras, podem contribuir para a obtenção de produto de maior valor agregado, além de tornar o Ensino de Ciências mais prático.

3 TRATAMENTO ENZIMÁTICO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA

A hidrólise enzimática de óleos pode ser utilizada como pré-tratamento dos referidos resíduos, com o propósito de aprimorar sua capacidade de extração e agilizar a técnica de decomposição, sendo que os produtos da hidrólise rapidamente consumidos pela membrana plasmática semipermeável dos microrganismos, sendo capazes de gerar um ambiente isento de lipídios. As lipases apontam um alto potencial para serem usadas na indústria alimentícia e farmacêutica, produção de biocombustíveis e tratamento de águas residuais contendo petróleo. No entanto, o uso destas enzimas fica limitado pelo alto custo das lipases comerciais. Neste sentido a produção de lipase por microrganismos utilizando subprodutos agroindustriais como substrato é fundamental para o barateamento dos custos do processo e apresenta o mesmo resultado da enzima comercial (Mulinari *et al.*, 2016).

O tratamento de óleo vegetal com enzimas não comercial pode aperfeiçoar a qualidade do óleo, visando a deterioração de compostos não desejados e a transformação das propriedades físico-químicas



do óleo. Elas quebram moléculas que são responsáveis por cheiros indesejáveis contidos no óleo vegetal, tornando-o sem odor, recuperando sabor e aroma para ser mais adequado para o consumo. Elas também são capazes de remover impurezas e substâncias que geram colorido fosco ao óleo, auxiliando para um produto final mais límpido e com aparência agradável (Mulinari *et al.*, 2016).

Além disso, enzimas podem ajudar na hidrólise de lipídios para a liberação de ácidos graxos e glicerol, que podem ser aproveitados em outras aplicações, como a produção de biodiesel ou outros produtos de valor agregado. As lipases quando dissolvidas em água, catalisam as ligações de ésteres dos triglicerídeos, proporcionando transformar sua forma de atuar em meio orgânico, de modo que reações de esterificação e interesterificação possam ser propagadas para obtenção de produtos de interesse industrial do setor de óleos e gorduras (Castro *et al.*, 2003).

Este processo, utilizando enzimas não comercial, pode ser mais econômico e ambientalmente amigável, evitando o uso de produtos químicos industriais. Neste sentido, utilizamos enzimas não comerciais, produzidas em laboratório para o barateamento dos custos.

3.1 PROCEDIMENTO PARA TRATAMENTO ENZIMÁTICO

O tratamento enzimático tem sido amplamente utilizado em diversas áreas da biotecnologia, incluindo a indústria de alimentos, farmacêutica e ambiental, devido à sua especificidade, eficiência e menor impacto ambiental em comparação aos processos químicos convencionais (Chaplin & Bucke, 1990). As enzimas são catalisadores biológicos que aceleram reações químicas, promovendo a conversão de substratos específicos em produtos desejados sob condições controladas.

A aplicação de enzimas no tratamento de materiais biológicos requer a padronização de um procedimento que assegure a atividade enzimática ideal, considerando fatores como temperatura, pH, tempo de reação e concentração enzimática (Bisswanger, 2014). Além disso, a escolha da enzima apropriada e a otimização das condições de reação são fundamentais para garantir a eficiência do processo e a estabilidade dos produtos finais.

O roteiro a seguir apresenta um procedimento detalhado para o tratamento enzimático, abordando desde a preparação do substrato até a finalização do processo, com base em protocolos científicos e diretrizes estabelecidas na literatura. O objetivo é fornecer um guia técnico e prático para a aplicação de enzimas em diferentes contextos laboratoriais e industriais.

3.1.1 Amostra 1

- ✚ Adicionar 10 mL de óleo residual a um frasco Erlenmeyer;
- ✚ A seguir proceder com a adição de 300 mL de água e 6 mL de uma enzima de origem não comercial.

Figura 4: Início da atividade prática, fase de separação da fração oleosa, relacionada ao tratamento enzimático referente as amostras 1 e 2.



Fonte: Os autores

Figura 5: Introdução de uma enzima de origem não comercial.



Fonte: Os autores

3.1.2 Amostra 2 – controle

- + Adicionar 10 mL de óleo usado a um Erlenmeyer;
- + Seguir com a adição de 36 mL de água.

3.1.3 Para as duas amostras

- + Retirar 10 mL das amostras 1 e 2;
- + Adicionar 10 mL de uma solução contendo acetona e etanol em cada uma.

3.1.4 Calibração do pHmetro

- ✚ Certificar-se de que o pHmetro está calibrado corretamente antes do uso;
- ✚ Lavar o eletrodo com água destilada e secar com papel absorvente.

3.1.5 Titulação

- ✚ Com o pHmetro imerso na amostra, adicionar lentamente uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) sob agitação constante.
- ✚ Continuar a adição até o pH estabilizar em 11.
- ✚ Anotar o volume de NaOH consumido para cada amostra.

Figura 6: Adição da acetona etanol a fração oleosa



Fonte: Os autores

Figuras 7 e 8: Procedimento de titulação



Fonte: Os autores

Observação: O procedimento inicial foi realizado no tempo 0 h. O mesmo protocolo foi repetido para ambas as amostras, porém estas foram submetidas a um banho termostatzado a 35°C por períodos de 2 horas e 4 horas, respectivamente.

Figura 9: Amostras durante o período de incubação em banho termostatzado a 35°C.



Fonte: Os autores

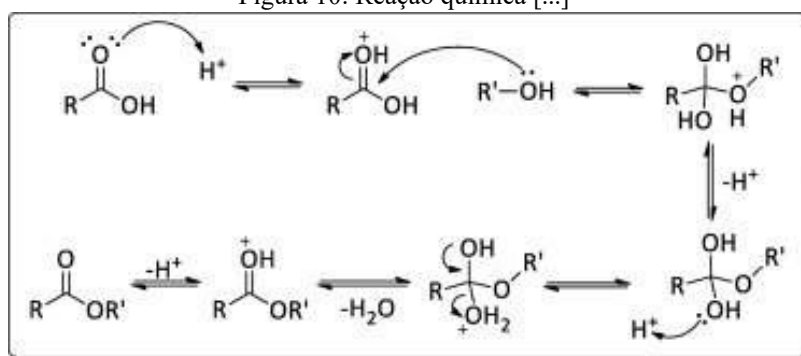
4 BIOCOMBUSTÍVEIS: UMA POSSIBILIDADE DE USO SUSTENTÁVEL DO ÓLEO RESIDUAL

Biodiesel é o nome dado a ésteres alquímicos de ácidos graxos desde que obedeçam a certos parâmetros de particularidade. Por serem derivados de fontes biológicas como plantas e animais, funcionam como combustível substituto ao diesel de petróleo, com performance muito próximo, ela não exige modificações nos motores. Uma grande quantidade de indústrias ao redor do mundo, em dias atuais, emprega processos de produção industrial do biodiesel com o uso de monóxido de sódio como catalisador, mesmo que esta técnica exija o uso de óleos neutros, com baixo teor de ácidos graxos livres e com baixo teor de água. Pois o mesmo é adquirido comercialmente em soluções de diferentes concentrações, preparado para ser utilizado, isento de água, o que amplia a sua eficiência e reduz

completamente a formação de sabões e resultados indesejáveis, diferentemente do que ocorre no caso da preparação do alcóoxido, aplicado a soda cáustica ou a potassa cáustica como catalisadores (Abdoub, 2009).

Uma das possibilidades de reutilização do óleo de cozinha é a produção de biodiesel, sendo um contraponto aos combustíveis fósseis que impactam as mudanças climáticas do planeta. Quimicamente os biodieseis são compostos obtidos através de uma reação de transesterificação, quando ácidos graxos, produzidos a partir de diferentes fontes de lipídios provenientes, por exemplo, do óleo de cozinha utilizado, reagem com um álcool na presença de um catalisador sólido gerando como produto éster e glicerina conforme a reação química apresentada na figura a seguir.

Figura 10: Reação química [...]



Fonte: Cavalcante (2015).

4.1 PROCEDIMENTO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL USANDO TRATAMENTO QUÍMICO

Conforme mencionado anteriormente, a crescente demanda por fontes de energia sustentáveis tem impulsionado pesquisas e desenvolvimentos na área de biocombustíveis. Estes são uma alternativa viável aos combustíveis fósseis, pois apresentam menor impacto ambiental e podem ser produzidos a partir de recursos renováveis, como biomassa vegetal e resíduos agroindustriais. Dentre os métodos de produção, o tratamento químico desempenha um papel fundamental na conversão de matérias-primas em biocombustíveis de alto rendimento e eficiência.

O tratamento químico na produção de biocombustíveis envolve reações específicas para a conversão de lipídios, celulose ou outros compostos orgânicos em combustíveis líquidos ou gasosos. No caso do biodiesel, por exemplo, a transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais com álcoois de cadeia curta na presença de um catalisador químico é amplamente utilizada (Demirbas, 2009). Já para a produção de bioetanol, a hidrólise ácida é um método empregado para a quebra de polissacarídeos complexos em açúcares fermentáveis (Balat et al., 2008).

A padronização dos procedimentos laboratoriais para o tratamento químico é essencial para garantir a eficiência do processo e a qualidade do produto final. Este roteiro tem como objetivo

descrever detalhadamente os procedimentos envolvidos na produção de biocombustíveis utilizando tratamento químico de óleo de cozinha usado, abordando desde a escolha da matéria-prima até a purificação do biocombustível obtido.

4.1.1 Amostra 1 - óleo com aspecto mais límpido

- ✚ Pesar 2 g de hidróxido de sódio (NaOH) em um béquer;
- ✚ Adicionar 30 mL de etanol e a agitar a mistura por 2 minutos para completa dissolução;
- ✚ Adicionar **100 mL de óleo de fritura usado** no béquer contendo a mistura e em seguida levar para o shaker;
- ✚ Agitar por 15 minutos;
- ✚ Após esse período, a amostra é retirada e acrescida de **25 mL de álcool, 5 mL de água e 1 g de cloreto de sódio (NaCl)**;
- ✚ Em seguida, **agitar a mistura manualmente por 2 minutos** e deixada em **repouso por 3 minutos**.

4.1.2 Amostra 2 - óleo com aspecto mais turvo

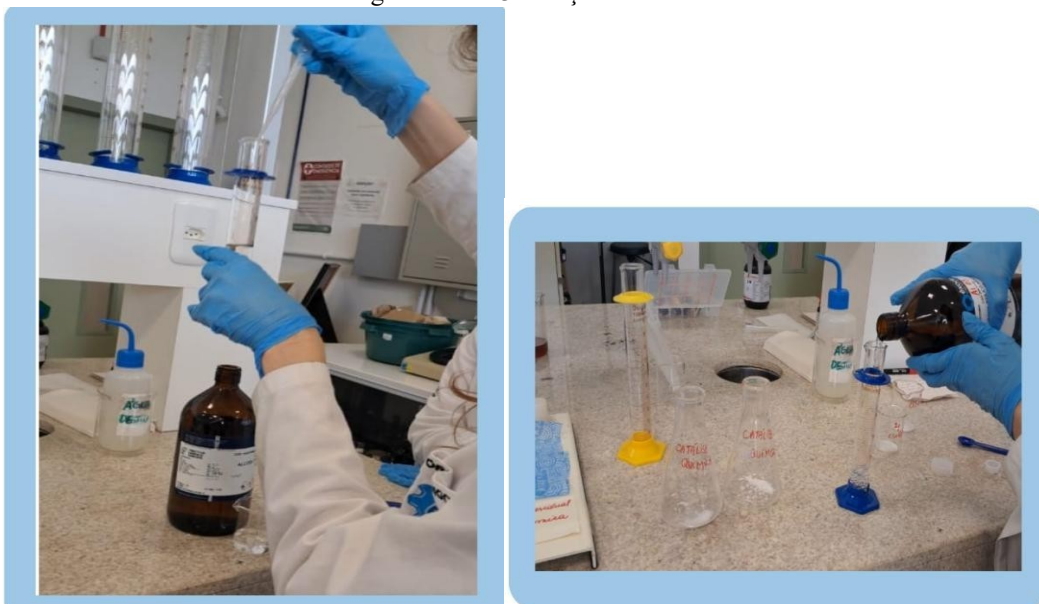
- ✚ O mesmo procedimento da amostra 1 foi repetido para a amostra 2, garantindo a padronização das condições experimentais.

Figura 11: Pesagem do **hidróxido de sódio (NaOH)** utilizando uma **balança analítica fechada**, garantindo maior **precisão** e **minimizando interferências externas**.



Fonte: Os autores

Figuras 12 e 13: Adição do etanol



Fonte: Os autores.

Figura 14: Mensuração da fração oleosa, evidenciando o processo de quantificação do volume de óleo presente na amostra



Fonte: Os autores

Figura 15: Fração oleosa já separada e devidamente organizada



Fonte: Os autores

Figura 16: Óleo no shaker para agitação e homogeneização da amostra.



Fonte: Os autores.

Figura 17: Transferência do óleo para o funil de decantação.



Fonte: Os autores

Figuras 18 e 19: Óleo no funil de decantação.



Fonte: Os autores



4.2 PROCEDIMENTO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL USANDO TRATAMENTO COM ENZIMA.

No processo de produção de biodiesel utilizando gordura animal ou vegetal, o NaOH pode atuar como catalisador para a transesterificação, um processo em que triglicerídeos do óleo reagem com álcool (geralmente metanol ou etanol) para formar ésteres (biodiesel) e glicerol. A temperatura moderada (35°C) favorece a atividade enzimática, a solubilidade e a estabilidade dos ácidos graxos livres. Já o banho térmico proporciona condições estáveis, homogêneas e essenciais para a formação, liberação e quantificação dos AGL.

Quantidades adequadas de AGL indicam que a fermentação está ativa e em boas condições, sendo os ácidos graxos livres uma importante fonte de energia para microrganismos em tratamentos biológicos. No entanto quantidades excessivamente altas de AGL podem acidificar o meio, prejudicando o equilíbrio do processo, inibindo microrganismos metanogênicos, essenciais para a produção de biogás e levar à formação de sabões durante a transesterificação, dificultando a separação dos componentes do biodiesel.

4.2.1 Amostra 1 - óleo com aspecto mais límpido

- ✚ Adicionar 30ml de álcool, 100ml de óleo de cozinha usado e 20,5ml de enzima não comercial, elevar a mesma para agitação por 15 minutos em shaker;
- ✚ Retirar do shaker, misturar 25ml de álcool etílico e 50ml de água, agitar por mais 2 minutos e deixar 3 minutos em repouso;
- ✚ Após o repouso, transferir a mistura para o funil de decantação.

4.2.2 Amostra 2 -óleo com aspecto mais turvo

- ✚ Repetir o mesmo procedimento da amostra 1, a fim de garantir a padronização das condições experimentais.

5 A PRODUÇÃO DE SABÕES: MÉTODO PRÁTICO E FÁCIL PARA RECICLAGEM DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL.

O reaproveitamento de óleo de fritura residual para a produção de sabão é uma solução viável e sustentável para o descarte inadequado deste resíduo. Esta é uma alternativa prática, pois utiliza uma matéria-prima abundante e frequentemente descartada de forma inadequada. O processo de fabricação envolve uma reação química de saponificação, na qual triglicerídeos do óleo reagem com uma base alcalina, como hidróxido de sódio (NaOH), para formar sais de ácidos graxos (sabão) e glicerol (Martins et al., 2020). Em resumo, essa é a reação de um óleo ou gordura com uma base forte, resulta na formação de sabão e glicerol (glicerina) como subprodutos. Os triglicerídeos (óleos ou gorduras)



são moléculas formadas por um glicerol ligado a três moléculas de ácidos graxos e bases forte, quebra os triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol. Os Sabões são sais de ácidos graxos formados na reação, como, por exemplo, o estearato de sódio. Já o glicerol é um subproduto útil na fabricação de cosméticos e outros produtos.

O sabão é uma substância obtida pela reação de gordura ou óleo com hidróxido de sódio, resultando um sal. Os sabões consistem em sais orgânicos, os quais são produzidos por uma terminação carboxílica polar (parte hidrofílica) e outra extremidade hidrocarbônica apolar (parte lipofílica). Neste sentido, suas moléculas permitem que o sabão se dissolva, igualmente, em substâncias polares e apolares. Esta estrutura é responsável pelos processos de limpeza e por difundir pequenos glóbulos de óleo em água (Caobianco, 2015).

O álcool é um solvente utilizado para misturar e dissolver os ingredientes. No entanto, o álcool não é necessário para a reação de saponificação, que é o processo básico de produção de sabão, o mesmo é utilizado principalmente como um aditivo que melhora algumas propriedades do sabão como antissépticas e aromáticas, pois contribui para desinfetar e dar fragrância ao sabão.

Além de minimizar os impactos ambientais, essa prática contribui para a redução de custos na fabricação de produtos de limpeza e promove a economia circular. A reciclagem do óleo residual também pode gerar benefícios sociais, ao possibilitar a realização de oficinas e projetos comunitários que incentivam a conscientização ambiental e a geração de renda (Ferreira et al., 2019).

No entanto, para garantir a qualidade do sabão produzido, é essencial filtrar o óleo para remover impurezas antes da saponificação e realizar testes para verificar o pH do produto final. O controle adequado desses parâmetros assegura que o sabão seja seguro para uso doméstico e ambientalmente benéfico (Lima e Carvalho, 2018). A seguir, apresentamos duas possibilidades e roteiros práticos para a produção de sabões.

5.1 PROCEDIMENTO PARA A PRODUÇÃO DE SABÃO EM BARRA USANDO O ÁLCOOL.

- ✚ Dissolver **1 kg de hidróxido de sódio (NaOH)** em **2,5 litros de água**, obtendo uma solução alcalina;
- ✚ Adicionar na dissolução **6 litros de gordura residual**, promovendo a homogeneização por **aproximadamente 2 minutos**;
- ✚ Posteriormente, incorporar **4 litros de álcool**, e submeter a mistura à **agitação por mais 15 minutos**;
- ✚ Após o processo, **transferir a solução para um reservatório adequado** para armazenamento.

Figura 20: Processo de produção do sabão de álcool, com as etapas envolvidas na reação de saponificação e na formação do produto final.



Fonte: Os autores.

5.1.1 Procedimento para a produção de sabão em barra usando o suco de limão

- ✚ Dissolver 1,5 kg de hidróxido de sódio (NaOH) em 3 litros de suco de limão, obtendo uma solução alcalina;
- ✚ Em seguida adicionar 9 litros de gordura residual promovendo a homogeneização por aproximadamente 15 minutos;
- ✚ Após a agitação, realizar a transferência da mistura para um reservatório adequado para posterior processamento.

Observação: Para o preparo do suco de limão, os frutos devem ser cortados ao meio e o suco extraído utilizando um espremedor manual ou elétrico. Em seguida, o líquido obtido deve ser peneirado para remover sementes e resíduos de polpa.

Figura 21: Processo de produção do sabão de limão, destacando as etapas envolvidas na reação de saponificação e na formação do produto final.



Fonte: Os autores

6 QUESTÃO AMBIENTAL

Após a Revolução Industrial, a humanidade tem registrado e analisado, através das mudanças climáticas e da insuficiência de recursos naturais não renováveis, os impactos resultantes do desenvolvimento conduzido de maneira insustentável. O crescimento econômico tem estacionado no uso insustentável de recursos naturais e na degradação do meio. A problemática ambiental representa um dos principais desafios enfrentados pela sociedade contemporânea nas últimas décadas e documentos importantes com diretrizes pautadas na sustentabilidade foram formalizados (Gonzaga, 2021).

A Agenda 21, publicada em 1995, foi construída pelos participantes da Conferência Rio/92, a Cúpula da Terra, e impulsionou um consenso mundial e um compromisso político, pautado na elaboração de planos de ação que vão ao encontro da sustentabilidade no âmbito mundial. Em 2015, foi aceita a Agenda 2030, na Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, compreendendo 169 metas e 231 indicadores globais, direcionados à erradicação da pobreza, à redução das desigualdades, ao enfrentamento das mudanças climáticas e à promoção do crescimento econômico, tudo em harmonia com as dimensões do desenvolvimento sustentável, quais sejam: econômica, social e ambiental (ONU, 2015).

Para mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte irregular do óleo de cozinha, há várias tecnologias disponíveis para contornar isso, como mencionamos anteriormente: produção de biodiesel, tratamento enzimático e produção de sabões em barra. Estas tecnologias devem ser ensinadas aos estudantes desde o ensino médio (Gonzaga, 2021).

Estima-se que 1 litro de óleo usado possa contaminar até 1 milhão de litros de água, o que compromete significativamente a qualidade desse recurso essencial para a vida (Silva *et al.*, 2020). O



óleo descartado na rede de esgoto, em solos ou corpos d'água pode causar impactos severos em ecossistemas e no funcionamento de sistemas de tratamento de água. No ambiente aquático, o óleo forma uma fina camada na superfície da água, bloqueando a troca de oxigênio e prejudicando organismos vivos, como peixes e plantas aquáticas. Além disso, o óleo pode alterar as propriedades químicas da água, dificultando sua potabilidade e o uso para fins agrícolas ou industriais (Ferreira e Almeida, 2019). Por tudo mencionado, torna-se necessário achar soluções para o descarte indevido do óleo residual, pensando especialmente, o cuidado com o meio ambiente.

Os biocombustíveis vêm sendo amplamente estudados devido ao seu potencial para substituir o uso de petróleo no setor de transportes. Conceitualmente, são definidos como compostos derivados de biomassa renovável, de origem vegetal e/ou animal, que podem ser empregados na geração de energia (CICONELLO, 2018), contrariamente aos produtos derivados do petróleo constituem uma das principais fontes das emissões de dióxido de carbono (CO_2) de origem humana na atmosfera. Atualmente, o setor de transporte no mundo todo é quase totalmente dependente de combustíveis derivados do petróleo, sendo que um quinto das emissões globais de CO_2 são criados por estes tipos de transportes, que é responsável por cerca de 60% do consumo global de petróleo. Em nível global, estimava-se que, em 2007, havia aproximadamente 806 milhões de automóveis e veículos utilitários leves circulando, porém esses números devem aumentar para 1,3 bilhão até 2030 e para mais de 2 bilhões de veículos até 2050. Esse crescimento poderá afetar o equilíbrio dos ecossistemas e do clima global, bem como as reservas globais de petróleo. Há programas de pesquisa em andamento com o objetivo de diminuir a dependência de combustíveis fósseis por meio do uso de fontes alternativas e sustentáveis de energia, prolongando, assim, o período em que os combustíveis fósseis estarão disponíveis (Balat, 2010). Como alternativas aos referidos problemas ambientais, temos a possibilidade de produção de biocombustíveis a base de óleos vegetais e animais.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar o ambiente laboratorial e as vidrarias usadas nesse espaço bem como as regras importantes de uso desses locais, além de apresentar a proposta de aulas práticas voltadas para o uso, tratamento e valorização de óleos residuais de fritura, promovendo uma abordagem educativa e sustentável para a gestão desses resíduos. A partir da realização das atividades propostas, verificou-se que a contextualização teórica aliada à experimentação prática pode contribuir significativamente para a conscientização dos participantes sobre os impactos ambientais do descarte inadequado de óleos vegetais usados. Além disso, as propostas integram a temática ambiental com as atividades laboratoriais de Química e promove a conscientização sobre a importância do descarte correto, ao mesmo tempo em que estimula o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas dos estudantes.



Os experimentos propostos demonstram a viabilidade da reutilização do óleo residual para a produção de sabão e biodiesel, evidenciando seu potencial como matéria-prima para novos produtos. Além disso, as atividades didáticas tendem a facilitar a compreensão dos conceitos químicos envolvidos, proporcionando aos alunos uma experiência mais dinâmica e aplicada ao cotidiano. A utilização de experimentos, como a produção de biodiesel, sabões ou tratamentos enzimáticos, permite aos alunos vivenciar de forma concreta os conceitos químicos discutidos em sala de aula. Isso aproxima o conhecimento científico do cotidiano dos estudantes, mostrando a aplicação real da ciência no processo de preservação ambiental e na melhoria da qualidade de vida.

A abordagem utilizada nas atividades experimentais se mostra com potencial para estimular o pensamento crítico e sustentável, incentivando a adoção de práticas mais responsáveis no descarte e reaproveitamento de resíduos oleosos. Dessa forma, este capítulo reforça a importância da inclusão de atividades experimentais no ensino de química e meio ambiente, favorecendo a construção de conhecimento prático e a formação de cidadãos mais conscientes e engajados na preservação ambiental.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação das atividades experimentais, contemplando outras formas de valorização do óleo residual, bem como a aplicação dessas aulas em diferentes níveis de ensino para avaliar seu impacto em públicos diversos.

O laboratório de ciências, como espaço de experimentação e aprendizado, surge como uma ferramenta essencial para o desenvolvimento de cidadãos críticos e conscientes sobre seu papel na preservação do meio ambiente. Assim, a importância desse material se reflete na formação de uma geração mais preparada para enfrentar os desafios ambientais, com base em soluções sustentáveis e no uso da ciência para o bem comum.



REFERÊNCIAS

- ABDOUB, Miguel J.; BRONZEL, João; CAMPIN, Márcia. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. Departamento de Química, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2009.
- ALMEIDA, A. C.; PADOVAN, I. P.; PADOVAN, P. A.; PADOVAN, P. H.; SILVA, R. M. F. Práticas laboratoriais para o ensino das ciências. Ed. Ufpe, 2016. ISBN 978-85-415-0959-6.
- ALMEIDA, É. S. R.; COUTO, L.; COQUEIRO, J. S. C.; CASTRO, E. da S. I. Fabricação de sabão artesanal: revisão bibliográfica sobre impactos ambientais causados por óleo doméstico. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/365899370>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- ANDRADE, L. A.; SANTOS, R. P. A importância da segurança no laboratório de ciências: uma abordagem educativa. Revista de Ensino em Ciências, v. 10, n. 3, p. 25-40, 2019.
- BALAT, M.; BALAT, H.; ÖZ, C. Progress in bioethanol processing. Progress in Energy and Combustion Science, v. 34, n. 5, p. 551-573, 2008.
- BALAT, Mustafá; BALAT, Havva. Progresso no processamento de biodiesel. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.01.012>. Acesso em: 16 jan. 2025.
- BISSWANGER, H. Enzyme Kinetics: Principles and Methods. Wiley-VCH, 2014.
- CALVALCANTE, P. M. M. et al. Proposta de preparação e caracterização de ésteres: um experimento de análise orgânica na graduação. Education in Chemistry. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.003>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- CAOBIANCO, Gabriel. Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2015/MIQ15012.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- CAOBIANCO, Gabriel. Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos. Ed. reimp., corr. - Lorena, 2015. 57 p.
- CHAPLIN, M. F.; BUCKE, C. Enzyme Technology. Cambridge University Press, 1990.
- CICONELLO, Wellinton. Production of biodiesel from residual chicken oil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.
- CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S.; WOTHERS, P. Organic Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2001.
- COSTA, M. L.; RIBEIRO, A. P. Equipamentos e materiais no laboratório científico: uma abordagem prática. Revista de Ensino em Ciências, v. 8, n. 3, p. 65-78, 2020.
- DEMIRBAS, A. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. Energy Conversion and Management, v. 50, n. 4, p. 923-927, 2009.



- FERREIRA, A. P.; SANTOS, L. M.; RODRIGUES, C. M. Produção sustentável de sabão artesanal utilizando óleo de cozinha residual. *Revista de Sustentabilidade e Inovação*, v. 5, n. 3, p. 45-54, 2019.
- FERREIRA, J. L.; ALMEIDA, R. A. Impactos do descarte inadequado de óleos residuais no ambiente aquático. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 12, n. 3, p. 45-56, 2019.
- GARCIA, M. A.; LOPES, R. T.; MARTINS, F. M. A importância do laboratório no ensino de ciências. *Revista Educação em Foco*, v. 5, n. 2, p. 45-60, 2018.
- GONZAGA, N. da C.; SILVA, R. N. da; ANDRADE, L. P. de. Gerenciamento de Resíduos do Óleo Lubrificante: Uma Revisão Sistemática da Literatura. REGISTRO DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v15.2812>, 2021.
- HOFFMANN, Nora Katia Saavedra del Aguila. Apostila de aula prática microbiologia. Disponível em: [file:///C:/Users/patri/Downloads/LIVRO-MANUAL-SOLUCOES_2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/patri/Downloads/LIVRO-MANUAL-SOLUCOES_2%20(1).pdf). Acesso em: 09 jan. 2025.
- KRASILCHIK, Myriam. *Prática de Ensino de Biologia*. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
- LIMA, T. R.; CARVALHO, J. G. Análise do potencial de reutilização do óleo residual para a produção de sabão caseiro. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 14, n. 2, p. 67-75, 2018.
- MARTINS, P. R.; OLIVEIRA, S. P.; SANTANA, D. R. Transformação de óleo residual em sabão: uma abordagem prática para a educação ambiental. *Educação, Ciência e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2020.
- MULINARI, J. et al. Ultrasound-assisted hydrolysis of waste cooking oil catalyzed by homemade lipases. *Ultrasonics Sonochemistry*, Elsevier, mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.10.007>. Acesso em: 16 jan. 2025.
- PEREIRA, P. T. C.; FOPPA, T.; ANSILIERO, A. A. Manual de soluções: manual para o preparo de reagentes e soluções, laboratórios de biologia, saúde, enfermagem e medicina. Caçador, SC: EdUniarp, 2020. 159 p. Registro DOI: <10.5281/zenodo.13990397>.
- RODRIGUES, A. P.; SILVA, M. F.; OLIVEIRA, C. M. Reciclagem de óleo residual como alternativa sustentável. *Revista de Sustentabilidade e Meio Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 89-101, 2021.
- SILVA, J. R.; OLIVEIRA, P. L. Práticas interdisciplinares no laboratório escolar: uma abordagem integradora no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, n. 1, p. 12-25, 2020.
- SILVA, R. R. da; MACHADO, P. F. L. Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000200004>. Acesso em: 14 jan. 2025.
- SILVA, T. R.; COSTA, A. L.; PEREIRA, J. R. Contaminação hídrica por óleos residuais: desafios e soluções. *Gestão Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 67-79, 2020.
- SOUZA, M. C.; ALMEIDA, T. R.; OLIVEIRA, F. S. Biossegurança e prevenção de acidentes em laboratórios escolares. *Ciência & Educação*, v. 27, n. 2, p. 50-65, 2021.



SOUZA, R. A.; FERREIRA, T. C. Educação e segurança em laboratórios: um estudo sobre o uso de simbologias de risco. Revista Segurança e Ciência, v. 4, n. 3, p. 25-38, 2019.

Capítulo 3 - Análise crítica, aplicação e contribuições do projeto escolar transformar para conscientizar: o uso sustentável do óleo na escola

O projeto de produção titulado sabão artesanal surgiu na escola estadual de Ensino Médio Maria Dulcina, no município de Nonoai, da necessidade de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo, contextualizado e que se preocupa com as questões ambientais. A proposta objetivou despertar nos estudantes o interesse por práticas que vão além dos limites da sala de aula tradicional, promovendo o protagonismo juvenil, o pensamento crítico e o engajamento com temas de relevância social, como o uso sustentável de recursos e o correto descarte de resíduos.

Um dos aspectos que definem bem o termo sustentabilidade é a reciclagem, visto que envolve a economia, evita desperdício e ainda envolve a questão social. A fabricação de sabão com o emprego de óleo residual torna-se uma das formas de evitar que esse material alcance os corpos hídricos, o solo e venha impactar o meio ambiente. Pensar nas questões ambientais e na preservação do meio ambiente é cada vez mais fundamental e urgente, pois vários acontecimentos como o desequilíbrio ambiental vêm afetando o planeta. Com o aumento contínuo da população é constatado o aumento da produção de alimentos para suprir a demanda de consumo, sendo assim, é notável a origem de uma maior produção de resíduos, sejam estes sólidos ou líquidos. A geração imensa destes resíduos e a proliferação destes constituem um problema mundial, afetando a saúde pública e o meio ambiente. (Silva et al, 2018)

É percebida a necessidade da criação de uma cadeia produtiva que torne eficiente o uso desse material, investigue conhecimentos sobre como ocorre a produção de sabão, os cuidados necessários a tomar, como reutilizar as gorduras, estudar transformações químicas como as reações de saponificação, função inorgânica base e os cuidados que devemos ter com produtos químicos e as possíveis consequências ao manusear estes produtos de forma incorreta. Também compreender como controlar, como funciona um empreendimento e como é o empreendedorismo, vendas e rendas.

O projeto foi estruturado em três equipes (coleta, produção e venda). A equipe da coleta de gordura foi responsável pela sensibilização da população e também da coleta do óleo que ocorre na escola, supermercados, restaurantes, em residências e lanchonetes do município. Já a equipe de produção foi responsável por toda a parte de fabricação, eles colocam realizaram a produção do sabão em barra. Não menos importante foi a equipe

de vendas que foi responsável pela venda do produto, administração de recursos e divulgação.

O projeto produção de sabão, tem como intuito dar o descarte ideal para todo o óleo usado, causando um impacto social e na educação, ao beneficiar a turma e os consumidores com a entrega de um bom resultado final, além de despertar a interdisciplinaridade ao integrar as disciplinas de industrialização e custo ambiental, química e matemática financeira. Além disso, o projeto promoveu uma ação de educação socioambiental, com a sensibilização de toda comunidade escolar que, através de atitudes simples, pode fazer a diferença.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, os óleos vegetais, especialmente o óleo de cozinha, têm potencial sustentável e podem substituir fontes fósseis, devido a sua baixa toxicidade e ampla aplicabilidade. Sua reutilização agrega valor e permite aplicações em biocombustíveis, cosméticos, sabões e alimentação animal, contribuindo para a redução de impactos ambientais e custos produtivos.

O capítulo do livro aborda o ambiente laboratorial, o uso de vidrarias e práticas educativas que aliam atividades práticas a teóricas, promovendo a conscientização sobre descarte correto. pois o seu reaproveitamento representa uma prática ambientalmente benéfica, reduz o descarte inadequado e minimiza impactos ambientais. Essa ação contribui para a sustentabilidade, a melhoria da qualidade de vida e a proteção da saúde coletiva, ao evitar a contaminação das águas e do solo. Também é importante destacar que este óleo que é tão importante remover da natureza apresenta características distintas dos óleos vegetais virgem, os mesmos podem influenciar o processo de produção e a qualidade dos bioprodutos obtidos, uma vez que podem apresentar maior acidez, impurezas e degradação térmica.

O trabalho promove a articulação entre a prática experimental e a educação ambiental, promovendo o uso pedagógico do laboratório de Ciências para desenvolver conhecimentos científicos e sustentáveis. O projeto facilita a compreensão de conceitos químicos contribuindo para a formação de cidadãos críticos e ativos no enfrentamento de problemas. Essas metodologias interdisciplinares no Ensino Médio, podem ser desenvolvidas conforme o conhecimento da turma, os recursos oferecidos pela escola e a realidade local, garantindo um melhor engajamento.

Os métodos de transformações abordados facilitam os conceitos de reações de saponificação, transesterificação e destacam que o uso do álcool e do suco de limão não é essencial, apenas melhoram a solubilidade e fluidez da mistura. Já o uso de catalisadores enzimáticos como a lipase atua como um catalisador biológico quebrando triglicerídeos, deixando o óleo mais limpo, com menos impurezas e por serem biodegradáveis não geram resíduos tóxicos, o que para o ensino proporcionaria a discussão sobre biotecnologia e química verde.

Sugere-se para trabalhos futuros realizar testes físico-químicos (pH, viscosidade, inflamabilidade, lavagem, rendimento) dos produtos obtidos e também a expansão do uso

do laboratório para outras temáticas ambientais. Ainda é recomendável avaliar o impacto pedagógico das práticas propostas por meio de instrumentos de pesquisa com os alunos, como questionários e relatos de experiências.

O uso da tecnologia na educação favorece uma aprendizagem mais contextualizada, que integra teoria, prática e cidadania. Já no aspecto socioambiental, reduz e valoriza resíduos, além de causar sensibilização ambiental do público envolvido. O trabalho mostra que procedimentos simples, aliados à ciência, geram produtos úteis, incentivam o uso de tecnologias limpas e acessíveis no contexto escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCON, R. T. et al. A novel acrylated monomer from macaw vegetable oil that polymerizes without external photoinitiators. *Journal of Polymer Research*, v. 28, p. 425, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10965-021-02787-5>.

ALMEIDA, D. S. de. Avaliação da sustentabilidade ambiental no ciclo de vida do biodiesel de óleo de soja e de fritura residual. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/ptbr/pg=9201>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ARAÚJO, C. D. M. et al. Biodiesel production from used cooking oil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 27, p. 445–452, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.014>.

ARAÚJO, M. J. T. de. Produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura: análise do potencial de produção de biodiesel no município de Pau dos Ferros - RN. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2018.

AWOGBEMI, O. et al. Advances in biotechnology applications of waste cooking oil. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100158>.

AZME, S. N. K. et al. Recycling waste cooking oil into soap: Knowledge transfer through community service learning. *Cleaner Waste Systems*, v. 4, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100084>.

BARBOSA, D. B.; LIMA, M. M. de; AZEVEDO, S. da S. Biodiesel: uma alternativa para o óleo de fritura usado. *Revista Brasileira de Energia*, v. 2, n. 2, p. 22–29, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC,

2018.

BRITO, R. C. C.; MARINHO, R. C. G. Ensino de química e educação ambiental: uma proposta interdisciplinar a partir da produção de sabão com óleo de fritura usado. *Revista Educação Ambiental em Ação*, v. 58, 2017.

CALVELLI, H.; GERMINIANI, L.; LORETO, M. D. S.; SILVA, E. Public Policies for Biofuel and Social Inclusion: A Study on Brazil. *IX Portuguese Congress of Sociology*, 2017. Disponível em: https://associacaoportuguesasociologia.pt/ix_congresso/docs/final/COM02%206%206.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

CAMPEÃO, P.; SANCHES, A. C.; MACIEL, W. R. E. International Commodities Market: an analysis of Brazil's share in the global soybean market between 2008 and 2019. *Development in Question*, v. 18, n. 51, p. 76–92, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.51.76-92>.

CASTRO, H. F. de; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C. dos; AGUIAR, C. L. de. Modification of oils and fats by biotransformation. *Química Nova*, v. 27, n. 1, p. 146–156, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100025>.

CAOBIANCO, Gabriel. Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos. Ed. reimp., corr. - Lorena, 2015. 57 p.

CHAPLIN, M. F.; BUCKE, C. Enzyme Technology. Cambridge University Press, 1990.

CHUELUECHA, N.; KAEWCHADA, A.; JAREE, A. Biodiesel synthesis using heterogeneous catalyst in a packed-microchannel. *Energy Conversion and Management*, v. 141, p. 145–154, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.020>.

CICONELLO, Wellinton. Production of biodiesel from residual chicken oil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S.; WOTHERS, P. Organic Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2001.

CORMA, A.; IBORRA, S.; VELTY, A. Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals. *Chemical Reviews*, v. 107, n. 6, p. 2411–2502, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/cr050989d>.

COSTA, F. A.; CERQUEIRA, F. M.; DE OLIVEIRA, G. R. M.; BOTAM, M. C. O. M. Evolution of Biodiesel in the Last 10 Years – A Literature Review. *Engineering & Technology Scientific Journal*, v. 1, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55977/etsjournal.v01i01.e024003>. Acesso em: 20 out. 2024.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P.

Production of alternative biofuel to diesel oil through transesterification of soybean oil used in frying. *Química Nova*, v. 23, n. 4, p. 531–537, 2000.
DOI:<https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017>.

DEMIRBAS, A. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. *Energy Conversion and Management*, v. 50, n. 4, p. 923-927, 2009.

FERREIRA, A. P.; SANTOS, L. M.; RODRIGUES, C. M. Produção sustentável de sabão artesanal utilizando óleo de cozinha residual. *Revista de Sustentabilidade e Inovação*, v. 5, n. 3, p. 45-54, 2019.

FERREIRA, J. L.; ALMEIDA, R. A. Impactos do descarte inadequado de óleos residuais no ambiente aquático. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 12, n. 3, p. 45-56, 2019.

GARCIA, M. A.; LOPES, R. T.; MARTINS, F. M. A importância do laboratório no ensino de ciências. *Revista Educação em Foco*, v. 5, n. 2, p. 45-60, 2018.

GIRGIS, A. Y.; SHAROBIM, A. A.; ZAKI, M. F. Production and characterization of soap from waste cooking oil. *Journal of Analytical and Applied Chemistry*, v. 4, n. 1, p. 1–7, 2017.

GONZAGA, N. da C.; SILVA, R. N. da; ANDRADE, L. P. de. Gerenciamento de Resíduos do Óleo Lubrificante: Uma Revisão Sistemática da Literatura. DOI:<https://doi.org/10.24857/rgsa.v15.2812>, 2021.

GUI, M. M.; LEE, K. T.; BHATIA, S. Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *Energy*, v. 33, n. 11, p. 1646–1653, 2008.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.06.002>.

HERNANDEZ, R. M. S.; PEREZ, I. O. R. Evaluación del proceso de producción de biodiésel a partir de aceite residual de cocina mediante catálisis heterogénea. *Revista Colombiana de Química*, v. 50, n. 2, p. 20–28, 2021.

HOFFMANN, Nora Katia Saavedra del Aguila. Apostila de aula prática microbiologia. Disponível em: [file:///C:/Users/patri/Downloads/LIVRO-MANUAL SOLUCOES_2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/patri/Downloads/LIVRO-MANUAL%20SOLUCOES_2%20(1).pdf). Acesso em: 09 jan.2025.

ISMAIL, M.; JUNAID, M.; AHMAD, M. Production and performance analysis of biodiesel from waste cooking oil: a review. *International Journal of Renewable Energy Research*, v. 10, n. 1, p. 117–127, 2020.

JAIN, S.; SHARMA, M. P. Prospects of biodiesel from Jatropha in India: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 2, p. 763–771, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.005>.

JUNIOR, M. C. A. et al. Produção de sabão ecológico a partir de óleo de fritura como ferramenta interdisciplinar para o ensino de química. *Revista Ensino de Ciências e Humanidades*, v. 9, n. 2, p. 15–25, 2022.

KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J. *The Biodiesel Handbook*. Champaign: AOCS Press, 2005.

LEE, R. et al. Soap production from waste cooking oil using sustainable practices. *Journal of Cleaner Production*, v. 120, p. 45–52, 2016.

LIMA, E. C.; RODRIGUES, F. N.; SANTOS, D. B. A química dos óleos e gorduras: da cozinha ao laboratório. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 1, p. 57–65, 2020.

LIMA, T. R.; CARVALHO, J. G. Análise do potencial de reutilização do óleo residual para a produção de sabão caseiro. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 14, n. 2, p. 67-75, 2018.

MACHADO, D. M. et al. Produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura: uma abordagem prática no ensino de química. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 13, n. 1, p. 1–15, 2020.

MACHADO, E. F.; MONTEIRO, L. A. Produção de sabão com óleo residual de fritura: uma proposta de ensino interdisciplinar. *Revista Ensino de Ciências e Humanidades*, v. 6, n. 2, p. 55–66, 2021.

MARTINS, P. R.; OLIVEIRA, S. P.; SANTANA, D. R. Transformação de óleo residual em sabão: uma abordagem prática para a educação ambiental. *Educação, Ciência e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 2533, 2020.

MENEZES, E. C. C.; MONTEIRO, M. R.; AMORIM, F. M. A importância da utilização do óleo de cozinha residual na produção de sabão ecológico: uma abordagem sustentável. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 13, n. 1, p. 112–118, 2018.

MENDES, A. A.; CASTRO, H. F. *Enzimas e biocatálise aplicada: fundamentos e aplicações*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2015.

MORAIS, C. A. M. et al. Produção de sabão ecológico: uma prática sustentável no ensino de química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 2, p. 41–54, 2018.

MULINARI, J. et al. Ultrasound-assisted hydrolysis of waste cooking oil catalyzed by homemade lipases. *Ultrasonics Sonochemistry*, Elsevier, mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.10.007>. Acesso em: 16 jan. 2025.

NORJANNAH B., ONG HC, MASJUKI HH, JUAN JC , AND CHONG WT . Enzymatic transesterification for biodiesel production: a comprehensive review. *RSC Advances*. N. 165, 2016. <https://doi.org/10.1039/C6RA08062F>
PJ Ramadhansyah *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. 712 012040.
[10.1088/1757-899X/712/1/012040](https://doi.org/10.1088/1757-899X/712/1/012040)

PEREIRA, P. T. C.; FOPPA, T.; ANSILIERO, A. A. Manual de soluções: manual para o preparo de reagentes e soluções, laboratórios de biologia, saúde, enfermagem e medicina. Caçador, SC: EdUniarp, 2020. 159 p. Registro [DOI: <10.5281/zenodo.13990397>](https://doi.org/10.5281/zenodo.13990397).

RAHMAN, S. A.; NABI, M. N.; RAHMAN, M. M. Biodiesel from waste cooking oil: Characteristics, properties and challenges. *Energy Reports*, v. 6, p. 447–460, 2020.

RAMOS, M. J. et al. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 1, p. 261–268, 2009.

RODRIGUES, A. P.; SILVA, M. F.; OLIVEIRA, C. M. Reciclagem de óleo residual

como alternativa sustentável. *Revista de Sustentabilidade e Meio Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 89-101, 2021.

SANTOS, A. L. S. dos; SILVA, R. C. da. Sabão ecológico: uma proposta prática para o ensino de química e educação ambiental. *Revista Educação Química em Ponto de Vista*, v. 3, n. 2, p. 49–58, 2019.

SANTOS, F. T.; DIAS, A. L. Produção de sabão a partir de óleo residual: uma proposta de ensino para a educação básica. *Revista Ensino em Perspectivas*, v. 5, n. 10, p. 1–9, 2021.

SILVA, J. R.; OLIVEIRA, P. L. Práticas interdisciplinares no laboratório escolar: uma abordagem integradora no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, n. 1, p. 12-25, 2020.

SILVA, L. T. et al. Química e sustentabilidade: produção de sabão ecológico a partir de óleo de cozinha usado. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 15, n. 1, p. 13–23, 2020.

SOUZA, R. L.; OLIVEIRA, C. S. O uso de resíduos como ferramenta de ensino de química: uma proposta sustentável. *Revista Ensino de Ciências e Matemática*, v. 8, n. 3, p. 45–58, 2017.

TREMBLAY-PARRADO, KHANTUTTA-KIM & GARCÍA ASTRAIN, CLARA & AVÉROUS, LUC. (2021). Click chemistry for the synthesis of biobased polymers and networks derived from vegetable oils. *GreenChemistry*. 23. 10.1039/D1GC00445J

TSAI, W.-T. MANDATORY recycling of used cooking oil from residential and commercial sectors in Taiwan. *Resources*, 2019,8,38.
<https://doi.org/10.3390/resources8010038>

VAN RUTH SM, ROZIYN M., KOOT A., PEREZ GARCIA R., VAN DER KAMP H. CODONY R. Authentication of feeding fats: Classification of animal fats, fish oils and recycled cooking oils. *Animal Feed Science and Technology*, Vol.155, Issue1,2010, Pages65-73, ISSN0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.09.016>

WANG C., XUE L., XIE W., YOU Z., YANG X. Laboratory investigation on chemical and rheological properties of bioasphalt binders incorporating waste cooking oil. *Construction and Building Materials*, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.038>

WANG . 2020. GREEN CHEMISTRY. 22. 10.1039/D0GC02213F Wei Z., Li X., Thushara D., Liu Y. Determination and removal of malondialdehyde and other 2thiobarbituric acid reactive substances in waste cooking oil. *Journal of Food Engineering*,2011, Vol. 107, Issues 3–4,2011, Page. 379-384, ISSN 0260-8774.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.032>

YOSHIOKA T., KUROIWA T., WAKAHARA K., Ozone S. Accelerated acidolysis for

triglyceride modification using commercial lipases activated by a hydration–aggregation pretreatment, *Process Biochemistry*, Volume 132,2023, Pages 130-139, ISSN 1359.