



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA



SARA GRACIELLE RODRIGUES SANTOS

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL E SUA REUTILIZAÇÃO PARA  
OBTENÇÃO DE SABÃO

UBERLÂNDIA

2022

SARA GRACIELLE RODRIGUES SANTOS

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL E SUA REUTILIZAÇÃO PARA  
OBTENÇÃO DE SABÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química (FEQUI) da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros.

UBERLÂNDIA

2022

SARA GRACIELLE RODRIGUES SANTOS

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÓLEO VEGETAL E SUA REUTILIZAÇÃO PARA  
OBTENÇÃO DE SABÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade de Engenharia Química (FEQUI) da  
Universidade Federal de Uberlândia como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Química.

Uberlândia, 19 de Agosto de 2022.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros – Orientadora (FEQ - UFU)

---

Profa. Dra. Thamayne Valadares de Oliveira – Docente (FEQ - UFU)

---

Amanda Carmelo Rocha – Pós-Graduanda (FEQ - UFU)

Dedico este trabalho à minha família e amigos,  
pelo estímulo, carinho e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À minha família, as palavras não podem expressar o quão grata sou a todos vocês. Em especial, aos meus pais Sizelene e Cesar, e meus irmãos Pedro e Maria, por todo apoio, amor e incentivo incondicionais durante toda minha vida e principalmente nos últimos anos. Esta conquista também é de vocês, nada disso seria possível sem vocês.

Ao Gabriel, por ser essa pessoa incrível e parceira, por me inspirar, incentivar e sempre acreditar no meu potencial. Você foi sorte grande nesta fase da minha vida, sou grata.

Às minhas colegas de quarto Ruth e Natália, pela paciência, suporte, risadas e amizade durante o últimos meses, principalmente na fase final da escrita desta pesquisa.

Aos meus amigos, por fazerem parte dessa jornada, pela força, conselhos, motivação, e pelas risadas que tornaram os momentos difíceis suportáveis e por muitas vezes agradáveis. Vocês foram essenciais para a realização deste projeto.

Aos membros do AICHe, pela amizade e múltiplas oportunidades de crescimento e experiências únicas.

À Professora Dra. Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros, pelo dedicação, paciência e conhecimento que fizeram desta experiência única. Sua assistência e envolvimento foram de grande importância em todas as etapas deste projeto.

Aos discentes e docentes do curso de graduação em Engenharia Química, pelo compartilhamento do conhecimento e experiências ao longo desses anos.

Aos Professores Dr. Marcos Antônio de Souza Barrozo e Dr. Rubens Gedraite, pelos conselhos, humanidade, profissionalismo e dedicação. À vocês minha admiração e respeito.

“Ao lado de *"E assim se concluiu que somente uma vida semelhante à vida daqueles ao nosso redor, mesclando-se a ela sem murmúrio, é vida genuína, e que uma felicidade não compartilhada não é felicidade. [...] E isso era o mais perturbador de tudo"*, ele escreveu: *"FELICIDADE SÓ É REAL QUANDO COMPARTILHADA".."*”

(JON KRAKAUER - *Into the Wild*, 2009)

## RESUMO

No Brasil, estima-se que o consumo de óleo de cozinha gera um descarte inadequado do produto de cerca de 700 milhões de litros ao ano, o que representa um grande potencial de contaminação dos recursos hídricos e impacto ao meio ambiente, além de gastos na manutenção da rede de esgoto e no tratamento de água. Devido às características dos resíduos de óleo, quando despejados em lagos e rios, impermeabilizam o solo, leitos e terrenos adjacentes, contribuindo para a formação de odores e ocorrência de enchentes. Uma estratégia para minimizar os prejuízos ambientais e aplicar a reciclagem é a produção de sabão através da reutilização do óleo de fritura residual. Com a expansão do consumo de óleos vegetais comestíveis e a geração de resíduos, esta alternativa se mostrou eficaz por ser de fácil produção e de baixo custo, além de promover conscientização da população a respeito do descarte adequado e agregar valor econômico ao resíduo. Diante do exposto, o desenvolvimento deste estudo teve por objetivo realizar uma revisão de literatura a cerca da produção de sabão tendo o óleo de fritura residual como principal matéria-prima, discutiu-se os principais impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado, além da análise da viabilidade econômica positiva da produção do mesmo. Com o desenvolvimento desse trabalho, notou-se que o sabão produzido a partir do óleo de fritura residual é um produto de recurso barato, que além de gerar benefícios ambientais e econômicos, como a diminuição de custos em tratamentos de água e esgoto, pode também contribuir para geração de renda e inclusão social, principalmente em regiões de vulnerabilidade social.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental; Reúso de óleo; Saponificação; Viabilidade econômica.

## **ABSTRACT**

*In Brazil, it is estimated that the consumption of cooking oil generates an inadequate disposal of the product of about 700 million liters per year, which represents a great potential for contamination of water resources and impact on the environment, in addition to spending on the maintenance of the sewage network and water treatment. Due to the characteristics of oil residues, when dumped in lakes and rivers, they waterproof the soil, beds and adjacent land, contributing to the formation of odors and the occurrence of floods. One strategy to minimize environmental damage and apply recycling is the production of soap through the reuse of residual frying oil. With the expansion of the consumption of edible vegetable oils and the generation of waste, this alternative proved to be effective for being easy to produce and low cost, in addition to promoting awareness of the population about proper disposal and adding economic value to the waste. In view of the above, the development of this study aimed to carry out a literature review about the production of soap with residual frying oil as the main raw material, the main environmental impacts caused by improper disposal were discussed, in addition to the analysis of the economic feasibility of producing it. With the development of this work, it was noticed that the soap produced from residual frying oil is a cheap resource product, which in addition to generating environmental and economic benefits, such as the reduction of costs in water and sewage treatments, can also contribute to income generation and social inclusion, especially in socially vulnerable regions.*

**Keywords:** *Environmental impact; Oil reuse; Saponification; Economic viability.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação de Resíduos Sólidos.....	19
Figura 2 - Esquema com as moléculas precursoras do triacilglicerol. ....	24
Figura 3 - Industrialização do grão de soja.....	26
Figura 4 - Fluxograma de coletor de óleo de fritura residual. ....	34
Figura 5 - Processo de transesterificação do biodiesel. ....	35
Figura 6- Reações de fabricação do sabão.....	36
Figura 7 - Fluxograma de produção de sabão.....	37
Figura 8 - Matriz SWOT para o óleo de fritura residual. ....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de resíduos sólidos quanto à periculosidade. ....	19
Quadro 2 - Modelos de gerenciamento de óleo residual na região sudeste do Brasil .....	21
Quadro 3 - Etapa de preparação da obtenção do óleo bruto e do farelo de soja.....	27
Quadro 4 - Etapa de extração da obtenção do óleo bruto e do farelo de soja.....	28
Quadro 5 - Equipamentos para fabricação artesanal de sabão. ....	39
Quadro 6 - Classificação de matérias-primas para fabricação de sabões.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de grãos no Brasil - Safras 2019/20 a 2021/22.....	25
Tabela 2 - Dados de processamento do grão de soja no Brasil. ....	29
Tabela 3 - Características físico-químicas da soda cáustica.....	42
Tabela 4 - Faixas de pH para sabões de acordo com a aplicação.....	43
Tabela 5 - Valores típicos do índice de saponificação de acordo com a matéria-prima. ....	44
Tabela 6 - Valores dos indicadores de viabilidade econômica para o projeto. ....	47
Tabela 7 – Valor Presente Líquido (VPL), em reais (R\$), para cada cenário analisado.....	48

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivos Gerais .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>17</b>
<b>4 DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Definição de Resíduos.....</b>	<b>18</b>
4.1.1 Tipologia de Resíduos e sua origem.....	18
4.1.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos.....	20
<b>4.2 Óleo vegetal .....</b>	<b>23</b>
4.2.1 Matéria-prima e industrialização do óleo vegetal.....	24
4.2.2 Consumo de óleo vegetal no Brasil .....	29
4.2.3 Óleo de fritura residual .....	30
<b>5 DESTINAÇÃO DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL.....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Principais impactos.....</b>	<b>31</b>
5.1.1 Prejuízos ambientais e econômicos .....	31
<b>5.2 Logística reversa do óleo residual .....</b>	<b>32</b>
5.2.1 Valorização do óleo de fritura residual.....	34
5.2.1.1 <i>Biodiesel</i> .....	34
5.2.1.2 <i>Sabão</i> .....	35
<b>6 CARACTERIZAÇÃO DO SABÃO PRODUZIDO A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL.....</b>	<b>37</b>
<b>6.1 Etapas do processo de produção .....</b>	<b>37</b>
<b>6.2 Principais fatores que influenciam na obtenção do sabão .....</b>	<b>38</b>
6.2.1 Tratamento necessário dos óleos residuais para maior produtividade.....	38
6.2.2 Equipamentos para recebimento, tratamento e estocagem do produto final .....	39
6.2.3 Qualidade das matérias-primas para melhor rentabilidade da produção .....	40
6.2.4 Testes de qualidade do sabão obtido .....	43
6.2.4.1 <i>Índice de pH</i> .....	43

6.2.4.2	<i>Índice de saponificação</i> .....	43
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE DO SABÃO PRODUZIDO A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL</b> .....	<b>45</b>
7.1	Benefícios do uso do óleo residual .....	45
7.2	Viabilidade Econômica.....	46
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a *Oil World* (2020), o Brasil produz cerca de 9 bilhões de litros de óleos vegetais por ano, dos quais 1/3 corresponde aos óleos comestíveis. De acordo com a entidade, o consumo per capita gira em torno de 20 litros/ano, o que significa dizer que são consumidos 3 bilhões de litros de óleo por ano no país. Levando em consideração que o montante coletado é de apenas 1% do total produzido, aproximadamente 200 milhões de litros óleos usados por mês vai para os rios e lagos, comprometendo o meio ambiente de hoje e do futuro. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece em sua resolução limites de lançamento de óleos vegetais e gorduras animais em corpos hídricos, os quais recebem esgoto de até 50 miligramas por litro (mg/L), sendo que apenas 0,05 de óleo de cozinha são suficientes para poluir 25 mil litros de água (FRANÇA, 2019).

Óleos são neutros, de natureza apolar, e são concomitantemente hidrofóbicos e lipofílicos. Os componentes mais expressivos dos óleos e gorduras são triglicerídeos e suas propriedades físicas dependem da estrutura e distribuição de ácidos graxos presentes. Além dos triglicerídeos, os óleos contém outros vários componentes em menor proporção, como mono e diglicerídeos, importantes emulsionantes; tocoferol, importante antioxidante; proteínas, esteróis e vitaminas. (REDA; CARNEIRO, 2007). Devido a essas características, óleos e gorduras, quando em excesso podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, ocasionando a eutrofização da água, causada pela barreira que estes criam, dificultando a entrada de luz e oxigenação da água, comprometendo assim a base da cadeia alimentar aquática (BORTULUZZI, 2011).

O descarte inadequado do óleo de cozinha residual é gerado principalmente devido à falta de informação a respeito da importância da reciclagem, logo a população acaba lançando os resíduos em locais inadequados como ralos e pias, causando impactos negativos ao meio ambiente e à população em si. A reciclagem proporciona a redução dos gastos com tratamento de água e elimina prováveis problemas ambientais resultantes da emissão de produtos químicos necessários para o tratamento (FARIA et al., 2020). Nesse contexto, torna-se necessário promover a conscientização para que assim a população possa dar o destino adequado para este tipo de resíduo.

De acordo com Lopes (2009), o óleo de cozinha quando jogado diretamente na pia pode causar sérios prejuízos ao meio ambiente, se o produto for descartado nas redes de esgoto poderá encarecer o tratamento biológico (aeróbio/anaeróbio) nas ETE's (Estações de

Tratamento de Efluentes) em até 45% e o que permanece nos rios poderá provocar a impermeabilização do solo, contribuindo para a ocorrência de enchentes.

Com a perspectiva de reduzir o impacto ambiental pela expansão do consumo e consequente geração de resíduos sólidos, além de se desenvolver como atividade econômica, surgem canais reversos (PITTA JR. et al., 2009). Essas atividades reduzem a utilização de matérias-primas virgens por meio de reaproveitamento e reprocessamento de materiais obtidos a partir da pós venda.

No Brasil, estudos de sustentabilidade de utilização de fontes alternativas para geração industrial de energia priorizam o uso de resíduos oleosos para produção de biodiesel (OLIVEIRA et al., 2014). Contudo, há outras alternativas como fonte de minimização de descarte inadequado do óleo residual de cozinha, como a produção de sabão.

A reutilização do óleo de cozinha para produção de sabão se mostra como uma alternativa de grande relevância, de forma a evitar que o material alcance recursos hídricos e o solo de forma prejudicial, reduzindo, assim, os impactos e a quantidade de resíduos no meio ambiente. O sabão produzido é um subproduto biodegradável, de fácil produção e de baixo custo, que pode gerar significativa economia no tratamento de efluentes e no consumo de produtos de limpeza industrializados, sendo uma forma de agregar valor econômico, promover inclusão social e bom senso ecológico (BORTULUZZI, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a produção de sabão a partir da reutilização do óleo de fritura residual, como forma de apresentar uma alternativa sustentável para o descarte adequado do resíduo, bem como analisar a viabilidade econômica da fabricação do produto.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Em virtude do que foi apresentado, o objetivo do presente trabalho de conclusão de curso foi realizar uma revisão de literatura sobre a produção de sabão artesanal a partir do reuso do óleo de fritura residual como forma potencial ganho ambiental e social para a sociedade.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar os principais impactos ambientais causados pela destinação inadequada do óleo de fritura residual;
- Apresentar uma revisão de literatura sobre o óleo de fritura residual como matéria-prima para produção de sabão;
- Discutir sobre as etapas do processo de produção e os principais fatores que influenciam na obtenção do sabão feito a partir do óleo de fritura residual;
- Mostrar análises de viabilidade econômica da produção de sabão a partir do óleo de fritura residual;

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura sobre Produção de sabão a partir da reutilização do óleo de cozinha, tendo como critério a seleção de artigos científicos, capítulos de livros e sites. Seguida por uma leitura e realização de resumos sobre os materiais encontrados e, por fim, foi feito um banco de dados que, posteriormente, redigiu o texto de revisão. As plataformas de busca utilizadas foram: o ScienceDirect<sup>1</sup> e o GoogleAcademic<sup>2</sup>. As palavras utilizadas na busca foram: “saponificação”, “descarte inadequado de óleo vegetal” e “*oil reuse*”.

---

<sup>1</sup> <https://www.sciencedirect.com/>

<sup>2</sup> <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

## **4 DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS**

### **4.1 Definição de Resíduos**

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2022), resíduos são as partes que sobram de processo das atividades humanas e animais, e de processos produtivos advindos de matéria orgânica, do lixo doméstico, dos efluentes industriais e dos gases liberados em processos industriais ou por motores.

O aumento significativo da geração de resíduos, nos seus diferentes estados (sólidos, líquidos e gasosos) e os indesejáveis efeitos no meio ambiente tem elevado o custo de tratamento desses elementos. Sendo assim, reduzir, reutilizar e reciclar são condições essenciais para garantir processos mais econômicos e ambientalmente sustentáveis (SEBRAE, 2022).

#### **4.1.1 Tipologia de Resíduos e sua origem**

De acordo com LEI N° 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), há vários tipos de resíduos subdivididos quanto à sua natureza. Dentre eles, no Art 3º, inciso XVI, destaca-se a seguinte definição para resíduos sólidos

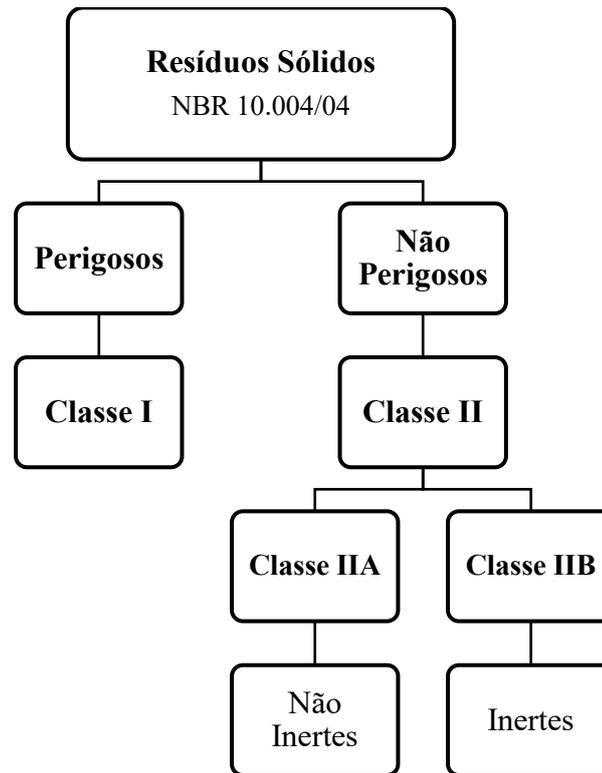
XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Em outras palavras, resíduos são materiais resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de carrição, como por exemplo, o óleo de fritura residual (OFR) (BRASIL, 2010).

Ainda segundo a NBR 10.004/04, emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT),

A classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou a atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características, assim como a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. Diante disso, a identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem .

Na Figura 1 é apresentada a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004/04, e na Quadro 1 é possível ter um resumo dos principais pontos dessa classificação.

**Figura 1 - Classificação de Resíduos Sólidos**

Fonte: Adaptação de NBR 10.004/04.

**Quadro 1 - Classificação de resíduos sólidos quanto à periculosidade.**

Categoria		Característica
<b>Classe I</b>	<b>Perigosos</b>	Apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
<b>Classe IIA</b>	<b>Não-inertes</b>	Pode ter propriedade como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém, não se enquadram como resíduo classe I ou IIB.
<b>Classe IIB</b>	<b>Inertes</b>	São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização segundo a norma NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem nº8 (Anexo H da NBR 10.004), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

Fonte: NBR 10.004/04.

#### 4.1.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos

Segundo a PNRS, instituída pela Lei 12.305/2010, no Art.3º, incisos XI e XII, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos são definidas como sendo:

XI - Gestão de resíduos sólidos: o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

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

De acordo com Faria e Serra (2020), a gestão e gerenciamento de resíduos, e projetos de intervenção que visam a coleta e a reciclagem desses resíduos são indispensáveis para proporcionar a saúde ambiental e social de toda uma comunidade. Diante disso, a PNRS em seu Art. 18 preconiza que

A elaboração de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é condição para que os municípios tenham acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Portanto, cabe ao poder público e suas diretrizes, a responsabilidade sobre ações de aplicabilidade e educação ambiental da população sobre projetos de melhoria e desenvolvimento de sistemas de destinação correta de resíduos sólidos. Na região sudeste do Brasil ainda são poucas as iniciativas públicas e privadas de gerenciamento do OFR como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Modelos de gerenciamento de óleo residual na região sudeste do Brasil

Modelos de gerenciamento de óleo de fritura residual no Sudeste Brasileiro		Referências
<b>Rio de Janeiro</b>	<i>PROVE - Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Estado do Rio de Janeiro, é uma iniciativa com a finalidade de estimular a destinação final adequada de óleo de gorduras residuais gerados por estabelecimentos e consumidores em todo o estado do Rio de Janeiro. O programa foi lançado à partir da parceria entre a Secretária de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), e oferece aos catadores apoio logístico para realização da coleta, com frota de veículos e motorista, além de outras ações.</i>	RIO DE JANEIRO, (2021); SILVA, (2018); INEA, RJ (2021);
<b>São Paulo</b>	<i>PROL – Programa de Reciclagem do óleo de fritura desenvolvido pela SABESP (Companhia de saneamento básico de São Paulo): O grupo conta com parcerias com ONG's, empresas, Associações e Cooperativas de Catadores. Funciona por meio de pontos de entrega voluntária (supermercados e redes parceiras como o Pão de Açúcar), condomínios, dentre outros. A população do município recebe um funil para facilitar o depósito do resíduo na garrafa PET e quando esta alcança sua capacidade máxima, pode ser entregue em algum dos ecopontos. A destinação é para as Associações e Cooperativas de Catadores interessadas e parceiros, fabricantes de biodiesel, sabão, tintas a óleo, massa de vidraceiro, entre outros.</i>	SABESP (2022);
<b>Minas Gerais</b>	<i>RECÓLEO (Belo Horizonte) – Funciona com a distribuição de vasilhames de plástico (30 ou 50 litros) para os cidadãos cadastrados no programa armazenarem o óleo fritura residual, onde através de visitas com rotas pré-determinadas, o veículo da empresa passa recolhendo os vasilhames cheios e deixando outros vazios e limpos. Dependendo do volume coletado, os estabelecimentos conveniados se beneficiam em permuta por produtos de limpeza. Em caso de grandes volumes de óleo (&gt; 1000 litros), outras medidas de permuta são analisadas. O resíduo então passa pelo beneficiamento em empresas recicladoras que destina o resíduo sólido oriundo do tratamento para compostagem e o óleo tratado para empresas fabricantes de biodiesel ou outras aplicações industriais.</i>  <i>Uberlândia:</i> ➤ Programa de Coleta Seletiva: O programa iniciou-se na cidade em janeiro de 2011 com o objetivo de incentivar a formação de Associações e Cooperativas de Catadores, além de conscientizar a população a importância de reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos sólidos. Os serviços de coleta na cidade atendem 31 bairros, em dias específicos, de acordo com uma tabela de programação, disponível no site da prefeitura. A população é orientada a separar e	RECOLEO (2021); DMAE – Prefeitura de Uberlândia (2022); SEEDS OIL (2022);

	<p>colocar os materiais recicláveis a partir de 8 horas da manhã (coleta diurna) e 17 horas (coleta noturna) em frente sua residência ou comércio. Além disso, no site da prefeitura é possível também encontrar dicas de como separar os resíduos para coleta seletiva, inclusive do óleo de cozinha que deve ser reservado em garrafas PET ou qualquer outro litro plástico, bem vedado e entregue em pontos de coleta, além do caminhão da coleta seletiva.</p> <p>➤ Seeds Oil - Logística Reversa/ Projeto Reciclar (Recoleo Uberlândia): a empresa aceita doações e também realiza a coleta do óleo de cozinha usado. Para doar, é necessário armazenar o óleo em garrafas pet de 2 litros, e quando for obtido 3 garrafas cheias, entrar em contato com a empresa para solicitar a retirada. O óleo após passar pela reciclagem, receberá a destinação correta, comumente como matéria-prima para fabricação de biodiesel.</p>	
<b>Espírito Santo</b>	<p>PERS-ES: Plano Estadual de Resíduos Sólidos abrange todo o território capixaba há 20 anos, com o objetivo de realizar a redução, reciclagem, tratamento e não geração de resíduos sólidos, bem como dar a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, dentre outras ações. A coleta de óleo de cozinha é realizada como coleta especial e diferenciada devido aos impactos ambientais relacionados, e cabe aos municípios estabelecerem as ações de coleta de porta em porta ou em locais pré-determinados.</p> <p>ECOLEO – Empresa especializada na coleta e reciclagem de óleo vegetal, atende todo o estado do Espírito Santo através do Disk Coleta.</p>	<p>SEDURB – ES, (2022); ECOLEO (2021);</p>

Fonte: Autora, 2022.

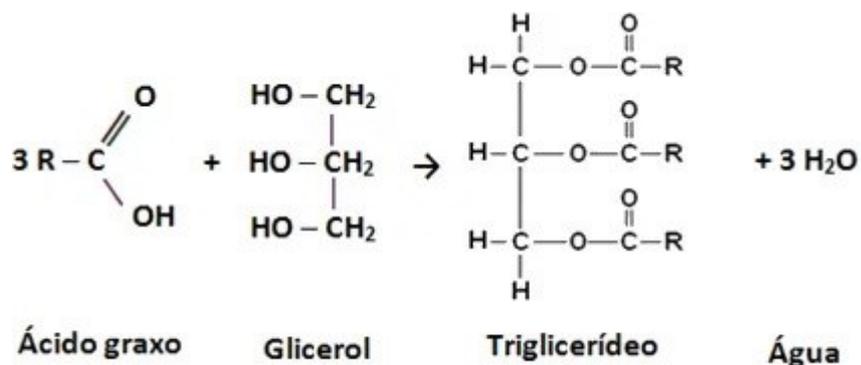
Como observado no Quadro 2, a maioria das iniciativas de gerenciamento do óleo de fritura residual na região sudeste do Brasil prevêem a utilização de pontos de entrega voluntária e coleta seletiva como forma de incentivar a coleta e destinação ambientalmente adequada para o resíduo, bem como apresentar alternativas de reutilização para produção de sabão e biodiesel, contribuindo para o sistema hídrico e econômico do país.

## 4.2 Óleo vegetal

O óleo vegetal usado para o preparo de alimentos de consumo humano e animal, principalmente em frituras, possui grande potencial como matéria-prima para produção de biodiesel, tintas, vernizes, massa de vidraceiro, energia elétrica e, dentre outros, a produção de sabão (SUAREZ; MELLO, 2011). Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (ABIOVE), foram produzidos em 2021 cerca de 9 bilhões de litros de óleo vegetal no Brasil, dos quais mais de 1/3 são óleos comestíveis, 25% pode tornar-se resíduo e posteriormente ser passível de ser recolhido. Entretanto, cerca de 1 bilhão de litros de óleo vegetal comestível residual é descartado em ralos e pias a cada ano no país (ROCHA, 2021)

Encontrado em cozinhas domésticas e industriais, assim como em restaurantes e diversos outros estabelecimentos, o óleo vegetal é definido como uma gordura natural extraída das plantas como milho, feijão, soja, olivas e amendoins. A sua composição majoritária é proveniente de triglicérides com ácidos graxos insaturados, que são constituídos por três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol (CARVALHO, 2017). Advindos disso, os óleos possuem características de neutralidade, natureza apolar, e são concomitantemente hidrofóbicos e lipofílicos, por não interagirem com a água e por serem solúveis em outros tipos de lipídios, respectivamente (SOUSA et al., 2018). Na Figura 2 é mostrado o esquema reacional de uma molécula de triglicerol.

Figura 2 - Esquema com as moléculas precursoras do triacilglicerol.



Fonte: CARVALHO, 2017.

Logo, devido às suas características, o OFR se apresenta como um agente poluidor de grande importância quando descartado de maneira ambientalmente inadequada, necessitando assim de alternativas que possibilitem sua reciclagem, a fim de poder ser utilizado como matéria-prima para geração de subprodutos, como os comentados anteriormente.

#### 4.2.1 Matéria-prima e industrialização do óleo vegetal

Dentre as principais matérias-primas existentes para produção de óleo vegetal, no Brasil a soja é a mais relevante, sendo o seu grão transformado em dois produtos básicos, o farelo de soja (cerca de 80%) e óleo de soja (próximo a 20%). Atualmente no mundo, o farelo de soja é o insumo mais relevante para alimentação de animais destinados à produção de carne para alimentação humana, como de suínos, bovinos, frangos, peixes e demais animais, por conter elevado nível de proteína e qualidade (CORECON, 2021).

Além da soja, o óleo vegetal pode ser produzido a partir de outras matérias-primas como algodão, amendoim, canola, girassol e milho. Na Tabela 1, são apresentados dados da produção desses grãos no Brasil nas safras de 2019/20 a 2021/22, segundo dados fornecido pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

Tabela 1 - Produção de grãos no Brasil - Safras 2019/20 a 2021/22.

<b>Brasil</b>			
<b>Série Histórica de Produção</b>			
<b>Safras 2019/20 a 2021/22</b>			
<b>Em mil toneladas</b>			
<b>Produto</b>	<b>2019/20</b>	<b>2020/21</b>	<b>2021/22 Previsão (*)</b>
Algodão - caroço	4.371,30	3.439,00	4.057,80
Amendoim	557,50	596,90	746,80
Canola	32,20	54,70	61,80
Girassol	74,90	36,20	57,10
Milho	102.586,40	87.096,80	115.662,70
Soja	124.844,80	138.153,00	124.047,80

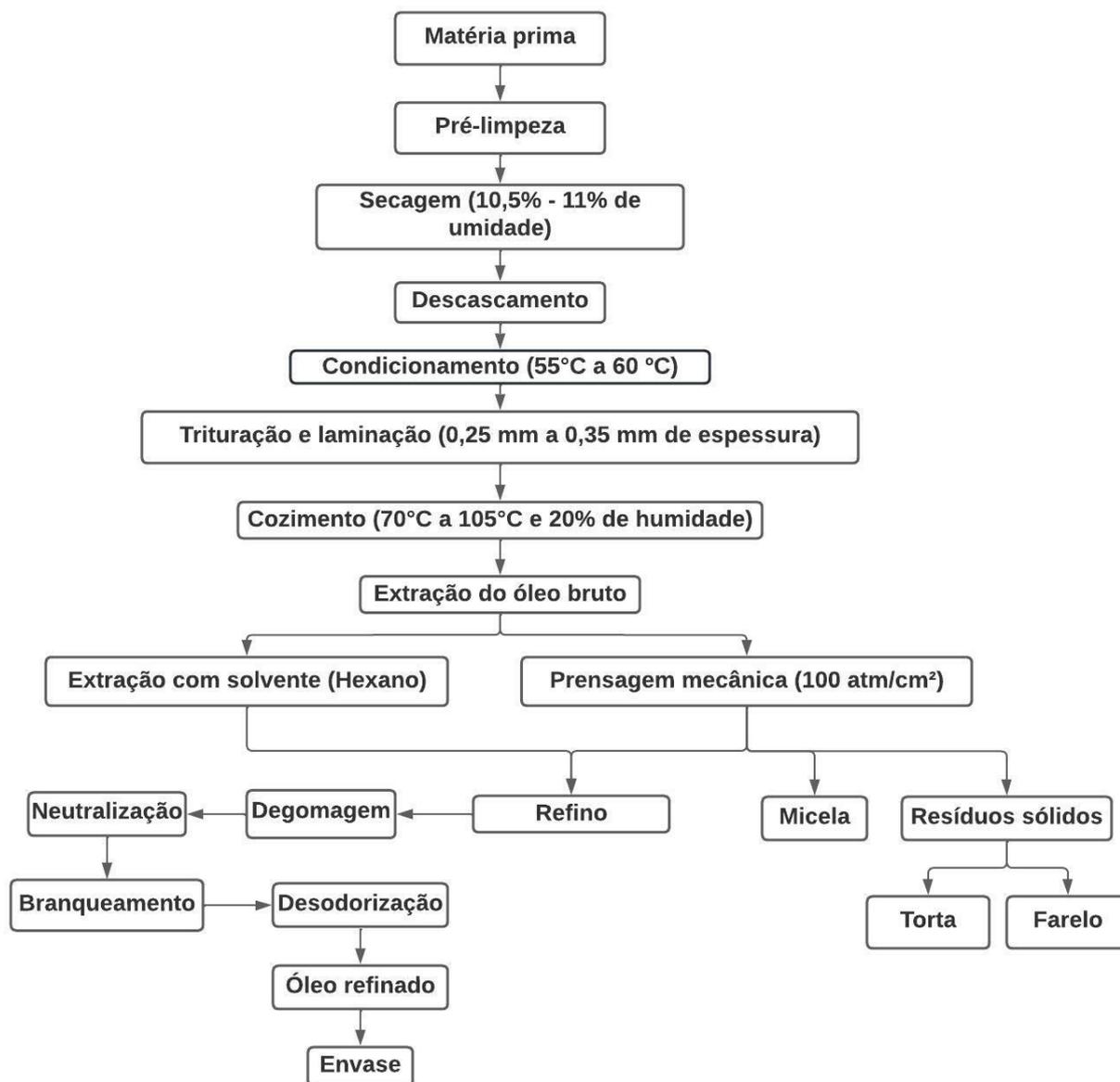
Legenda: (\*) Estimativa em julho/2022. Fonte: CONAB, 2022 (Adaptação).

Nos anos observados, os dados indicam pequeno crescimento na produção de alguns dos cereais originadores de óleos vegetais. Entre as safras de 2019/20 e 2020/21, a produção de algodão, girassol e milho apresentou redução em aproximadamente, 21%, 52% e 15%, respectivamente. Em contrapartida, houve um aumento na produção de amendoim, canola e soja em aproximadamente, 6,6%, 41% e 9,6%, respectivamente (CONAB, 2022).

Ao se comparar as produções desses grãos, é possível denotar que a soja, principal oleaginosa, é, de fato, o cereal de maior produção da agropecuária brasileira. Utilizando área de 39,2 milhões de hectares na safra de 2020/21 e gerando produção de 138,15 milhões de toneladas, com rendimento de 3.529 kg/ha, ou seja, de 58,82 sc/ha, supera a produtividade de todos os demais países produtores, sendo o segundo os Estados Unidos com 53 sc/ha (BRASIL, 2022; ABIOVE, 2022).

O processamento e industrialização do grão de soja para produção de óleo vegetal, divide-se em etapas conforme é mostrado no esquema da Figura 3.

Figura 3 - Industrialização do grão de soja



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2015).

De maneira geral, o processo de industrialização da soja divide-se em duas etapas principais: a produção de óleo bruto, tendo como resíduo o farelo, e o refino do óleo bruto produzido, conforme pode ser visto na Figura 3. A etapa de obtenção do óleo bruto e do farelo (protéico) ocorre em outras três etapas: a) Armazenagem dos grãos; b) Preparação dos grãos; e, c) Extração do óleo bruto (EMBRAPA, 2015). Um resumo destas principais etapas do processo, é apresentado no Quadro 3 e Quadro 4.

Quadro 3 - Etapa de preparação da obtenção do óleo bruto e do farelo de soja.

	<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
	Armazenagem	Consiste em condições adequadas de armazenagem dos grãos a fim de evitar problemas tais como: aquecimento da semente (carbonização); aumento de acidez; escurecimento do óleo contido na semente; e, alterações sensoriais; influenciando desta forma, no rendimento e na qualidade do produto final.
<b>Preparação</b>	Pré-limpeza	Processo ao qual a matéria-prima é submetida à uma eliminação da sujidade mais grossa antes do armazenamento na indústria, ou seja, retirada das impurezas, frequentemente, misturadas aos grãos. Pode ser realizada por máquinas especiais, dotadas de peneiras vibratórias ou de outro dispositivo.
	Secagem	Após a pré-limpeza, a matéria-prima é submetida a etapa de secagem, até atingir um nível de 10,5 % a 11% de umidade, teor inferior aquele apropriado para armazenamento, para evitar que o grão seja amassado ou pulverizado durante a moagem, que deve resultar na quebra dos grãos em quatro a oito pedaços.
	Descascamento	Os grãos são limpos, separando-se os cotilédones (polpas) dos tegumentos (cascas), sem sofrer compressão durante o processo para evitar que parte do óleo seja perdida. Os descascadores são máquinas relativamente simples, onde as cascas são quebradas por batedores ou facas giratórias e são separadas dos cotilédones por peneiras vibratórias e insuflação de ar.
	Condicionamento	Após o descascamento, os cotilédones (agora separados em duas metades) sofrem um aquecimento entre 55°C e 60°C.
	Trituração e laminação	Processo que diminui a distância entre o centro do grão e sua superfície e, assim, a área de saída do óleo é aumentada. É realizado por meio de rolos de aço inoxidável horizontais ou oblíquos, onde os grãos triturados são transformados em lâminas ou flocos, que seguem para o extrator.
	Cozimento	Visa o rompimento das paredes celulares para facilitar a saída do óleo. Ocorre em equipamentos denominados "cozedores", constituídos de quatro ou cinco bandejas sobrepostas, aquecidas a vapor. Nesse processo, a temperatura e a umidade dos flocos são elevadas de 70°C a 105°C e 20%, respectivamente.

Fonte: Embrapa, 2005/2015 (Adaptação).

Quadro 4 - Etapa de extração da obtenção do óleo bruto e do farelo de soja.

	<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
<b>Extração do óleo bruto</b>	Extração com solvente (refino)	<p>Nesse processo, o óleo é obtido por meio de extração com solvente químico orgânico, geralmente o hexano, com ponto de ebulição próximo de 70°C. Remete também ao processo de refinação do óleo bruto, definido pelo seguinte conjunto de processos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Degomagem: tem por finalidade remover do óleo bruto, as proteínas, as substâncias coloidais e os fosfatídeos, dentre eles a lecitina, que possui valor comercial.</li> <li>- Neutralização: Ocorre com a adição de solução aquosa de alcális, tais como hidróxido de sódio ou, às vezes, carbonato de sódio, para eliminar do óleo de soja degomado os ácidos graxos livres e outros componentes definidos como "impurezas".</li> <li>- Branqueamento: tem como objetivo principal a remoção de pigmentos, utilizando terra clarificantes, ativadas ou naturais, misturadas, às vezes, com carvão ativado.</li> <li>- Desodorização: é a última etapa da refinação do óleo vegetal, e visa a remoção dos sabores e odores indesejáveis.</li> </ul>
	Prensagem mecânica	<p>É realizada em prensas contínuas, onde ocorre a remoção parcial do óleo, seguida pela extração com o solvente orgânico, constituindo o chamado "processo misto". Resulta na formação de micela e resíduos sólidos, torta e farelo. A micela passa um processo de filtração ao sair do extrator para remover os finos, depois é transferida para um destilador contínuo onde o óleo bruto é separado do solvente por aquecimento à vácuo, à temperatura de 70° a 90°C; e o farelo de soja passa por um processamento térmico para inativar os fatores antinutricionais, como os inibidores de tripsina, as lectinas ou fitohemaglutininas, bem como as substâncias que causam sabor indesejável.</p>

Fonte: Adaptação de EMBRAPA (2005) e EMBRAPA (2015).

#### 4.2.2 Consumo de óleo vegetal no Brasil

Apesar do grão de soja conter uma porcentagem final de óleo menor que outros grãos como de girassol e granola, seu tempo de cultivo, produção e distribuição é mais rentável e acessível, sendo o óleo de soja o mais utilizado mundialmente para alimentação (IPEA, 2021).

No país, o consumo per capita de óleo de soja é de 20 litros/ano, sendo muito utilizado para produção de alimentos como em frituras, tempero para saladas, margarinas, gorduras vegetais, pastas para sanduíches e maioneses (ECOLEO, 2018). Além disso, também é utilizado na fabricação de antibióticos, produtos farmacêuticos, desinfetantes, isolamento térmica, inseticidas, tecidos e tintas para impressões, revestimentos, plastificadores, massa para vidraceiro, sabão, biodiesel e cimento (SABESP, 2020).

A seguir, na Tabela 2, os principais dados de processamento do grão de soja registrados pela ABIOVE nos anos de 2019, 2020 e 2021, destacando-se a produção, consumo interno e exportação do farelo de soja e do óleo de soja.

Tabela 2 - Dados de processamento do grão de soja no Brasil.

<b>BRASIL - Complexo SOJA</b>				
<b>Oferta e demanda - em mil toneladas</b>				
<b>Produtos e subprodutos</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022 (P)</b>
<b>1. Soja em grãos</b>				
1.1. Produção	120.751	127.989	138.856	125.800
1.2. Processamento	43.454	46.845	47.781	48.300
1.3. Exportação	74.073	83.973	86.108	76.800
<b>2. Farelo de soja</b>				
2.1. Produção de farelo	33.477	36.021	36.771	37.000
2.2. Consumo interno	17.246	18.952	19.188	18.100
2.3. Exportação	16.682	16.938	17.210	18.500
<b>3. Óleo de soja</b>				
3.1. Produção de óleo	8.791	9.557	9.638	9.800
3.2. Consumo interno	7.909	8.530	9.017	7.900
3.3. Exportação	1.041	1.110	1.651	2.150

Fonte: Gerência de Economia - ANP/ABIOVE (2022) (P=Previsão).

No período de 2019 a 2021, a produção de soja aumentou em 18,1 milhões de toneladas, e o sub produto farelo teve um pequeno aumento de 8,96%, enquanto do subproduto óleo teve um aumento de 8,79%. Dentre o consumo interno do óleo de soja, 59% é direcionado para produção de alimentos, e 41% para produção de biodiesel (APROSOJA, 2021).

### 4.2.3 Óleo de fritura residual

A fritura é uma técnica culinária na qual o alimento é submerso em óleo, comumente vegetal (soja, dendê, girassol, dentre outros), a altas temperaturas (180 °C a 200 °C) em contato direto com o ar atmosférico (SILVA, 2011). Desta forma, entende-se por óleo residual de fritura todos os resíduos de gorduras, principalmente de origem vegetal, provenientes do uso em fritura para consumo humano, bem como em estabelecimentos comerciais como restaurantes, lanchonetes, indústrias alimentícias, e também nas casas.

Vários são os fatores que podem influenciar o envelhecimento do óleo, o que o torna inapropriado para reuso em preparado de alimentos com o tempo, como a umidade proveniente dos alimentos, que é causa de alteração hidrolítica; o oxigênio do ar, por contato da massa do óleo com a superfície possibilitando a alteração oxidativa; e elevadas temperaturas, que provoca a alteração térmica (JORGE, 2009). Tais alterações levam a mudanças físico-química da degradação do óleo, que desencadeiam na elevação de acidez e índice de peróxido, formação de espuma ou fumaça, aumento da viscosidade, escurecimento, produção de aromas e odores desagradáveis (FREIRE et al., 2013).

Assim sendo, é imprescindível a destinação ambientalmente adequado do OFR, diante da possibilidade do mesmo se tornar matéria-prima para formação de outros subprodutos, assim como os benefícios ambientais, sociais e econômicos proporcionados.

## 5 DESTINAÇÃO DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL

O consumo global de óleos vegetais em 2020/2021 foi de, aproximadamente, 209,14 milhões de toneladas. Assim, grandes volumes de óleo de fritura residual são gerados todos os dias e há a necessidade de realizar a recuperação e destinação ambientalmente adequada deste resíduo (SHAHBANDEH, 2022). No Brasil, cerca de 9 bilhões de litros de óleo vegetal produzidos por ano no país, mas apenas 2,5% de todo volume tem o destino ambientalmente correto (ABIOVE, 2022; ROCHA, 2021).

O despejo de grandes quantidades de óleo de fritura residual nos esgotos pode tanto contaminar o meio ambiente (1 litro de óleo pode contaminar até 25 mil litros de água) quanto danificar a rede de tratamento de esgoto existentes (DE MORA et al., 2015; CORDERO-RAVELO e SCHALLENBERG-RODRIGUEZ, 2018; SABESP, 2022).

A gestão inadequada do OFR leva a vários problemas socioeconômicos e ambientais. A queima de OFR a céu aberto e o seu descarte direto no solo e em corpos d'água são os principais métodos impróprios de manejo (SABESP, 2022).

### 5.1 Principais impactos

#### 5.1.1 Prejuízos ambientais e econômicos

De acordo com a EPA, da sigla em inglês *Environmental Protection Agency*, o OFR pode revestir animais e plantas e sufocá-los assim como seus habitats, causando esgotamento de oxigênio (EPA, 2015). Pode causar odores rançosos, cuja as crostas entope as estações de tratamento de água e bloqueia os canos de cozinha doméstica. Como o OFR é de origem orgânica, os efeitos das emissões diretas de CO<sub>2</sub> podem ser ignorados quando há queima a céu aberto. No entanto, outras emissões diretas, como material particulado (PM 2,5 e 10) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) criam graves problemas de saúde (THUSHARI; BABEL, 2022).

A água residual de cozinhas carrega também uma grande quantidade de OFR, nelas despejadas através da limpeza de utensílios, que representa até 50% dos compostos orgânicos em suspensão presentes nela. O óleo apresenta baixa solubilidade das longas cadeias carbonônicas em água, além de gerar entupimentos nas tubulações por incrustações e desta forma, prejudicar, dificultar e encarecer o tratamento biológico (aeróbio/anaeróbio) nas ETE's (Estações de Tratamento de Efluentes) (OLIVEIRA et al., 2014).

Quando lançado diretamente no solo, ocupa os espaços que naturalmente são preenchidos por água e ar, ocasionando sua impermeabilização e conseqüente morte da fauna e flora ali presentes. A impermeabilização do solo impede a germinação e crescimento de plantas, o tornando inapropriado para o cultivo, além da impossibilitar a absorção da água de chuvas, podendo acarretar em entupimento de bueiros e causar enchentes (SOUSA et al., 2018; THODE FILHO et al., 2020). Segundo Silva et al. (2007), dependendo também das características físico-químicas do solo, do relevo e regime pluviométrico, o óleo pode migrar e alcançar corpos hídricos superficiais e até mesmo o lençol freático.

Assim, o OFR se caracteriza como grande fonte de contaminação do solo e recursos hídricos quando jogado diretamente em pias e ralos, podendo encarecer os tratamento dos resíduos em até 45% (LOPES; BALDIN, 2009).

Além disso, foi estimado no ano de 2020, que cerca de 39,7% dos municípios brasileiros não possuem saneamento básico em suas casa, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). O que significa que muitas famílias vivem em situação precária sem acesso à água potável, à coleta e ao tratamento dos esgotos. Logo, o descarte de resíduos, como do OFR, que nessas regiões ocorre em lagos, rios ou diretamente no solo, acarreta em sérios problemas ambientais bem como promove a geração de doenças nas pessoas e nos animais (SNIS, 2020).

## **5.2 Logística reversa do óleo residual**

Conforme a Lei Federal 12.305/2010, que institui a PNRS, no Art.3º, inciso XII, logística reversa é definida como:

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

Movida por questões socioambientais e os princípios de sustentabilidade, a logística reverts objetiva a diminuição dos impactos ambientais gerados pela destinação e inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos pós-consumo (ARAÚJO et al., 2022).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2021), existem quatro motivadores para a implementação não apenas da logística reversa, mas também de uma política moderna de resíduos sólidos, que são:

- Proteção ao ambiente e a saúde pública, evitando a disposição inadequada dos resíduos que promovem danos à saúde das pessoas ou ao meio ambiente;
- Geração de oportunidades de negócios, principalmente a partir do potencial de revalorização dos resíduos – criando renda, emprego e arrecadação;
- Atuação como uma “alavanca para a sustentabilidade”, promovendo um aumento na eficiência do uso dos recursos naturais ao substituí-los por materiais reutilizados e reciclados;
- Redistribuição de direitos e deveres sobre o gerenciamento dos resíduos.

O processo de logística reversa do OFR ainda não é amparado pela legislação federal no Brasil, mesmo existindo padrões de penalidades para não cumprimento das normas estabelecidas pela PNRS. Assim, produtores, grandes e pequenos geradores que utilizam o ingrediente, não possuem condescendência quanto a correta destinação do resíduo após seu consumo. Advindo disso, as legislações predominantes destacam-se no âmbito estadual, onde os estados buscaram a criação de leis para estabelecer regras quanto a valorização e destinação adequada do resíduo (SILVA; HECK, 2020).

Além das normas estabelecidas pela PNRS que dizem a respeito da responsabilidade sobre a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos ser dos geradores e do poder público, criando leis e ações que incentivam a reciclagem, é importante discutir sobre educação ambiental como uma forma essencial para que a população se conscientize quanto ao descarte ambientalmente adequado do OFR, sendo esclarecido quanto aos malefícios e consequências negativas que impactam ao meio e ao dia-a-dia do cidadão (BOFF, 2004; FARIA; SERRA, 2020).

Para que o descarte ambientalmente adequado do OFR ocorra e o mesmo possa ser utilizado como matéria-prima para geração de outros subprodutos, é necessária a adoção de alguns procedimentos como o acondicionamento, coleta, armazenagem e transporte até o local de produção. De acordo com Gonçalves e Chaves (2014), é aconselhável que o acondicionamento seja feito em embalagens plásticas bem vedadas com capacidade entre 500 mL a 2 L (garrafas PET), no caso de domicílios, e de 20 a 50 L nos pontos comerciais, a fim de facilitar o manuseio do resíduo sem perigos de vazamento até que ocorra a coleta e destinação final. Através da coleta seletiva, um veículo adaptado realiza uma rota pré-estabelecida recebendo os recipientes cheios. Quanto ao armazenamento, o óleo é estocado até atingir determinada quantidade antes de retornar à produção, podendo passar pelo processo de filtração para remoção de impurezas e partículas indesejáveis (ECOLEO, 2018). A Figura 4 à seguir, apresenta um exemplo de recipiente coletor para armazenamento do OFR.

Figura 4 - Fluxograma de coletor de óleo de fritura residual.



Fonte: Autora, 2022.

### 5.2.1 Valorização do óleo de fritura residual

Valorização de resíduos é definida como o processo no qual materiais que seriam descartados retornam a cadeia produtiva, transformando-se em outro material de valor agregado (INEA, 2021). Em outras palavras, significa dizer que mesmo após utilizado, um resíduo pode ser reaproveitado como fonte de energia, insumo e matéria-prima para o processo de fabricação de outro produto.

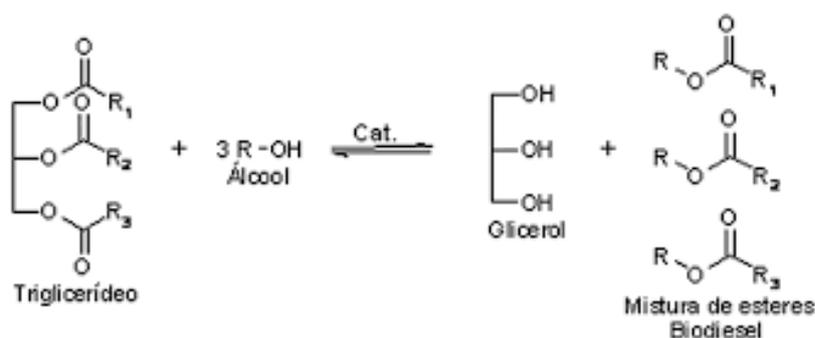
A oportunidade de reutilização do OFR mostra-se atraente, considerando a sustentabilidade dos recursos biológicos, proteção ambiental e aspectos econômicos (TSAI et al, 2007). Segundo Pitta Jr. et al. (2009) e Mannu et al. (2020), o OFR é um produto muito versátil e o seu retorno à cadeia produtiva, como matéria-prima para produção de outros subprodutos – biodiesel, tintas, biolubrificantes, plastificantes de base biológica, materiais poliméricos, cosméticos, biossolventes para poluentes, tingimento de poliamida, aditivo aglutinante para betume envelhecido, sabões e detergentes – agrega valor econômico ao projeto, assim como associa estima ao nome da empresa diante do público consumidor, diminui o custo do produto, além de favorecer a preservação do meio ambiente. Contudo, as rotas mais usadas para reciclagem do OFR no Brasil são a produção de biodiesel e a saponificação.

#### 5.2.1.1 Biodiesel

A produção de biodiesel a partir do resíduo é simples, ocorre por meio do método de transesterificação e adiciona apenas uma etapa de purificação ao processo em relação à

produção com uso do óleo vegetal virgem. O processo de transesterificação ocorre através da transesterificação de triglicerídeos de óleos (fontes vegetais ou animais) empregando álcool (geralmente metanol ou etanol) e um catalisador, sob fonte de calor (SUPPLE et al., 2002; SODHI, et al.; 2017). A partir desta reação química, o éster (90% em massa) é obtido juntamente com a glicerina (cerca de 10% em massa) como subproduto (Figura 5).

Figura 5 - Processo de transesterificação do biodiesel.



Fonte: SBQ, 2008.

De acordo com Zhao et al. (2020), ainda durante o processo de obtenção do biodiesel, as partículas maiores e grande quantidade de água precisam ser removidas por decantação e filtração. Além disso, pode ser necessário reduzir o teor de ácido do OFR coletado, introduzindo custos adicionais (LANDI et al., 2022).

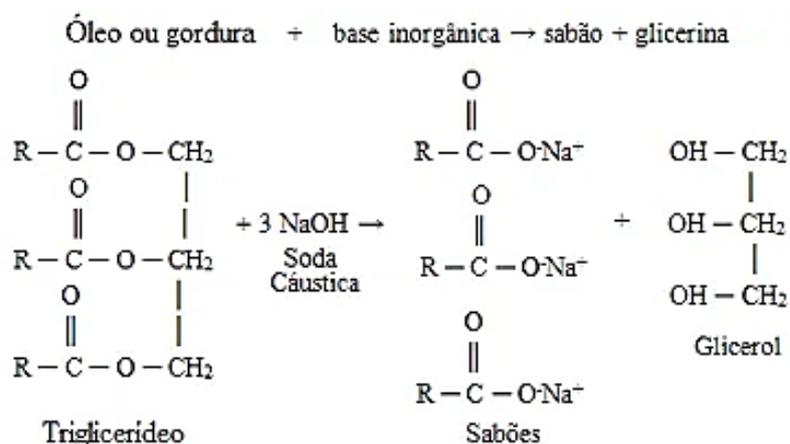
Pesquisas realizadas por Russi (2008), Amin (2019) e Caldeira et al. (2016), mostraram que empregar o OFR em escala local pode reverter o preço não competitivo do biodiesel e os impactos negativos do emprego de óleos comestíveis.

### 5.2.1.2 Sabão

Por milhares de anos, o sabão foi preparado aquecendo-se gordura animal com cinzas vegetais, as quais contêm carbonato de potássio, que torna a solução básica. Os métodos tradicionais de fabricação de sabão envolvem aquecimento de gordura e óleo em solução aquosa de hidróxido de sódio e adição de cloreto de sódio para precipitar o sabão, que depois de seco é prensado em barras. Podem ser adicionados perfume e corantes ao sabão para, respectivamente, aromatizar e dar cor ao produto, podendo ser também acrescentado areia para poli-lo e ar para que flutuem na água (BRUICE, 2006). Ou seja, o sabão é uma combinação de gordura ou óleo (ácidos graxos), água e um álcali ou mesmo uma base orgânica. Em uma reação

de saponificação, a gordura neutra e um álcali reagem para criar moléculas de glicerol e sabão. Na Figura 6 são destacadas as reações de fabricação do sabão.

Figura 6- Reações de fabricação do sabão.



Fonte: Adaptade de SBQ (2008).

Historicamente, como dito anteriormente, a produção de sabão ocorria por processo a frio (*cold process*) e costumava ser um processo de reciclagem de gorduras animais. Hoje em dia, a maioria das pessoas usa o sabão industrial, no entanto, existem famílias e comunidades que ainda produzem o seu próprio sabão em barra (MAOTSELA et al., 2019).

Felix et al. (2017), afirma que há um movimento crescente de valorização da produção artesanal de sabão de boa qualidade, por ser considerado melhor para a pele e para a saúde em geral, além de colaborar com a preservação do meio ambiente. A produção de sabão de boa qualidade, pode ser sustentada pelo fato de que as fontes de gorduras como o OFR são matérias primas de baixo custo, agregam valor ao produto final e incluem um maior número de diferentes gorduras que em associação com aditivos como dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), óleo essencial de lavanda etc, produzem assim sabonetes com características diferentes.

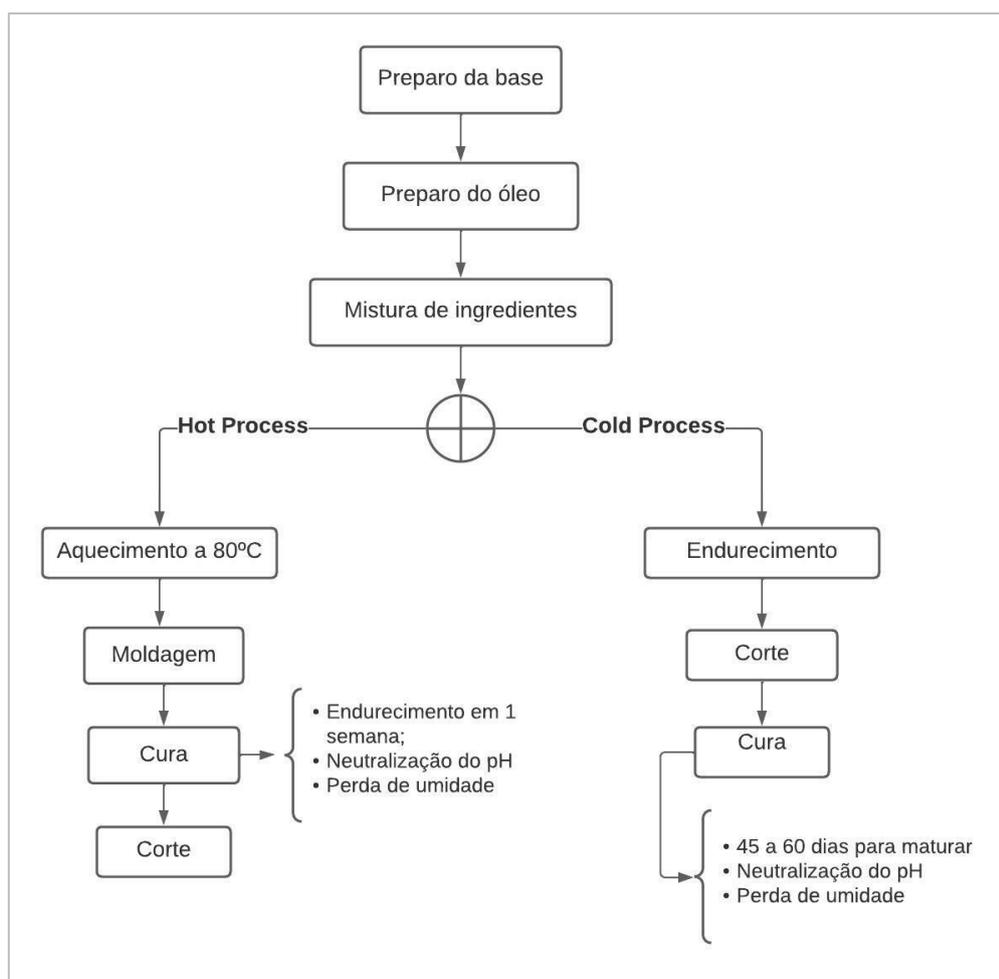
Além disso, após a pandemia da doença Covid-19, o sabão, auxiliando o ato de lavar as mãos, assumiu um papel de extrema importância como maneira de controlar a propagação da infecção nas comunidades e unidade de saúde. Decorrente da crise pandêmica, muitas famílias se encontraram em situação de vulnerabilidade social, sem acesso a itens básicos como o sabão. O projeto realizado por Lopes et al. (2021), estudou a produção e distribuição de sabão caseiro a partir do OFR em comunidades carentes como ação de enfrentamento ao covid-19, sendo todo o sabão produzido utilizado nas residências dos beneficiados para higienização geral, além de permitir a retirada de grande volume de óleo residual do ambiente.

## 6 CARACTERIZAÇÃO DO SABÃO PRODUZIDO A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL

### 6.1 Etapas do processo de produção

Como supracitado, os sabões são sais de sódio ou potássio de ácidos graxos obtidos quando óleos são hidrolisados (saponificados) em condições básica. Geralmente, na produção, as gorduras e óleos são fervidos na solução de soda cáustica (NaOH) até que a saponificação se complete, e em seguida adiciona-se cloreto de sódio (NaCl) e ocorre a precipitação do sabão (SOLOMONS; FRYHLE, 2006). Contudo, o processo pode ocorrer à frio (*cold process*) ou a à quente (*hot process*), conforme é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma de produção de sabão.



Fonte: autora, 2022.

O processo à frio ou *cold process*, é um processo simples e barato, não inclui a remoção de glicerina ou impurezas, também não requer um maquinário sofisticado, sendo assim adequado para fabricação em pequenas quantidades. Entretanto, o sabão produzido é de baixa qualidade, pois a saponificação continua ocorrendo durante um período de 45 a 60 dias, a fim de neutralizar o pH, após o endurecimento e corte do produto. Já o processo à quente ou *hot process*, ocorre sob o aquecimento da mistura a temperaturas entre 70 e 90°C para acelerar a reação de saponificação. É um processo de tempo curto, levando em torno de uma semana para maturação e perda de alcalinidade, além de obter sabões de qualidade superior aos obtidos no processo a frio (CDI, 1995).

Uma extensa variedade de ingredientes pode ser utilizada para conceber o sabão com diferentes características de qualidade, odor, cor e forma (UCHIMURA, 2021). O sabão que tem o OFR como matéria-prima, tem coloração da barra definida pela aparência do óleo mesmo passando por estágios de filtração, podendo ser revertida através do uso de corante; possui também uma taxa de degradação maior que os sabões comuns por não conter fósforo em sua composição, que é um composto altamente poluente na água, gerando a propagação de algas tóxicas, além de modificar a cor, odor e sabor da água (NASCIMENTO et al., 2010).

## **6.2 Principais fatores que influenciam na obtenção do sabão**

### **6.2.1 Tratamento necessário dos óleos residuais para maior produtividade**

Uma solução de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) é normalmente utilizada para branqueamento de óleos vegetais para melhorar a cor após a purificação de salmoura. Girgis (2004) estudou a purificação do óleo de palma descartado de uma fábrica de batatas fritas. Uma solução de salmoura quente (5% NaCl, p/v) foi usada para lavar o óleo vegetal a 90°C agitando a 60 rpm por h, após o resfriamento as duas fases – solução de salmoura com impurezas e óleo lavado – foram separadas por sifonagem. A lavagem com solução de salmoura revelou algumas melhorias nos níveis de impureza do OFR e na cor. Além disso, o  $H_2O_2$  proporcionou impacto excelente na cor do óleo vegetal, visto que a redução de cor pode ser consequente à ação do peróxido de hidrogênio em alguns pigmentos pela liberação de oxigênio livre (MAOTSELA et al., 2019). Felix et al. (2017), também estudaram o tratamento de óleo de cozinha utilizando a solução de salmoura, onde o processo envolveu três fases: filtração para remover o material particulado, lavagem com solução de salmoura a 90°C (10% NaCl, p/v) para remover impurezas

e desodorização com pó de casca de amêndoa para remoção das moléculas que conferem o odor, porém, discutiu-se que o óleo ainda apresentava odor de fritura.

Não obstante, Silva; Puget (2010) realizaram a etapa de pré-tratamento dos óleos e gorduras a partir de um tratamento de efluentes, aquecendo o óleo a 60°C, filtrando-o a vácuo e em seguida fazendo a desodorização com carvão ativo sob agitação constante a uma temperatura de 110 °C.

### 6.2.2 Equipamentos para recebimento, tratamento e estocagem do produto final

O processo de fabricação do sabão requer fervura, dependendo do meio graxo usado. Muitas empresas consideram como sendo melhor o processo de fervura integral, no qual é produzido um sabão mais puro e subprodutos como a glicerina. Os processos de semifervura e fervura a frio apresentam muitas impurezas e não geram a remoção da glicerina, que pode conter gorduras não hidrolisadas de maneira a produzir um sabão de baixa qualidade (DA MOTTA, 2007).

Para fabricação artesanal de sabão, foi proposto por UCHIMURA (2021) os seguintes equipamentos e suas respectivas funções, apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Equipamentos para fabricação artesanal de sabão.

Equipamento	Função
Rodos	Agitar a massa do sabão durante a estampagem ou cozedura nas caldeiras desprovidas de agitador mecânico. Em formato de “S”, são aparelhos construídos em ferro com cabo de madeira.
Areômetro ou densímetro	Medir indiretamente a concentração de uma solução por meio da medição da sua densidade. A leitura é feita de modo que o aparelho flutue no líquido cuja concentração se deseja medir, e a superfície do líquido indica o ponto na escala do aparelho onde se deve fazer a leitura. Para a produção de sabão, são necessários três areômetros de Baumé: um de escala 10/20, outro de 20/30 e outro de 30/40.
Termômetro	Acusar a temperatura dos óleos e das diferentes reações. Recomenda-se utilizar um termômetro com escala de 0 a 100°C.
Baldes	São muito úteis para a condução de óleos, lixívias e outros ingredientes. Deve ser evitado o uso de baldes que contenham

	metais, especialmente zinco, em contato com a lixívia, porque podem reagir entre si. Os mais recomendados são os baldes de plástico PVC para manusear a lixívia.
Caldeiras	Quase sempre dotadas de dois sistemas que se denominam caldeiras de fogo direto e caldeiras com aquecimento a vapor. Ao pequeno fabricante, sugere-se usar uma caldeira, tambor ou tacho de fogo direto, mas à indústria moderna aconselha-se que se dê preferência aquela com aquecimento à vapor, para obter melhor resultado. Para o pequeno produtor, um tacho de ferro com capacidade de 200 litros e com uma saída ao fundo é o mínimo necessário para a preparação do sabão.
Máquina de cortar	São utilizadas para fazer o corte do sabão no formato desejado. Para o pequeno produtor, recomenda-se construir suas próprias máquinas de cortar, sendo necessário madeira, pregos e arames de bitolas diferentes.
Prensas	Antes de serem postas à venda, as pedras de sabão devem ser prensadas a fim de que adquiram forma e nelas sejam gravadas a marca do fabricante. Nas pequenas indústrias, dispensa-se a prensa e faz-se o uso somente de um carimbo de metal ou madeira para dar ao sabão a respectiva marca.
Papel indicador universal ou papel tornassol	Serve para medir o pH da massa de sabão.
Balanças	São necessárias duas balanças: uma com fundo de escala de 100 lg, para pesagem de sebo, óleo, água e lixívia, e outra com fundo de escala menor, mas com precisão maior, para pesagem de reagentes.

Fonte: Adaptação de UCHIMURA (2021).

### 6.2.3 Qualidade das matérias-primas para melhor rentabilidade da produção

A qualidade do produto final depende muito do tipo de matéria-prima manipulada, bem como de suas características de beneficiamento, as quais são tranquilamente identificadas pelo cliente através do toque, odor e durabilidade do perfume. Segundo UCHIMURA (2021), as matérias-primas aplicadas na fabricação de sabões pode ser classificadas em três grupos conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - Classificação de matérias-primas para fabricação de sabões.

<b>Grupo</b>	<b>Composição</b>
Essenciais	São os componentes fundamentais para a produção do sabão, sendo eles as matérias graxas (de origem animal ou vegetal) e matérias alcalinas (hidróxido de sódio (ou soda cáustica) e o carbonato de potássio (ou potassa)).
Secundários	São aqueles componentes que quando incorporados ao produto, melhoram a qualidade ou diminuem o custo (resinas, cargas, corantes e perfumes).
Coadjuvantes	São aqueles componentes empregados como veículo no processo de fabricação, sendo os principais a água e o cloreto de sódio (sal de cozinha).

Fonte: Adaptação (UCHIMURA, 2021).

A seguir, serão comentadas algumas dessas matérias-primas, das quais possuem características que impactam na produção dos sabões.

### **Matérias graxas**

As matérias graxas, tidas como uma das matérias-primas essenciais para fabricação de sabões, são os óleos (de origem animal ou vegetal), as gorduras animais (banha ou sebo) e o ácido oleico, proveniente do resíduo da fabricação de velas de cera. Segundo o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT (2021), podem ser divididas em quatro grupos, de acordo com as propriedades dos sabões delas resultantes:

- (a) Gorduras duras que convertem-se em sabões de espumação lenta: a espumação é lenta em água fria e um pouco mais rápida em água quente; são sabões delicados para pele e limpam bem. Nesse grupo estão o sebo, as graxas de refugo, óleos vegetais e marinhos hidrogenados e de alto ponto de fusão, e o óleo de palma.
- (b) Gorduras duras que convertem-se em sabões de espumação rápida: Nesse grupo entram o óleo de coco, o óleo de palmito, o óleo de babaçu e o óleo de tacum. São óleos relativamente imunes à ação de eletrólitos, tal como o sal, fato que os fazem úteis para a fabricação de sabões marinhos, para a espumação com água marinha.
- (c) Óleos que tornam-se sabões de consistência macia: óleo de oliva, óleo de soja e óleo de amendoim entram nesse grupo, assim como o óleo de linhaça e o óleo de baleia. Como

esses óleos podem ser rapidamente sofrer reações de oxidação quando expostos ao ar ou à luz, no armazenamento, seus sabões podem ficar rançosos ou descolorirem.

- (d) Resina e breu de pinheiro ou eucalipto (árvores em geral): são usados em sabões para lavar roupa, sabões e sabonetes para banho menos custosos e outros sabões especiais.

### **Potassa e soda cáustica**

Ainda dentro do grupo de matérias-primas essenciais, encontram-se a potassa e soda cáustica que desempenham papel de primeira ordem na produção de sabão. Ambas podem ser adquiridas diretamente com um fornecedor, e ao serem manejadas é necessário que sejam tomadas algumas medidas de prevenção como manuseio em área ventilada ou com sistema de exaustão local, evitando-se o contato direto e inalação do produto fazendo o uso de EPI's como luvas, avental de borracha, máscara e óculos. É recomendado também, a utilização de materiais que não reagem com os compostos da solução, como aço inoxidável (BENEDITO e MINATTI, 2014). A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas da soda cáustica, utilizada na fabricação de sabões e detergentes.

Tabela 3 - Características físico-químicas da soda cáustica

Propriedades	
Fórmula química	NaOH
Peso molecular	40,00
Ponto de fusão	318°C
Ponto de ebulição	1390°C
Peso específico (20°C/20°C)	2,13 g/cm <sup>3</sup>
Cor	Escamas brancas
Solubilidade em água (20°C)	109g/100g água

Fonte: CARBOCLOORO (2015).

### **Água**

A água utilizada na fabricação de sabões também é de grande relevância para o processo, pois servem para gerar vapor, esquentar as caldeiras com serpentinas, preparar soluções de álcalis e cloreto de sódio, além de ser agente da lavagem. Verifica-se que nem todas as águas são boas ou possuem o mesmo impacto na qualidade do produto fabricado, podendo em alguns

casos até elevar o custo da operação. Diante disso, é válido as seguintes análises (ANVISA, 2021):

- Na maioria das vezes, águas que possuem ácido sulfúrico, carbono e sal na sua mistura, não são boas para o processo. Sendo interessante testá-las por meio de uma análise físico-química antes do uso, e se for a quantidade dessas matérias for pequena ou insuficiente, não será totalmente prejudicial.
- Em geral, águas potáveis são benéficas.
- Águas ferruginosas devem ser evitadas quando é desejado obter sabões brancos e puros, desde que as mesmas podem pigmentar o produto em virtude dos sais que carregam.

Além das matérias-primas já citadas, há também os chamados branqueadores ópticos, que são substâncias que convertem luz ultravioleta invisível em luz azul visível, de forma que após a lavagem as peças de roupa pareçam mais brilhantes; e os agentes quelantes, amplamente utilizados para prevenir que o desempenho do sabão diminua na presença de água dura (contém grande quantidade de íons de cálcio ou magnésio), sendo o EDTA (do inglês *Ethylenediamine tetraacetic acid*) um exemplo destes agentes (FOGAÇA, 2018).

## 6.2.4 Testes de qualidade do sabão obtido

### 6.2.4.1 Índice de pH

A faixa ideal de pH para sabões varia de acordo com a sua aplicabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Faixas de pH para sabões de acordo com a aplicação.

Aplicação	Faixa de pH
Limpeza da pele	Entre 6,5 e 8,5 (próximo a neutralidade)
Limpeza de roupas	Próximo de 10,0
Limpeza de roupas e tecidos contaminados por sangue, pus, etc;	Pode atingir até 11,5 ou 12,0

Fonte: Adaptação (PEDROSA, 2015).

### 6.2.4.2 Índice de saponificação

Geralmente, o sebo animal e as demais matérias graxas utilizadas no processo de fabricação do sabão variam de acordo com a composição, por meio da diferença entre

fornecedores, devido a diferença entre as origens da matéria-prima ou através de outra situação. Assim, a quantidade de lixívia necessária no processo de fabricação do sabão deve também mudar de acordo com as variações detectadas na matéria graxa e deve ser meticulosamente medida a fim de evitar problemas de pH no sabão e desperdício de lixívia.

Desta forma, para definir a quantidade de lixívia necessária para saponizar completamente uma amostra de matéria graxa, tem-se o ensaio de índice de saponificação.

O índice de saponificação é o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para saponificar um grama de gordura (específico para cada óleo), o que significa que quanto maior o índice de saponificação, mais base será consumida (HARTMAN; ESTEVES, 1982) (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores típicos do índice de saponificação de acordo com a matéria-prima.

<b>Origem da gordura/óleo</b>	<b>Índice de saponificação típico (mg KOH/g gordura)</b>
Óleo de rícino (mamona)	180
Óleo de algodão	196
Óleo de amendoim	190
Óleo de milho	190
Óleo de coco de babaçu	247
Óleo de palma (azeite de dendê)	247
Óleo de soja	190

Fonte: HARTMAN e ESTEVES, (1982).

O índice de saponificação pode ser calculado através da Equação (1).

$$\text{índice de saponificação} = \frac{(B - A) \times f \times 28}{m}$$

onde:

- A* Volume em mL de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra.
- B* Volume em mL de ácido clorídrico gasto na titulação do frasco-testemunha.
- f* Fator de correção do HCl 0,5 N.
- m* Massa em gramas da amostra.

## 7 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO SABÃO PRODUZIDO A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL

### 7.1 Benefícios do uso do óleo residual

Por se tratar de um resíduo, o OFR possui valor agregado reduzido, e desta forma é necessário adquirir uma quantidade suficiente para torná-lo rentável para atividades de reaproveitamento. Diante disso, a reciclagem e reaproveitamento do OFR dependem não apenas de aspectos físico-químicos para proporcionar um rendimento apropriado para obtenção do sabão, mas também das rotas e meio de coleta do resíduo (SILVA, 2013).

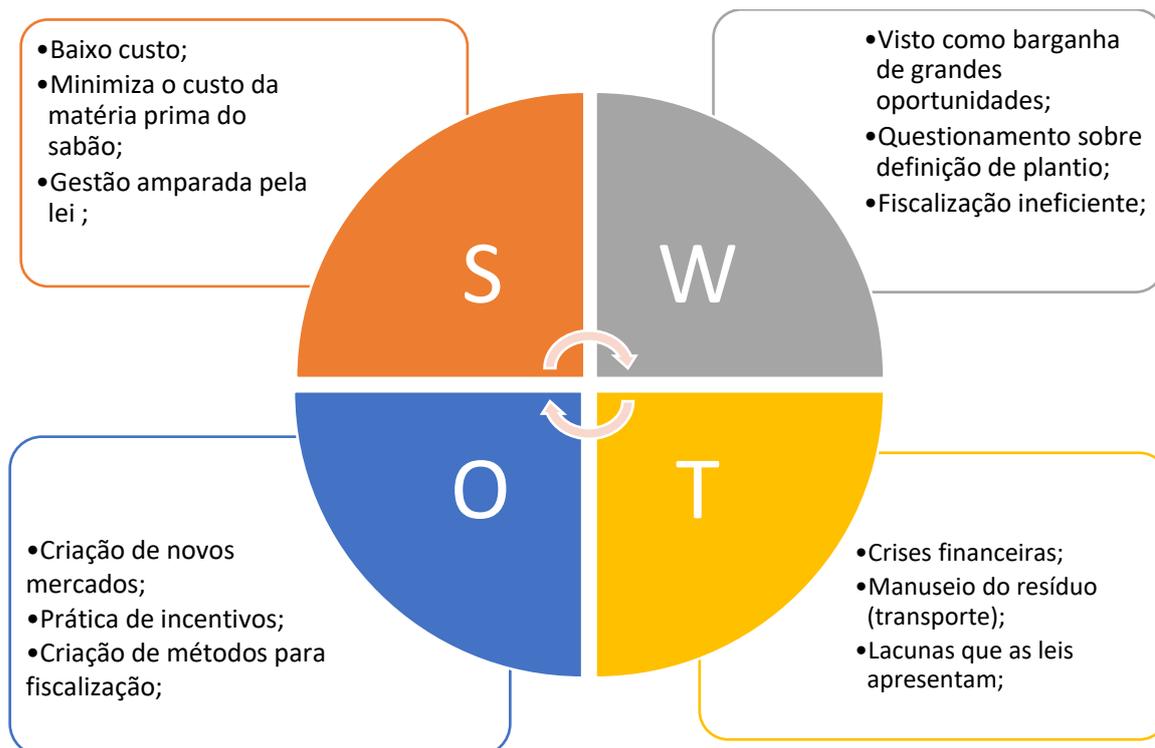
Do aspecto social, não existem motivadores que impulsionem a coleta do OFR, principalmente diante do fato de haver outros resíduos que geram retorno financeiro aos catadores e associações, como no caso do papelão e de latas de alumínio. Considerando que o fator financeiro da coleta seja essencial para catadores devido a influência em sua renda, assim há a necessidade de incentivo por ordem do governo para que ambas as partes sejam beneficiadas.

Porém, um benefício associado à coleta e reuso do OFR é a redução no custo de tratamento de efluentes, já que o volume gerado a cada dia nos centros urbanos, que seria depositado nas redes de esgoto, pode ser reutilizado como matéria-prima para produção de sabão.

Projetos de contexto socioeconômico como os de reciclagem de resíduos para a produção e distribuição de sabão em comunidades, mostram também como é possível colaborar para melhora das condições de famílias em situação de vulnerabilidade social, principalmente com a participação das mulheres (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2016).

GONÇALVES e CHAVES (2014) desenvolvem uma matriz baseada no conceito SWOT (do inglês “*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*”) que realiza uma análise de critérios para tomada de decisões dado quatro fatores: fraquezas, forças, oportunidades e ameaças; apresentadas pelo OFR, conforme pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Matriz SWOT para o óleo de fritura residual.



Fonte: Adaptação (GONÇALVES; CHAVES, 2014).

## 7.2 Viabilidade Econômica

A perspectiva da reutilização do OFR mostra-se atrativa, baseado nos fatores de sustentabilidade e reciclagem em prol dos recursos biológicos e proteção animal, assim como considerações econômicas e sociais. Posto isso, a fim de diminuir os impactos prejudiciais que o descarte ambientalmente inadequado do OFR traz ao meio ambiente e à sociedade, faz se necessário rever e realizar estudos de viabilidade econômica-financeira de possíveis cenários para a destinação desse óleo, como para a produção de sabão, que é o foco deste trabalho.

Ribas e Leonarda (2008) estudaram a viabilidade mercadológica, econômica e financeira para implantação de uma fábrica de sabão ecológico a partir do OFR, no formato de Economia Solidária, em uma região da periferia da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais. Na pesquisa, os autores analisaram que apesar de ser produzido com OFR, o produto seria bem aceito pelo consumidor, principalmente pela possibilidade de ser um produto que não agride o meio ambiente. A partir da análise de investimentos, os autores, segundo as informações fornecidas pelo *Euromonitor International* (empresa internacional de pesquisa de mercado), consideraram que o mercado de sabão teria um crescimento de 9,2% de 2008 a 2010, a uma taxa média anual de 1,8%, sendo previsto um crescimento anual de 2,98%. Foi também

estimado, dentro das projeções financeiras realizadas, os indicadores de viabilidade econômica, *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM), que obtiveram resultados satisfatórios e favoráveis, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Valores dos indicadores de viabilidade econômica para o projeto.

<i>Payback</i>	1,64 anos
VPL (R\$)	149.609,03
TIR (%)	67,21
TIRM (%)	24,73
Taxa Requerida de Retorno (TRR) (%)	18

Fonte: RIBAS e LEONARDA (2008).

Foi concluído pelos autores que havia viabilidade econômica no empreendimento, uma vez que o VPL é 2,5 vezes superior ao montante investido, a TIR 3,7 vezes superior à TRR e que TIRM, também superior à TRR.

AGUIAR et al. (2017) analisaram dois cenários de possíveis destinações para o OFR coletado na área de estudo – venda para produção de biodiesel e utilização como matéria-prima para fabricação de sabão – levando em consideração a viabilidade econômica e atratividade para investimento segundo os indicadores VPL e TIR. No cenário em que foi considerada a destinação do resíduo para a produção de biodiesel foi admitida como entrada a venda de OFR ao preço de R\$1,17 o valor do litro; enquanto para o cenário em que o resíduo foi destinado à fabricação de sabão, as entradas foram provenientes da venda do produto, em barras de 250 gramas, ao preço de \$2,34. Realizando-se o cálculo de VPL do projeto, e considerando-se o volume de óleo residual disponível mensalmente na área de estudo, obteve-se os seguintes resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valor Presente Líquido (VPL), em reais (R\$), para cada cenário analisado.

Taxa de desconto	Destinação do Resíduo	
	Venda de resíduo bruto para produção de biodiesel	Fabricação e venda de sabão artesanal
2%	- R\$ 255.201,11	R\$ 218.283,00
8%	- R\$ 310.762,82	R\$ 37.131,74
14%	- R\$ 329.058,81	- R\$ 60.268,57
20%	- R\$ 332.298,65	- R\$ 115.911,42

Fonte: AGUIAR et al. (2017).

A venda do resíduo para produção de biodiesel mostrou-se inviável financeiramente, visto que apresentou VPL negativo com todas as taxas de descontos usadas. Isso ocorreu devido ao fato de que o volume gerado na região não foi suficiente para cobrir as despesas com a atividade no decorrer do período avaliado, estima-se que seria necessário uma quantidade de 5.000 L de resíduo para destinação com finalidade de produção do biodiesel. Desta forma, optou-se por beneficiar o OFR para obtenção de sabão artesanal, promovendo agregação de valor e viabilidade financeira de acordo com o VPL positivo observado para as taxas de desconto de 2 e 8%, além da determinação de uma TIR de ordem de 9,89% a.a. (AGUIAR et al., 2017).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O OFR é um subproduto de um segmento econômico muito grande, e por isso é necessário observar formas de reduzir seu impacto ambiental e extrair o potencial econômico da reciclagem do rejeito. No segmento de destinação, foi observado que o volume de OFR de apenas 2.5% é destinado corretamente segundo o critério ambiental, logo há um enorme capacidade para melhoria. Observando a logística reversa, nota-se a relevância da participação conjunta do governo com criação de gestão e gerenciamento de resíduos, ações de incentivo à coleta e conscientização da população com projetos à respeito do reaproveitamento do OFR e de outros resíduos.

Sobre os métodos de produção de sabão, observa-se que o processo pode ser realizado à quente e à frio. No processo à quente, há a aceleração da saponificação mediante o aquecimento da mistura inicial à temperaturas entre 70 e 90°C, gerando um produto alta qualidade em um curto tempo. Já o processo à frio quer um tempo de cura de 45 a 60 dias, levando a um produto de menor qualidade comparado ao produto obtido no processo à quente.

A respeito dos benefícios do uso de óleo residual, os principais aspectos são a minimização de custos com tratamentos de efluentes, a redução dos impactos ambientais como a impermeabilização do solo, contaminação de água e ar, além da geração de renda e inclusão social para a população em geral.

Observando a viabilidade econômica de implementação do OFR é possível dizer se a geração de novos produtos é viável ou não, mediante análises técnico-econômicas do resíduo coletado, o local e a aplicação dos indicadores de viabilidade econômica *Payback*, VPL, TIR e TIRM. Na literatura, a produção de sabão mostrou-se viável com a apresentação de valores de VPL positivos e até 2,5 vezes superior aos montates investidos, assim como TIR 3.7 vezes superior à TRR e à TIRM.

Portanto, a produção de sabão a partir do óleo de fritura residual é um processo simples e sua aplicação resulta em diversas vantagens econômicas, sociais e ambientais. O recurso é barato, produzido e eventualmente usado localmente. O reaproveitamento evita o retorno impróprio do óleo para consumo humano, evita o aumento dos custos do óleo comestível, representa novas possibilidades trabalhistas associadas à economia local. Por fim, a conversão do OFR evita a contaminação ambiental, elimina os custos de manutenção de esgoto por descarte inadequado e entra como insumo livre de encargos para novos produtos.

## REFERÊNCIAS

- ABIOVE, Associação Brasileira Das Indústrias De Óleos Vegetais. Balanço de Oferta/Demanda – Complexo Soja Brasil. 2022. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acessado em: 20/05/2022.
- ANVISA, Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Saneantes. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/saneantes>>. Acesso em: 21/02/2022.
- AGUIAR, L. G. de A.; PERES, A. A. C.; MARTINAZZO, A. P.; COSTA, K. A.; CARVALHO, L. C. C. S. A Logística Reversa Do Óleo Vegetal Residual: Uma Análise Da Viabilidade Econômico-Financeira De Alternativas De Destinação Do Resíduo. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2017. Disponível em: <<https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/III-301.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2022.
- AMIN, A. Review of diesel production from renewable resources: Catalysis, process kinetics and technologies. *Ain Shams Eng. J.*, 10 (4), pp. 821-839, 2019.
- ARAÚJO, A. R. da R. et al. Logística reversa: óleo residual de fritura, uma proposta para os restaurantes da praça da alimentação do shopping Boulevard, Belém-Pará. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 5, n. 2, p. 1517–1531, 5 abr. 2022. Disponível em: <<https://brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/46070>>.
- BENEDITO, V. J.; MINATTI, E. Ficha de informação e segurança de produto químico: soda cáustica solução 49/50%. 2014. Disponível em: <[http://www.usiquimica.com.br/adm\\_img/fispq-21.pdf](http://www.usiquimica.com.br/adm_img/fispq-21.pdf)>. Acesso em: 20/12/2021.
- BORTULUZZI, O. R. S. A poluição dos solos e águas pelos resíduos de óleo de cozinha. Universidade de Brasília e Universidade Estadual de Goiás, p. 36, 2011. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1754/1/2011\\_OdeteRoselidosSantosBortoluzzi.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1754/1/2011_OdeteRoselidosSantosBortoluzzi.pdf)>.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 02 ago., 2010. Cap. II, Art. 3º.
- BRUICE, P. Y. Química Orgânica. 4ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. Vol. 2.
- CALDEIRA, C.; QUEIRÓS, J.; NOSHADRAVAN, A.; FREIRE, F. Incorporating uncertainty in the life cycle assessment of biodiesel from waste cooking oil addressing different collection systems. *Resour. Conserv. Recycl.*, 112, pp. 83-92, 2016.
- CARBOCLORO, Unipar. Soda Cáustica em Escamas. 2015. Disponível em: <<http://www.uniparcarbocloro.com.br/>>. Acesso em: 28/11/2021.
- CARVALHO, A. C. de O. Características Físico-Químicas De Óleos Vegetais Comestíveis Puros E Adulterados. Monografia - Laboratório de Ciências Químicas, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes - RJ, p. 78, jun. 2017. Disponível em:

<[https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/5536/mod\\_resource/content/4/Monografia - Ana Carolina de Oliveira Carvalho- L Qui.pdf](https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/5536/mod_resource/content/4/Monografia%20-%20Ana%20Carolina%20de%20Oliveira%20Carvalho%20-%20L%20Qui.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2022.

CDI, Centre For The Development Of Industry. Guide Soap Production, 1995, 70 p. Disponível em: <<http://www.nzdl.org/gsdllmod?e=d-00000-00---off-0cdl--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-01--11-en-50---20-help---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00-0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&c=cdl&cl=CL4.30&d=HASH015bbb10c6f5cb2249d93782.9>>. Acesso em: 08/05/2022.

CETESB, Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Logística Reversa. 2021. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/logisticareversa/logistica-reversa/motivadores-e-objetivos-da-logistica-reversa/>>. Acessado em: 03/03/2022.

CONAB, Companhia Nacional De Abastecimento. Série histórica de área plantada, produção e produtividade. CONAB, 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/>>. Acessado em: 22/06/2022.

CORECON, Conselho Regional De Economia. Caderno Nº 006/2021 Indústria de Óleos Vegetais. CORECON, 2021. Disponível em: < <https://corecondf.org.br/caderno-no-006-2021-industria-de-oleos-vegetais/>>. Acessado em: 08/07/2022.

CREA-MG, Conselho Regional De Engenharia E Agronomia De Minas De Gerais. Disponível em: <<https://www.crea-mg.org.br/quem-somos/camara/quimica>>. Acessado em: 08/06/2022.

CRQ, Conselho Regional De Química. Disponível em: <<https://www.crq4.org.br/engenheiros>>. Acessado em: 07/07/2022.

CORDERO-RAVELO, V.; SCHALLENBERG-RODRIGUEZ, J. Biodiesel production as a solution to waste cooking oil (WCO) disposal. Will any type of WCO do for a transesterification process? A quality assessment. J. Environ. Manage, 228, p. 117-129, 2018.

DA MOTTA, E. F. R. O. Fabricação de produtos de higiene pessoal. Dossiê Técnico: REDETEC - Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, mai. 2007.

DE MORA, E. F.; TORRES, C.; VALERO, A. Thermoeconomic analysis of biodiesel production from used cooking oils. Sustainability (Switzerland), v.7, n. 5, p. 6351-6335, 2015.

DE MORAES, R.; MACIEL, A. B.; SOUZA, M. J.; RIGHI, E. Reciclando óleo de cozinha: conscientização ambiental e ensino do fabrico de sabão ecológico. Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2018.

ECÓLEO - Associação Brasileira Para Sensibilização, Coleta, Reaproveitamento e Reciclagem de Resíduos de Óleo Cosmético. Reciclagem de óleo. 2018. Disponível em: < <https://ecoleo.org.br/projetos/6766-2/>>. Acessado em: 03/03/2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 23/04/2022.

EPA, Environmental Protection Agency. 2015. Disponível em: <<https://www.epa.gov/controlling-air-pollution-oil-and-natural-gas-industry/actions-and-notices-about-oil-and-natural>>. Acessado em: 12/01/2022.

FARIA, A. K. C. A. de; SERRA, J. C. V. Gerenciamento de óleo residual - Proposta de intervenção para a cidade de Palmas - TO. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, v. 17, n. 1, p. 17, 2020.

FELIX, S., ARAUJO, J., PIRES, A. M., nd SOUSA, A. C. 2017. Soap production: a green prospective. *Waste Management*. [Online]. 66. pp.190-195.

FOGAÇA, J. R. V. Composição química do sabão. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/curiosidades-quimica/composicaoquimica-sabao.htm>>. Acesso em: 21/12/2021.

FRANÇA, L. Óleo de cozinha: 50 mL poluem 25 mil litros d'água. *Tribuna Independente*, 2019. Disponível em: <<https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2019/06/01/72977-oleo-de-cozinha-50-ml-poluem-25-mil-litros-dagua>>. Acessado em: 02/02/2022.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T. A. P. de C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de Nutrição*, v. 26, n. 3, p. 353–358, jun. 2013.

LANDI, F. F. A.; FABIANI, C.; CASTELLANI, B.; COTANA, F.; PISELLO, A. L. Environmental assessment of four waste cooking oil valorization pathways. *Waste Management*, v. 138, p. 219–233, 1 fev. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X21006255>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

GIRGIS, A. Y. The utilization of discarded oil from potato chip factories in toilet soap making. *Grasas y Aceites*. 55(3). p.264-272. 2004. Disponível em: <<https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/175/175>>. Acessado em: 04/06/22.

GONÇALVES, M. F. S.; CHAVES, G. de L. D. Perspectiva do Óleo Residual de Cozinha (ORC) no Brasil e suas dimensões na Logística Reversa. *Revista Espacios*, v. 35, n. 8, p. 16, 2014.

HARTMAN, L.; ESTEVES, W. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais. São Paulo, SP. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, p. 1 - 54, 1982.

INEA, Instituto Estadual Do Ambiente. 2021. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/secretaria-de-estado-do-ambiente-e-sustentabilidade-e-inea-lancam-programa-estadual-de-logistica-reversa/>>. Acessado em: 29/01/2022.

IPEA, Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. 2021. Comércio exterior de produtos do agronegócio: Balanço de 2020 e perspectivas para 2021. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/210331\\_cc\\_50\\_nota\\_29\\_setor\\_externo\\_agro.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/210331_cc_50_nota_29_setor_externo_agro.pdf)>. Acessado em: 07/02/2022.

LOPES, F. H. B.; MELO DE SOUZA, A. C. S. L.; LOPES, C. B.; SILVA JR, G. G. Produção e distribuição de sabão caseiro em comunidades carentes como ação de enfrentamento à covid-19. *Revista Educação Pública*, v. 21, n. 11, 30 mar. 2021. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/11/producao-e-distribuicao-de-sabao-caseiro-em-comunidades-carentes-como-acao-de-enfrentamento-a-covid-19>>. Acesso em: 27/11/2022.

MANNU, A.; GARRONI, S.; IBANEZ PORRAS, J.; MELE, A. Available Technologies and Materials for Waste Cooking Oil Recycling. *Processes*, v. 8 (3), p. 366, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9717/8/3/366>>. Acesso em: 22/12/2021.

MAOTSELA, T.; DANHA, G.; MUZENDA, E. Utilization of Waste Cooking Oil and Tallow for Production of Toilet “Bath” Soap. *Procedia Manufacturing*, v. 35, p. 541–545, 1 jan. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2351978919309862>>. Acesso em: 8 jun. 2022.

NASCIMENTO, A. C. M.; NASCIMENTO, R. M.; CAETANO, R. A logística reversa do óleo de fritura usado como solução para problemas ambientais. 2010. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/images/oleo.pdf>>. Acesso em: 03/11/2021.

OIL WORLD. 2020. Disponível em: < <https://www.oilworld.biz/t/statistics/commodities>>. Acesso em: 22/05/2022.

OLIVEIRA, M. M.; GONÇALVES, M. F. S. Perspectivas do óleo residual de fritura: uma abordagem econômica, jurídica e socioambiental. *Revista Espacios*, v. Vol. 37, n. Nº 25, p. 17, 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n25/16372517.html>>. Acesso em: 16/05/2022.

OLIVEIRA, J. P.; ANTUNES, P. W. P.; PINOTTI, L. M.; CASSINI, S. T. A. Physico-Chemical Characterization Of Oily Sanitary Waste And Of Oils And Greases Extracted For Conversion Into Biofuels. *Química Nova*, v. 37, n. 4, p. 597–602, 2014. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0100-4042.20140094>>. Acesso em: 23/02/2022.

PEDROSA, S. M. P. A. Programa Aí tem Química!: Cosméticos – higiene e limpeza. 2015. Disponível em: <<http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/video/aitemquimica/cosmeticos/higieneelimpeza/guiaDidatico.pdf>>. Acesso em: 10/03/2022.

PITTA JUNIOR, O. S. R.; NOGUEIRA NETO, M. S.; SACOMANO, J. B.; LIMA, A. Reciclagem do óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo. *Keyelements for a sustainable world: Energy, water and climate change. 2ns International Workshop –Advences in Cleaner Production*. São Paulo, Brasil ,maio 2009. Disponível em:<[sessoes/4b/2/M.%20S.%20Nogueira%20-%20Resumo%20Exp.pdf](https://www.sessoes/4b/2/M.%20S.%20Nogueira%20-%20Resumo%20Exp.pdf)> Acesso em: 18/01/2022.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. *Revista Analytica*, 27:60-67, 2007.

RIBAS, M. A. da S.; LEONARDA, H. O Estudo De Viabilidade Para A Implantação De Uma Fábrica De Sabão Ecológico Segundo Os Princípios Da Economia Solidária. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 2008.

ROCHA, A. do A. Brasil joga cerca de 1 bilhão de litros de óleo de cozinha no ralo a cada ano. *Broadcast+*, p. 1–3, 14 set. 2021. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/blogs/coluna-do-broad/brasil-joga-cerca-de-1-bilhao-de-litros-de-oleo-de-cozinha-no-ralo-a-cada-ano/>>. Acesso em: 1 dez. 2021.

ROSA DA SILVA, T. A. Biodiesel de óleo residual: Produção através da transesterificação por metanólise e etanolise básica, caracterização físico-químico e otimização das condições

reacionais. Tese da obtenção do título de Doutorado em Química apresentada ao Programa Multi-institucional de Doutorado em Química em UFG/UFMS/UFU. 2011

RUSSI, D. An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone? *Energy Policy*, 36 (3), pp. 1169-1180, 2008.

SABESP, Companhia De Saneamento Básico Do Estado De São Paulo. 2020. Disponível em: < <https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=82>>. Acessado em: 29/03/2022.

SBRT, Serviço Brasileiro De Respostas Técnicas. Dossiê Técnico - Produtos Químicos: Sabão. 2007. Edição atualizada em Jun. de 2021.

SEBRAE, Serviço Brasileiro De Apoio Às Micro E Pequenas Empresas. O que são resíduos. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-sao-residuos-e-o-que-fazer-com-eles,ca5a438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 9 jun. 2022.

SNIS, Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>>. Acessado em: 09/03/2022.

SHAHBANDEH, M. Vegetable oils: Production worldwide 2012/12-2021/22, by type. STATISTA, 2022. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/263933/production-of-vegetable-oils-worldwide-since-2000/>>. Acessado em: 24/06/2022.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C.. Use of stillage and its impact on soil properties and groundwater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, B. G.; PUGET, F. P. Sabão de sódio glicerinado: produção com óleo residual de fritura. *Revista Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.

SILVA, A. M. N. Gestão de Óleo Residual de Fritura Visando a Sustentabilidade. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.

SILVA, J. D. da; HECK, M. Panorama Da Logística Reversa Do Óleo Residual De Fritura No Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, p. 720, 21 fev. 2020.

SBQ, Sociedade Brasileira de Química. Biodiesel: Possibilidade e Desafios, 2008. Disponível em: < <http://publi.s bq.org.br/?agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>. Acessado em: 09/06/2022.

SODHI, A. K.; TRIPATHI, S.; KUNDU, K. Biodiesel production using waste cooking oil: a waste to energy conversion strategy. *Clean Technol. Environ. Policy*, v 19 (6), p. 1799-1807, 2017. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-017-1357-6>>. Acessado em: 11/12/2021.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. Química Orgânica. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006. 2 v.

SOUSA, N. M. de O.; MOURA e SILVA, M. S. O.; SILVA, R. M.; SANTOS, S. R. R.; SÁ, E. R. A. de. Impactos Ambientais Causados Pelo Descarte Inadequado Do Óleo De Cozinha E As

Suas Formas De Reuso. In: V Congresso Internacional das Licenciaturas | Cointer - PDVL 2018, Anais...International Journal Education and Teaching, 3 fev. 2018.

SUAREZ, P. A. Z.; MELLO, V. M. Gestão sustentável de óleos e gorduras residuais na Universidade de Brasília: rumo à responsabilidade ambiental e social. Universidade para o Século XXI: Educação e Gestão Ambiental na Universidade de Brasília, p. 59–70, 2011. Disponível em: <[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/32356/1/CAPITULO\\_GestaoSustentavelOleos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/32356/1/CAPITULO_GestaoSustentavelOleos.pdf)>. Acesso em: 27 maio. 2022.

SUPPLE, B.; HOWARD-HILDIGE, R.; GONZALEZ-GOMEZ, E.; LEAHY, J. J. The effect of steam treating waste cooking oil on the yield of methyl ester. *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.*, v.79 (2), p. 175-178, 2002. Disponível em<<https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-002-0454-1>>. Acessado em: 18/01/2022.

TSAI W-T, LIN C-C, YEH C-W. An analysis of biodiesel fuel from waste edible oil in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v. 11.p. 838–57. 2007

THODE FILHO, S.; CALDERARI, M. R. C. M.; PEREZ, D. V.; PAIVA, J. L.; SOUZA, P. S. A.; CERQUEIRA, A. A. Efeitos associados ao descarte inadequado do óleo vegetal residual nas propriedades físico-químicas do solo. *Natural Resources*, v. 10, n. 3, p. 25–37, 12 ago. 2020. Disponível em: <<http://www.sustenere.co/index.php/naturalresources/article/view/CBPC2237-9290.2020.003.0004>>.

THUSHARI, I.; BABEL, S. Comparative study of the environmental impacts of used cooking oil valorization options in Thailand. *Journal of Environmental Management*, v. 310, p. 114810, 15 maio 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479722003838>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

UCHIMURA, M. S. Dossiê Técnico: Sabão. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT, 2021.

ZHAO, N.; LI, B.; CHEN, D.; AHMAD, R.; ZHU, Y.; LI, G.; YU, Z.; LI, J.; WANG, E.; YUN, S.; YOON, H.; YOON, I.; ZHOU, Y.; DONG, R.; WANG, H.; CAO, J.; HE, J.; JU, X. Direct combustion of waste oil in domestic stove by an internal heat re-circulation atomization technology: Emission and performance analysis. *Waste Manage.*, 104, 20-32, 2020.