



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Reconhecido pelo Decreto-Lei Nº. 82170, de 24 de agosto de 1978.

Rafael Teixeira Escórcio Athayde

**Análise de viabilidade econômica de unidade de beneficiamento do óleo residual de
fritura.**

NATAL-RN
2018

Rafael Teixeira Escórcio Athayde

**Análise de viabilidade econômica de unidade de beneficiamento do óleo residual de
fritura**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado à Universidade Federal do Rio
Grande do Norte como requisito para a obtenção
do título de Engenheiro(a) Químico(a).

Orientador(a): Prof. Dr. Marciano Furukava

**NATAL-RN
2018**

AGRADECIMENTOS

Ao Universo, que de todas as infinitas possibilidades me presenteou com o meu Eu, Aqui e Agora.

À minha amada mãe, fazendo sempre seu melhor, me instigando a tornar-me a melhor versão de mim mesmo, sendo meu porto e referência, acompanhando meu crescimento muito antes de 1995.

Ao meu avô Antônio dos Santos Gondim Teixeira, por me ensinar o que é Família, me mostrar o que é caminhar reto, lutar com coragem pelo que se acredita, e me provar que trabalho, quando bem feito, vira legado após nossa partida.

Aos meus tios Luis Carlos e Jane e seus filhos, me recebendo de braços abertos em São Paulo, me acolhendo e proporcionando tudo que um lar tem a oferecer.

Aos meus novos avós, Lourdes e Jamil Hallage, retirando sangue dos meus critérios de família.

Ao meu amigo, professor e orientador Marciano Furukava, pela confiança em meu trabalho, orientação, oportunidade no momento certo e por me instigar a pensar no meu futuro quanto pessoa e profissional.

Ao Chile, grupo de amigos, companheiros de jornada evolutiva, irmãos que a vida me deu.

A Pedro Cataldi e Matheus Romano, responsáveis pelo aumento da nossa expectativa de vida provocado pelo riso. Vivemos para sempre, amigos!

Ao grupo de amigos 'Prainha' eliminando os limites de sala de aula para a família 'EQ'.

A todos da equipe YouGreen e parceiros, por me ajudarem a dar meus primeiros passos em trajetória profissional, e por mostrarem pragmaticamente ao mundo que resíduos são, sim, dotados de valor econômico e social.

A Carol, minha companheira e amiga, pelos incentivos, paciência, ouvido e coração atentos e disponíveis.

RESUMO

Amplamente presente na mesa dos brasileiros, o óleo de cozinha vem sendo o objeto de debates ambientais, campanhas de coleta e pesquisas científicas, não só pela sua potencialidade de contaminar solos e águas após descarte inadequado, mas também pela posse de valor monetário e social mesmo após seu consumo. Desse modo, este estudo propõe um processo simples para beneficiamento do óleo residual de fritura, bem como avalia economicamente sua instalação e operação. Apesar do estudo não levar em consideração investimentos em marketing, análises laboratoriais entre outros, após a elaboração do processo e o levantamento e análise dos custos iniciais e de produção, foi concluído que a planta de beneficiamento de óleo residual é viável de acordo com os fatores abordados.

Palavras-chave: Óleo de fritura, Resíduo, Beneficiamento, Custos

ABSTRACT

Widely present on the table of Brazilians, cooking oil has been the subject of environmental debates, collection campaigns and scientific research, not only for its potential to contaminate soils and waters after inadequate disposal, but also for the possession of monetary and social value after consumption. Thus, this study proposes a simple process for the beneficiation of the residual frying oil, as well as economically evaluates its installation and operation. Although the study does not take into account investments in marketing, laboratorial analyzes, among others. After the elaboration of the process and the analysis and analysis of the initial and production costs, it was concluded that the waste oil treatment plant is feasible according to the factors addressed.

Key words: Cooking oil, Waste, Processing, Costs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mono; di-; e triacilglicerídeo	13
Figura 2 - Atividades características do processo logístico reverso	21
Figura 3 – Centrais de triagem em canal pós-consumo	23
Figura 4 – Reação de transesterificação	24
Figura 5 – Fluxograma do processo proposto	27
Figura 6 – Mesa filtradora e tanques de armazenamento	28
Figura 7 – Lavadora de bombonas	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do óleo de soja	14
Tabela 2 – Investimento Inicial	33
Tabela 3 – Custos operacionais	34
Tabela 4 – Preços de venda do óleo beneficiado	35
Tabela 5 – Lucro bruto da planta de beneficiamento	35

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

NBR – Norma Brasileira

ORF – Óleo Residual de Fritura

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SABESP – Companhia de Saneamento Básico Do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 OS ÓLEOS E GORDURAS	13
3.2 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO ÓLEO VEGETAL.....	14
3.2.1 Extração mecânica	14
3.2.2 Extração por solvente.....	15
3.3 ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS (OGR).....	15
3.3.1 Alterações químicas e físicas no óleo após fritura.....	15
3.3.2 Riscos ambientais.....	17
3.3.3 O Resíduo e a legislação	18
3.4 LOGÍSTICA REVERSA.....	20
3.4.1 Logística reversa pós consumo	22
3.5 BIODIESEL	23
3.5.1 Biodiesel e legislação.....	25
3.6 COOPERATIVISMO.....	25
4. METODOLOGIA E PROCESSAMENTO.....	27
4.1 FLUXOGRAMA DA CÉLULA DE BENEFICIAMENTO.....	27
4.1.1 Aquecimento e filtração	29
4.1.2 Decantação	29
4.1.3 Lavagem de bombonas	29
4.2 BALANÇO DE MASSA	30
4.3 CONSUMO ENERGÉTICO.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 BALANÇO DE MASSA	31
5.2 GASTO ENERGÉTICO	32
5.2.1 Mesa de Filtragem.....	32

5.2.2	Lavadora de bombonas	32
5.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	33
5.3.1	Investimento inicial.....	33
5.3.2	Custos de operação	33
5.3.3	Valor de venda	35
5.3.4	Lucro bruto estimado	35
6.	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Amplamente presente na mesa dos brasileiros, o óleo de cozinha vem sendo o objeto de debates ambientais, campanhas de coleta e pesquisas científicas não só pela sua potencialidade de contaminar solos e águas após descarte inadequado, mas também pelo valor econômico associado mesmo após sua utilização.

Advindo do setor agrícola, cujo crescimento é constante, somente no Brasil, em 2017 foram produzidas, aproximadamente, 8,43 milhões de toneladas de óleo de soja, dos quais 84% foram destinados ao consumo doméstico (ABIOVE, 2018). Tendo em vista a possibilidade de descarte inadequado pós-consumo, é latente a necessidade de estruturar alternativas apropriadas para a coleta, reutilização e possível reinserção desse resíduo em um novo processo produtivo.

Inúmeras estratégias para dar capilaridade a sistemas de coleta de óleo usado estão em evidência. Esforços governamentais e oriundos da iniciativa privada ora atuam solitários, ora se confluem nessa empreitada. Em 2015, a rede Mc Donalds havia rodado quase 5 milhões de quilômetros com biodiesel puro, produzido a partir de seu próprio resíduo de óleo de cozinha (RODRIGUES, 2015). Já no Estado de São Paulo, tem-se a iniciativa “Óleo sustentável”, aliança do governo do Estado com a Associação Brasileira das Indústrias, dentre outras parceiras, oferecendo conscientização e a informação de pontos de coleta de óleo ao usuário (SÃO PAULO, 2018).

O terceiro setor também se encontra na linha de frente da atuação em favor da captura e geração de valor do óleo usado. Zucatti et al. (2013) afirmam ter influências de ONGs em programas de recolhimento de óleo por todo o Brasil, por meio de iniciativas em Salvador, Florianópolis, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, onde o óleo é reaproveitado como elemento para a produção de sabão, resina de tintas, biodiesel e ração animal.

Na cidade de São Paulo há 9 cooperativas subsidiadas pela prefeitura que recebem óleo usado (SÃO PAULO, 2013). Esse tipo de entidade faz parte do que no Brasil se chama Economia Solidária e é marcado pela autogestão e coletividade, sendo, neste caso, uma organização capaz de humanizar e formalizar trabalhadores e trabalhadoras da coleta seletiva (GUTIERREZ e ZANIN, 2012).

Tendo em vista as questões já mencionadas, é objetivo deste trabalho incidir mais conhecimento acadêmico sobre a problemática do descarte de óleo de cozinha usado, realizando o estudo de viabilidade econômica de uma planta de beneficiamento deste resíduo, a partir de um processo simples e de fácil replicabilidade.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Definir o fluxograma e analisar a viabilidade técnica e econômica de uma estação de tratamento de óleo residual de fritura em uma unidade de processamento construída em uma cooperativa de trabalho e beneficiamento de resíduos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

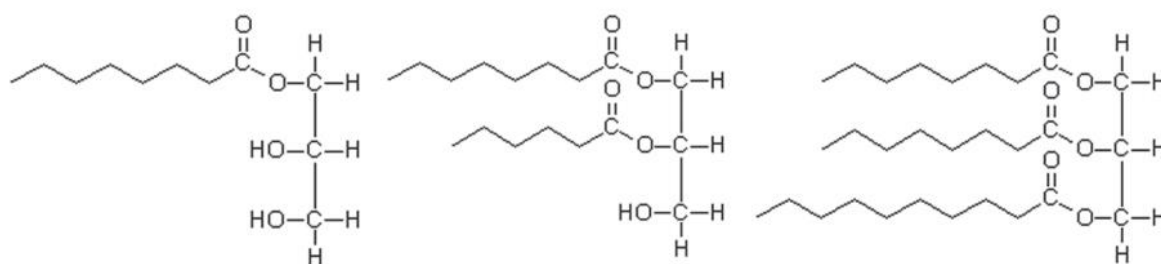
- Estabelecer o processo produtivo e suas premissas;
- Desenvolver o balanço de massa do processo para determinação da quantidade de óleo beneficiado;
- Avaliar a viabilidade econômica do projeto através da análise dos custos associados a implantação e operação da planta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 OS ÓLEOS E GORDURAS

Sob um prisma químico, óleos e gorduras são lipídeos, fundamentalmente, constituindo-se de uma gama de compostos químicos, os quais ácidos graxos e seus derivados como mono; di-; ou triacilglicerídeos representam maior importância (OLIVEIRA et. al, 2008). A Figura 1, trazida pelos mesmos autores, representa os compostos supramencionados: mono; di-; e triacilglicerídeo, da esquerda para a direita, respectivamente.

Figura 1 – Mono; di-; e triacilglicerídeo



Fonte: OLIVEIRA et al. (2008)

O resultado dessa combinação varia com as diversas combinações entre os ácidos graxos, elemento de caráter hidrofóbico, cujas características são conferidas pelo tamanho de sua cadeia, presença e/ou recorrência de insaturações (RAMALHO e SUAREZ, 2013).

A resolução da ANVISA RDC 2007 de 2005 traz a diferença entre óleo e gordura: “Os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C.”

Óleos de origem vegetal são fontes de energia renovável, e dos produtos que são obtidos das plantas é um dos principais (PEREIRA, 2016). Por volta de 80% do óleo vegetal produzido vai para fins industriais no segmento de alimentos (SILVA, 2009; REDA, et al., 2007 apud. PEREIRA, 2016). *In natura* ou modificado, os óleos e gorduras animais e vegetais desempenham papel crucial em diversos segmentos, como lubrificantes, materiais poliméricos, biocombustíveis, revestimentos, adesivos estruturais, entre outros.

A soja é a fonte do óleo mais amplamente utilizado para fins industriais (COSTA NETO et al., 1999). Dito isso, o mesmo trabalho traz a composição desse óleo, o qual possui uma composição, majoritariamente, formada por cinco ácidos graxos: palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico (Tabela 1). Costa Neto et al. (1999) ainda trazem que a proporção relativa dos ácidos graxos se mantém constantes após reação de transesterificação.

Tabela 1 – Composição do óleo de soja

Ácidos Graxos	Nº. de carbonos	Composição (%)
láurico	C12:0	0,1 (máx.)
mirístico	C14:0	0,2 (máx.)
palmítico	C16:0	9,9 - 12,1
palmitoléico	C16:1 (9)	traços-0,2
esteárico	C18:0	3 - 5,4
oleico	C18:1 (9)	17,7 - 26
linoleico	C18:2 (9, 12)	49,7 - 56,9
linolênico	C18:3 (9, 12, 15)	5,5 - 9,5
araquídico	C20:0	0,2 - 0,5
gadoléico	C20:1 (5)	0,1 - 0,3
behênico	C22:0	0,3 - 0,7
erúcido	C22:1	0,3 (máx.)
lignocérico	C24:0	0,3 (máx.)

Fonte: COSTA NETO et al. (1999)

Ramalho e Suarez (2012) afirmam que mais de 10 ácidos graxos diferentes podem ser encontrados em fontes oleaginosas, e por ter essa grande combinação é comum nos referirmos à composição de óleos e gorduras em função apenas de seus ácidos graxos. Petrauskaitė et al. (1999) apontam que processos químicos e físicos são usados para modificar a composição de óleos para ampliar as possibilidades de seu uso, seja por via química como hidrogenação e interesterificação, ou física tal qual fracionamento. A estabilidade e propriedades organolépticas do azeite de oliva, por exemplo, são conferidas pela presença 1 a 2% de substâncias não-similares aos ácidos graxos (VISIOLI e GALLI, 1998).

3.2 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO ÓLEO VEGETAL

Os óleos de origem vegetal podem ser extraídos de diversas formas. Os processos variam em grau de complexidade e escalabilidade, sendo eles a extração por solventes, para grandes volumes, e as prensagens hidráulica por batelada e a mecânica contínua (ou *expeller*) para baixos a médios. Esses processos também podem ser combinados para uma maior eficiência da extração (WEISS, 1983).

3.2.1 Extração mecânica

O processo de obtenção de óleos via prensagem mecânica, apesar de rudimentar, ainda é observado em localidades rurais em culturas antigas como é o caso da produção de

azeite de oliva (RAMALHO et al. 2012). A mesma técnica é utilizada na indústria orgânica e na produção de óleos especiais, segmentos onde a presença de solventes derivados do petróleo não é aceita e necessitam de uma técnica economicamente viável (SINGH et al., 2002).

Segundo trabalho realizado por Shukla e outros (1992) esta técnica consiste na prensa de oleaginosas por meio dos moinhos ou fusos de extração, onde por meio da pressão e do calor gerado o óleo é expelido das sementes, proporcionando uma torta com teor de óleo de 6 a 1%. Ainda no mesmo estudo é mencionado a possibilidade de dupla prensagem, mas apenas observando critérios de economia, tipo de semente e utilização da torta resultante.

É nessa técnica que fatores como temperatura e teor de umidade afetam a eficiência do processo (PIGHINELLI et al., 2008). O aquecimento favorece a extração pois resulta na quebra das células de óleo e na diminuição da viscosidade, enquanto o teor de umidade é fator preponderante no teor residual de óleo na torta (SINGH et al., 1984, 2002).

3.2.2 Extração por solvente

Comercialmente, óleos de cozinha são comumente extraídos de oleaginosas via ação de solventes orgânicos, como o n-hexano ou isopropanol (IWANANGA et al. 2007). O processo de extração via solvente é mais difundido pela maior eficiência relativa à extração mecânica (LI et al., 2006). Ainda em trabalho do mesmo autor, aponta-se 3 estágios relativos ao processo por ação de solvente: (1) Penetração do solvente nas oleaginosas; (2) Óleo solubilizado no solvente; (3) Difusão do óleo da matriz sólida para a fase líquida constituída pelo solvente.

A eficiência do processo de extração envolvendo hexano e afins vem a um alto risco ao meio-ambiente e à segurança. Apesar de alta taxa de recuperação de óleo no final do processo, se trata de um componente orgânico e de origem fóssil (CHENG, 2016). A extração via hexano ainda pode ser potencializada por técnicas extras, como pré-tratamento ultrassônico e adição de enzimas como a celulase, quebrando a parede celular e facilitando a liberação de óleo (GHASEMI e DINANI, 2018). Ainda sobre os mesmos autores, extrações enzimáticas de óleo podem ser utilizadas com solvente aquoso, mas levam desvantagens com relação ao hexano por requererem maior tempo, maior quantidade de água, maior custo com enzimas, necessidade de desemulsificação e outros.

3.3 ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS (OGR)

3.3.1 Alterações químicas e físicas no óleo após fritura

Diversos métodos são utilizados na preparação de alimentos, dentro os quais o aquecimento desempenha papel fundamental, seja no preparo de assados, cozidos ou frituras. Este último é amplamente utilizado por conferir sabor, textura, cor e palatabilidade aos alimentos (SOUZA et al., 2014). Contudo, o óleo vegetal, responsável pelo processo de fritura, é utilizado, por razões econômicas, durante longos períodos de tempo, sendo aquecido na faixa de 160-200 °C, fritando vários tipos de alimentos na presença de ar, água e luz (CVENGROS e CVENGROSOVA, 2002).

Dalai e Kulkarni (2006) relatam que após esse processo são observadas mudanças físicas e químicas, que variam de óleo para óleo. Os mesmo autores ainda citam variações físicas em aspectos como tendência a formar espuma, aumento na viscosidade, alteração na tensão superficial, aumento no calor específico e mudança de cor. Além disso, os óleos podem ser submetidos à três tipos diferentes de reações, sendo elas termolíticas, hidrolíticas e oxidativas (MITTELBAACH e ENZELSBERGER, 1999; NAWAR, 1984).

3.3.1.1 Reações termolíticas

Reações termolíticas ocorrem a altas temperaturas e na ausência de oxigênio. Derivados de ácidos graxos de cadeia saturada, quando aquecidos a altas temperaturas (180°C), formam alcenos, alcanos, ácidos graxos menores, cetonas simétricas, ésteres oxopropílicos, CO e CO₂. Já de ácidos graxos insaturados são formados compostos diméricos, tais quais dímeros saturados e desidrodímeros. Também, através da reação de Diels-Alder, ácidos graxos insaturados reagem entre si para formar dímeros e trímeros (KULKARNI e DALAI, 2006).

3.3.1.2 Reações oxidativas

Quando acilgliceróis insaturados presentes no óleo reagem com o oxigênio do ar dissolvido no mesmo, presenciemos a ocorrência de uma reação oxidativa, resultando na formação de hidroperóxidos como produto primário (KULKARNI e DALAI, 2006). A figura X, adaptada de Velasco e Dobarganes (2002) sintetiza as principais reações de oxidação.

Kulkarni e Dalai (2006) ainda afirmam que o hidroperóxido, após reações subsequentes, pode formar produtos secundários como hidroperóxidos isoméricos que possuem grupos de dienos conjugados. Derivados de hidroperóxidos também podem apresentar diferenças no que tange peso molecular, limiar de sabor e papel biológico (VELASCO e DOBARGANES, 2002).

A ruptura das ligações O-O de hidroperóxidos geram os radicais alcóxidos (KULKARNI e DALAI, 2006). Os mesmos ainda afirmam que esse radical pode perder ou ganhar hidrogênios para formar ceto e hidróxi derivados, respectivamente. Velasco e Dobarganes (2002) afirmam que a decomposição dos radicais alcóxidos geram vários compostos químicos como aldeídos, hidrocarbonetos, ácidos e semialdeídos. Os mesmos autores afirmam que na presença de oxigênio, compostos diméricos e oligoméricos podem ser formados por radicais peróxidos e alcóxidos.

3.3.1.3 Reações hidrolíticas

A hidrólise dos triglicerídeos ocorre com o vapor produzido durante o preparo do alimento (KULKARNI e DALAI, 2006). Do vapor que se é produzido, parte evapora em instantes, mas o que permanece no óleo leva à sua quebra, gerando mono e diglicerídeos, glicerol e ácidos graxos livres (MITTELBACH e ENZELSBERGER, 1999). A mensuração da presença de mono e diglicerídeos, e não de ácidos graxos livres, é um indicativo que houve reação de hidrólise, pois parte de ácidos graxos livres são perdidos durante o processo de fritura (GUESTA et al., 1993).

3.3.2 Riscos ambientais

Óleos e gorduras, pelo fato de serem amplamente utilizados em ambiente residencial e comercial, a exemplo de restaurantes e redes de lanchonetes, merecem cuidado redobrado ao serem descartados. Segundo a SABESP (2018), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, o óleo de cozinha causa grandes danos às redes coletoras de esgotos. Esses problemas são causados pela presença de óleo e gorduras e outros resíduos, onde, uma vez combinados, causam a obstrução dos encanamentos das redes coletoras, os quais, por sua vez, resultam em vazamentos de esgoto nas ruas e residências.

Em trabalho publicado por Pitta Jr et al. (2009), o mesmo cita um efeito dominó causado pelo mesmo descarte inadequado de óleo na rede de esgoto. Este efeito começa com o rompimento das tubulações da rede de esgoto, causado pelo acúmulo de óleo e outros resíduos, resultando no vazamento de óleo para os lençóis freáticos, rios e lagos. No mesmo âmbito, Zucatto et al. (2013) cita em seu trabalho que para desobstruir as tubulações atingidas pelo acúmulo de óleo se faz necessário o uso de produtos químicos tóxicos.

O mesmo problema de contaminação de corpos hídricos é mencionado pela Sabesp (2018), a qual afirma que 1 litro de óleo é o suficiente para contaminar até 25 mil litros

d'água, causando o descontrole da concentração de oxigênio na água, culminando na morte de peixes e outras espécies. A mesma companhia cita que essa diminuição nos níveis de oxigênio se dá pela formação de película de óleo na superfície de lagos e afins, impedindo a troca gasosa.

Lopes et. al (2009) vai ainda mais longe ao afirmar que o despejo de óleos e gorduras na rede de esgoto pode encarecer o tratamento desse efluente em até 45%. O mesmo ainda menciona que o mesmo óleo que desequilibra ecossistemas hídricos também afeta o solo e pode afetar comunidades, uma vez que causa a impermeabilização de terrenos, contribuindo para enchentes e alagamentos. O mesmo óleo, ao chegar no mar, sofre reações de característica anaeróbia que originam, como subproduto, o gás metano, o qual é um dos responsáveis pelo efeito estufa (LOPES et. al, 2009).

3.3.3 O Resíduo e a legislação

O Brasil vem apresentando dispositivos legais para acompanhar a demanda com relação a gestão de resíduos sólidos. A princípio, temos a definição do que é resíduo sólido, dado pela norma NBR ABNT 10004/2004 – Caracterização e classificação de resíduos sólidos, a qual afirma que resíduos sólidos são:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

A classificação e definição vigente nesta norma são importantes, pois além de ser utilizada como referência por organizações, também o é para órgãos reguladores (VG RESÍDUOS, 2018). O mesmo estudo afirma que é de acordo com esta norma que o descarte, coleta, transporte e armazenamento de resíduos são fiscalizados por órgãos reguladores.

Um esforço legislativo, a nível nacional, mais direcionado à preocupação com a correta destinação do óleo residual tramita sob o Projeto de Lei nº 2.074 de 19 de setembro de 2007. Seu status atual é ‘arquivado’, e constitui importante instrumento legal uma vez que dispõe e sistematiza "a obrigação dos postos de gasolina, hipermercados, empresas vendedoras ou

distribuidoras de óleo de cozinha e estabelecimentos similares de manter estruturas destinadas à coleta de óleo de cozinha usado" (PL 2074/2007).

Conforme, ainda, o Projeto de Lei nº 2.074, os estabelecimentos comerciais supramencionados devem reciclar ou destinar à reciclagem o óleo de cozinha usado, estruturando, por conta própria ou com apoio, sistemas de coleta. Outras atividades a serem instauradas é a conscientização da população sobre os riscos do descarte incorreto, a divulgação dos sistemas de coleta e suas instruções para que sejam melhores aproveitados. Segundo Oliveira e Gonçalves (2016), o projeto não obteve aprovação pois conflitava com o que veio a se tornar a PNRS - Política Nacional de resíduos sólidos, apesar da mesma não abordar de maneira específica a disposição sobre estruturas visando a reciclagem do óleo de cozinha residual.

Já a nível estadual, no Estado de São Paulo, leis já operam na direção de diminuir impactos ambientais e econômicos causados pelo descarte inadequado de óleo de cozinha. A exemplo disso tem-se a Lei nº 12.047, de 21 de setembro de 2005, a qual "Institui Programa Estadual de Tratamento e Reciclagem de Óleos e Gorduras de Origem Vegetal ou Animal e Uso Culinário." Essa lei visa auxiliar o cumprimento de metas, e conceder apoio estratégico, aprimorando atividades econômicas com foco na reciclagem de óleos e gorduras.

Em âmbito municipal, na cidade de São Paulo, há o decreto nº 50.284, de 1º de Dezembro de 2008 que normaliza a Lei nº 14.487, de 19 de julho de 2007, a qual introduziu o Programa de Conscientização sobre a Reciclagem de Óleos e Gorduras de Uso Culinário no Município de São Paulo, tal qual a Lei nº 14.698, de 12 de fevereiro de 2008, que dispõe a respeito da proibição do despejo de óleo comestível no meio ambiente (TERA AMBIENTAL, 2013).

Outro exemplo de mecanismo legal para a tratativa do óleo residual, ainda que indiretamente, ocorre ainda em âmbito municipal na cidade de Porto Alegre. Através da Lei Complementar nº 728, a prefeitura regulamenta o serviço de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, responsabilizando-se pelo seu manejo. Nela estão contidos mecanismos de coleta, acondicionamento, transporte e destinação de resíduos, bem como de responsabilização dos atores envolvidos na questão (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2014).

Com um viés ambiental e social, a Secretaria de Estado do Ambiente do RJ criou o PROVE, Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Estado do Rio de Janeiro. O Programa dialoga com prefeituras, iniciativas privadas e não-governamentais para estabelecer parcerias focadas na coleta e reciclagem do óleo de cozinha (RIO DE JANEIRO, 2014).

Ainda sobre o mesmo programa, Oliveira e Gonçalves (2016) afirmam que o Programa já evitou o descarte inadequado de 15 milhões de litros pelas residências.

É imprescindível para o entendimento da gestão de resíduos sólidos, em se tratando de Brasil, citar o fato de que em 2010 o país obteve um novo arcabouço legal para a problemática dos Resíduos Sólidos. Após 20 anos de tramitação, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ou PNRS, Lei nº 12.305/10, instituiu um conjunto de objetivos, instrumentos, metas, mecanismos e definições que elevam o patamar jurídico e estabelece um recente marco regulatório da temática dos resíduos (BRASIL, 2010).

Silva Filho e Soler (2013) fizeram um trabalho de grande relevância ao analisar a gestão de resíduos sólidos sob o ponto de vista do que está na lei. Com relação à amplitude da PNRS, a análise dos autores diz que a perspectiva geral da mesma vai além do descarte simplório dos materiais, atribuindo a eles sua utilização futura como potencial. Também é dito que os sistemas que estão atualmente em vigência devem se adaptar para viabilizar a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos sólidos.

Um ponto de grande destaque, ainda em se tratando da PNRS é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. São objetivos desse ponto a redução da geração de resíduos bem como do desperdício de materiais (MMA, 2018). A mesma responsabilidade compartilhada possui ferramentas para a sua implementação, como é o caso da logística reversa, a qual os atores têm o dever de recolher produtos e resíduos sujeitos a tal sistema (Silva Filho & Soler, 2013). Ainda sobre os mesmos autores, outra ferramenta de extrema importância é a organização de um sistema apoiado no estabelecimento de cooperativas e outras estratégias de se associar e profissionalizar catadores, importantes atores para o cumprimento dos objetivos da PNRS.

3.4 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa faz parte de um sistema muito maior que a mesma, a exemplo da cadeia de suprimentos e da própria logística (SLAVIERO, 2016). O mesmo autor, em confluência com Zucatto et. al (2013) e Chaves e Batalha (2006) afirmam que ela surge por meio de estratégias implementadas por empresas preocupadas e atentas a leis ambientais, benefícios econômicos como redução de custos e o aparecimento de um número cada vez maior de consumidores ambientalmente conscientes.

Com um conceito inverso ao da simples logística, Rogers, Dale S, Tibben-Lembke, Ronald S. (1999) definem logística reversa como o planejamento, execução, gestão e controle do fluxo de matérias-primas, estoque e produtos finalizados, juntamente com seu fluxo de

informação, do ponto final (consumo) até sua origem, tendo por objetivo o descarte adequado ou a captura de valor. Já Leite (2003) e Chaves e Batalha (2006) definem, de maneira simples, a logística reversa como o retorno de produtos do ponto de consumo para o local de origem para reutilização, reciclagem ou descarte ecologicamente correto.

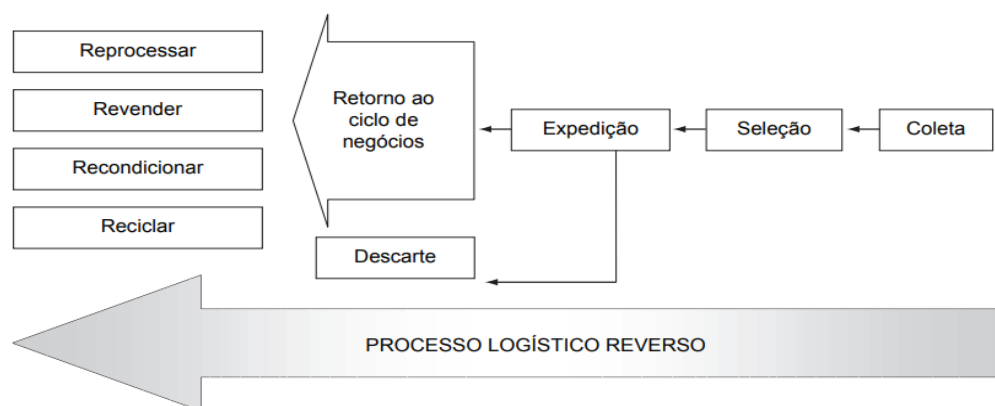
A PNRS traz consigo, em seu 3º artigo, uma definição para a logística reversa, que é:

“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” (BRASIL, 2010).

Esse instrumento, método ou técnica, pode ser usado para retornar diversos produtos ao seu local de origem (ZUCATTO et. al 2013). A exemplo disso temos o Sinctronics, cujo centro integrado de logística reversa retorna eletroeletrônicos de 400 pontos de coleta espalhados pelo Brasil de volta para a linha fabril (SINCTRONICS, 2018); e a HP, que se utiliza da logística reversa para que seus produtos, após consumidos, retornem ao ciclo produtivo como matéria-prima para novos (HEWLET PACKARD DO BRASIL, 2018).

Na Figura 1 temos etapas, simplificadas, características do processo logístico reverso. Da direita para a esquerda o bem, produto ou informação é coletado, selecionado e enviado ao seu retorno para o ciclo de negócios ou para a última das opções, a qual é seu descarte ambientalmente correto (CHAVES e BATALHA, 2006).

Figura 2 - Atividades características do processo logístico reverso



Fonte: CHAVES e BATALHA (2006)

Segundo Leite (2003), a logística reversa possui duas áreas de atuação ou canais de distribuição reverso, que são eles pós-venda ou pós-consumo. O canal pós-venda trata do

retorno do material com nenhum ou pouco uso, cujas avarias são de responsabilidade do fabricante ou distribuidor, ou ainda por desagrado dos consumidores (CHAVES e BATALHA, 2006 apud. ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998). Já o canal reverso do pós-consumo trata de produtos usados ou em fim de vida útil, que retorna do consumidor por vias específicas pois possuem capacidade de serem reutilizados, reciclados, desmontados ou descartados corretamente (LEITE, 2003).

3.4.1 Logística reversa pós consumo

Planejamento, controle e disposição final de bens consumíveis, segundo Guarnieri et. al (2005), caracterizam a logística reversa pós-consumo. Os mesmos autores afirmam que há diversas formas de se obter e agregar valor econômico a estes bens pós-consumo, como é o caso de reuso, reciclagem e até incineração para a obtenção de energia elétrica. Já Leite (2003) vai mais longe ao relatar que a implantação da logística reversa pós-consumo tem como objetivo obter vantagens econômicas a exemplo da revalorização de bens pela reutilização e reprocesso, ou até economias provenientes da reciclagem e menos consumo de matéria-prima.

De acordo com o CEMPRE (2015), a associação Compromisso Empresarial para a Reciclagem, muitos são os materiais, elementos-base de sistemas reversos, cuja logística reversa pós-consumo beneficiam o mercado. Entre os materiais estão papel, papelão, alumínio, aço, vidro, plástico e embalagens longa-vida, cujos esforços para sua reinserção na cadeia produtiva movimentam atores como recicladores, cooperativas, consumidores, lojas, prestadoras de serviços e prefeituras.

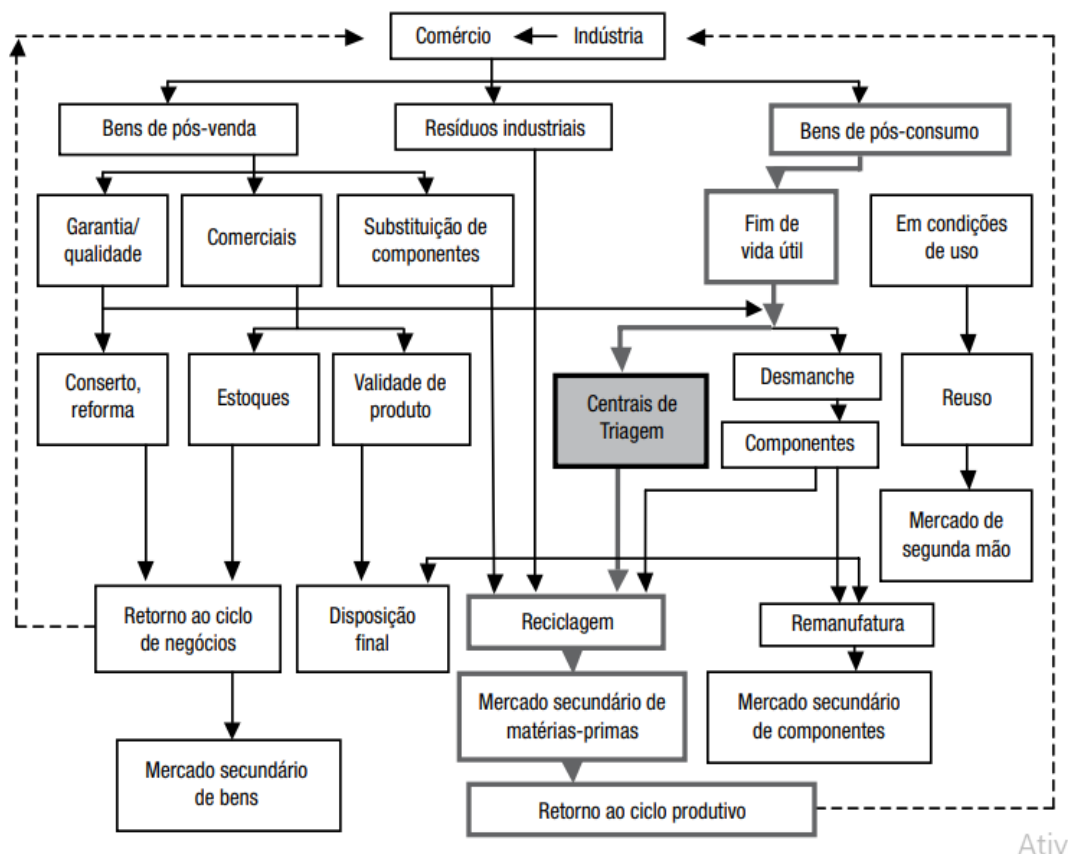
O óleo de cozinha é um bem de consumo cujo valor pode ser capturado utilizando-se da mesma ideia de logística reversa pós-consumo. Zucatto et. al (2013) afirma que empresas de diversos segmentos ligado a óleo e energia atuam em conjunto para gerar valor econômico mesmo após utilizado. Em seu estudo, o autor acompanha a geração de óleo de cozinha residual por donas de casa, sua posterior coleta e beneficiamento, até a captura de seu valor através da produção de biodiesel, cuja produção é o modo mais difundido de aproveitamento de óleo residual.

De acordo com pesquisa realizada por Souza et. al (2012), os importantes dos canais reversos constituem-se de cooperativas de reciclagem. Os mesmos autores apontam, ainda que, embora receptores de investimentos tímidos, sua importância se dá pelo papel de ora

atuarem como receptores de resíduos pós-consumo, ora como fornecedores de matéria-prima para a indústria.

A Figura 3 representa a participação de centrais de triagem nos canais reversos pós-consumo.

Figura 3 – Centrais de triagem em canal pós-consumo



Fonte: SOUZA et al. (2012)

3.5 BIODIESEL

Além da obtenção de energia por vias hidrelétricas e nucleares, a matriz energética mundial é constituída primordialmente de gás natural, petróleo e carvão. Estas últimas são finitas, portanto, a busca por fontes alternativas é imprescindível (Schuchardt et. al, 1998). Nesse quesito várias frentes de pesquisa estão tentando mitigar a dependência de combustíveis derivados de petróleo. Uma das alternativas é o desenvolvimento de combustíveis provenientes de fontes renováveis tais quais óleos vegetais, os quais possuem performance equivalente ao diesel (KULKARNI e DALAI, 2006).

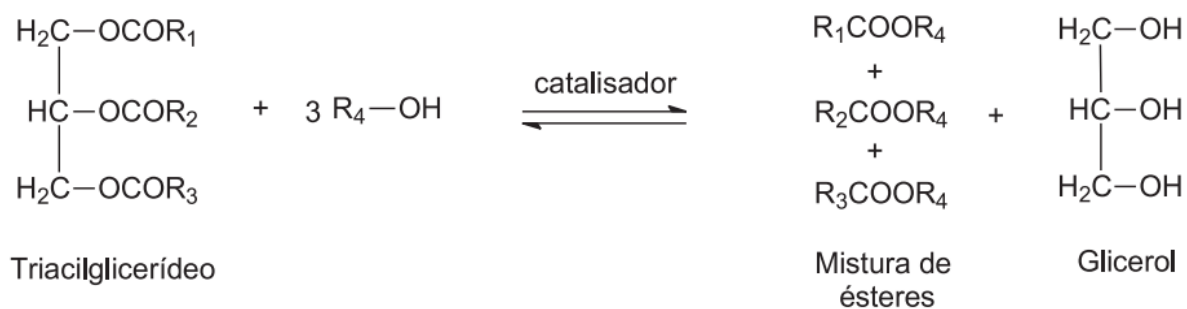
O uso de óleos vegetais e gorduras animais diretamente como combustível não é apropriado devido a sua alta viscosidade e baixa volatilidade (LAM et al., 2010). Além disso,

a utilização de óleos vegetais puros como combustível, no longo prazo, ocasiona problemas em motores tais como deposição, problemas com anéis dos pistões e carbonização dos injetores (MUNIYAPPA et al., 1996). Como solução para reduzir a viscosidade do óleo vegetal, tem-se a reação de transesterificação, onde triglicerídeos são convertidos em ésteres metílicos de ácido graxo, também tidos por biodiesel, mais glicerol, na presença de metanol ou etanol juntamente de um catalisador ácido ou básico (VASUDEVAN AND BRIGGS, 2008).

Segundo Schuchardt et. al (1998) o processo de transesterificação, de um modo geral, é o conjunto de três reações, as quais ocorrem consecutivamente, formando mono e diacilglicerídeos como intermediários. Os mesmos autores elencam que para uma reação de estequiometria completa, 3:1 de álcool por triacilglicerídeo, de proporção molar, se faz necessário. Entretanto, Meher et al. (2004) afirmam que, devido a característica reversível da reação, álcool é colocado em excesso para aumentar o rendimento, e melhorar a separação do glicerol obtido.

A figura 4, do trabalho de Geris et al. (2007), mostra um esquema genérico que retrata a reação de transesterificação de um triacilglicerídeo (triglicerídeo).

Figura 4 – Reação de transesterificação



Fonte: GERIS et al. (2007)

Como fontes de triglicerídeos para a produção de biodiesel, pode-se elencar gordura animal, óleos vegetais, e óleos e gorduras residuais (LOFRANO, 2008). O mesmo estudo também faz menção a fontes de extração do óleo vegetal, como grão de amendoim, sementes de canola, de linhaça, de girassol, e de fontes de gorduras animais tal qual sebo bovino, óleos de peixes, banha de porco, entre outros.

Os processos de craqueamento térmico ou pirólise também são meios de se obter o biodiesel, embora sejam um tanto complicados, pois produzem subprodutos de baixo valor agregado e são operações difíceis de se controlar (SHARMA e SINGH, 2009).

Autores como Costa Neto et al. (2000), Geris et al. (2007) e Lofrano (2008) afirmam que óleos e gorduras residuais têm grande potencial para a produção de biodiesel, em especial, óleo residual de fritura. Kulkarni & Dalai (2006) afirmam que o resíduo de óleo de fritura é uma ótima escolha para a produção de biodiesel devido aspectos como baixo custo e grande disponibilidade. Os mesmos autores ainda trazem que para cada faixa de quantidade de impurezas, como água e ácidos graxos livres, há o método de transesterificação mais adequado.

3.5.1 Biodiesel e legislação

Segundo estudo publicado por Farias (2010), dos biocombustíveis, somente o biodiesel e o álcool possuem normas regulatórias relativamente elaboradas, o que possui relação com os programas de incentivo do Poder Público. O mesmo autor ainda afirma que a problemática que permeia a legislação do biodiesel é o fato dela ser muito recente, precisando, ainda, de efetividade e amadurecimento.

Contribuições também foram feitas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES, o qual propôs, sob a resolução nº 1.135/2004 o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso de Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2016).

Oliveira e Gonçalves (2016) afirmam que o grande divisor de águas, de uma perspectiva jurídica, do biodiesel foi a Lei nº 11.097/05, a qual trouxe a obrigatoriedade de sua introdução na matriz energética brasileira. Segundo os mesmos autores, o caput do art. 2º da lei determina como obrigatório a adição mínima de 5% de biodiesel ao óleo diesel fornecido para o consumidor final dentro do Brasil.

3.6 COOPERATIVISMO

Cooperativismo é um movimento e modelo de organização pautado na gestão democrática, controlada e dirigida pelos seus membros para que seus anseios e necessidades econômicas, sociais, ambientais e culturais em comum sejam realizados (ICA, 2018). A principal vantagem de se criar uma cooperativa é possibilitar que membros, antes indivíduos e agora organizados, possam ser mais competitivos, aumentando qualidade de vida, renda e condições de trabalho (SEBRAE, 2017).

Segundo estudo realizado pela Aliança Cooperativa Internacional (ICA, 2018), as 300 maiores cooperativas do mundo reportaram um faturamento de 2,1 trilhões de dólares. O mesmo estudo revela que 12% da humanidade faz parte de uma das três milhões de cooperativas espalhadas por todo o mundo. O Sistema de Organização das Cooperativas Brasileiras (2017), OCB, indica que no Brasil 6,6 mil cooperativas atuam em ramos como o agropecuário, de crédito, consumo, turismo e lazer, trabalho e outros.

4. METODOLOGIA E PROCESSAMENTO

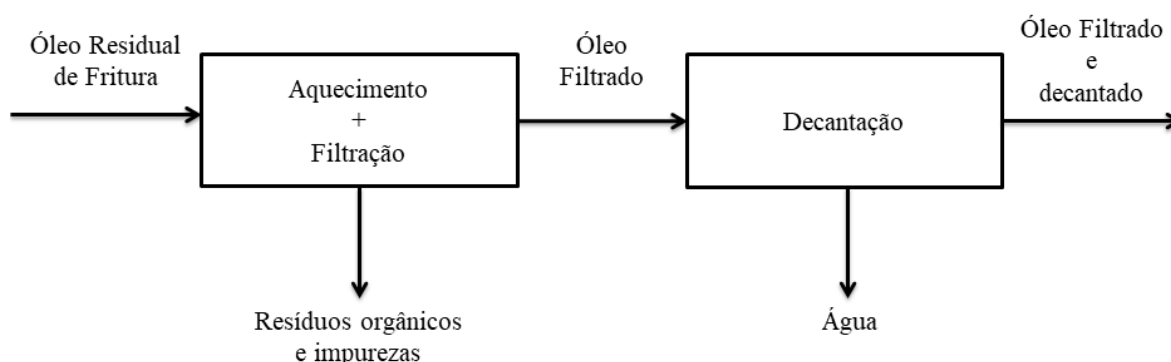
A realização deste projeto teve como sua metodologia o encadeamento de etapas desde a determinação do fluxograma da planta, a seguir da aplicação do balanço de massa e do cálculo do consumo energético. Só partir dos valores estabelecidos nas etapas anteriores o processo seguiu com a determinação do estudo de viabilidade econômica, obtido pelo levantamento dos custos de implementação, operação e pelo valor de venda do óleo beneficiado.

4.1 FLUXOGRAMA DA CÉLULA DE BENEFICIAMENTO

O óleo residual de fritura passa por três operações unitárias: aquecimento, filtração e decantação. As etapas de aquecimento e filtração ocorrem no mesmo equipamento, onde, a partir disto, podemos representar o fluxograma do processo total de beneficiamento do óleo, como o dado pela figura 5.

Além das etapas anteriores ao processamento, temos procedimentos logísticos externos e internos como coleta, recebimento, pesagem e estocagem da matéria-prima. Estes passos não são levados em consideração para o presente estudo.

Figura 5 – Fluxograma do processo proposto



Fonte: Próprio autor (2018)

A matéria-prima a ser utilizada no processo é o óleo residual de fritura, a princípio, de fonte comercial, proveniente de bares, restaurantes e grandes redes de *fast-food* e outros seguimentos alimentícios.

Por não haver reação, o rendimento depende da eficiência dos processos de filtração e decantação, mas, principalmente, depende da qualidade da matéria-prima, ou seja, do seu grau de contaminação, uma vez que para esse trabalho será considerada 100% de eficiência

na retenção de sólidos e água. Esta contaminação se dá uma vez que junto aos óleos residuais de fritura encontram-se resíduos alimentares e água.

Dados proporcionados pela empresa pesquisada para fornecer a mesa filtradora acoplada aos tanques de armazenamento (BioTechnos), revelam que a taxa de retenção de sólidos e água do processamento é, em massa, de 10 a 20% para óleos de origem. Para efeitos de cálculo desse estudo, será utilizado o valor de retenção de 15%, em massa, de rejeitos contidos no óleo residual.

A base de cálculo utilizada no processo em questão foi de 30.000 kg/mês de óleo residual de fritura. E, para efeitos de conversão entre unidades de massa e volume, utilizou-se como parâmetro a densidade relativa do óleo de soja residual a 25°, representado no trabalho de Almeida et al. (2011), cujo valor é de 0,952 g/mL.

O maquinário a ser utilizado no processo é uma mesa filtradora acoplada a tanques de armazenamento e decantação – Figura 6 – e, em um processo paralelo, a lavadora de bombonas representada pela Figura 7.

Figura 6 – Mesa filtradora e tanques de armazenamento.



Fonte: BIOTECHNOS (2018)

Figura 7 – Lavadora de bombonas



Fonte: BIOTECHNOS (2018)

4.1.1 Aquecimento e filtração

A primeira etapa é caracterizada pelo aquecimento e filtração do óleo residual de fritura. O ORF passa por peneiras para retirada de partículas maiores, e então é aquecido via resistências a uma faixa de temperatura, que, segundo o fabricante varia entre 60 a 65 °C. O aquecimento ocorre para diminuir a viscosidade do ORF e facilitar o processo de filtração que ocorre por peneiras e por filtro. A este processo de aquecimento cabe o maior consumo energético da planta. A partir desta etapa eliminam-se resíduos orgânicos retidos pelas peneiras e pelo filtro e obtém-se o ORF filtrado. Os resíduos alimentares podem ter como destinação final a produção de ração animal ou a compostagem, e, como disposição final, aterros sanitários.

4.1.2 Decantação

Depois do processo de filtração, o óleo é bombeado para os tanques de armazenamento onde aguardam o período de 24 horas para que seu conteúdo de água decante e possa ser removido do processo.

4.1.3 Lavagem de bombonas

Em um processo paralelo ao beneficiamento do óleo, porém necessário, está a lavagem das bombonas utilizadas nas coletas do óleo nos fornecedores. Esse processo ocorre de maneira independente, porém está relacionado com consumo energético e hídrico da

planta, uma vez que possui resistência para aquecimento da água de higienização, influenciando os custos.

4.2 BALANÇO DE MASSA

Em se tratando de balanço de massa, não há criação nem perda de massa no decorrer do tempo. Assim, a partir do que se tem no início de um processo definido, podemos prever a quantidade de massa que resulta do mesmo (Fernandes et. al, 2006). No caso em evidência, o balanço de massa é uma das ferramentas para se obter a quantidade de óleo necessária para garantir a sustentabilidade financeira ao processo, uma vez conhecido a taxa de rejeito ou de saída de óleo beneficiado.

Processos conservativos respeitam a lei de Lavoisier, onde a variação ou acúmulo de massa em um dado intervalo de tempo podem ser obtidos a partir da relação matemática representada pela equação abaixo (Fernandes et. al, 2006).

$$A = E - S$$

Nesta equação, a soma de todas as vazões de entrada no sistema, representada pela letra E, subtraída de S, que representa a soma de todas as vazões de saída do sistema, resulta na massa acumulada, ou termo de acúmulo (A). Um processo é dito sem acúmulos quando as vazões de saída e de entrada são iguais, resultando em acúmulo zero.

Balanços de massa também podem ocorrer por componente, onde, para processos sem reação química, respeita-se a mesma regra da conservação. A equação a seguir, trata o fato de que a quantidade de um componente em dada vazão, é a fração do mesmo multiplicado pela totalidade da vazão.

$$x_i = \frac{E_i}{E}$$

4.3 CONSUMO ENERGÉTICO

O mesmo conceito empregado pela lei de conservação das massas pode ser aplicado a energia. Nada se cria, nada se perde e, neste caso, apenas uma forma de energia se transforma em outra (Fernandes et. al, 2006). Esta transformação ocorre, exemplificando com o projeto em questão, através da energia elétrica em energia calorífica, onde há o consumo de energia

elétrica proveniente de companhias de distribuição. Este ponto deve ser levado em consideração uma vez que exerce influência no levantamento de custos de operação.

Para os custos relativos ao consumo, ou gasto energético, pode-se usar a seguinte equação.

$$GE = P \times t$$

Onde o gasto energético, GE, é nada mais que a potência do equipamento utilizado na operação, P, multiplicada pelo seu tempo de funcionamento.

Normalmente os custos com energia são dados, unitariamente, em R\$/kWh (reais por quilowatts.hora).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 BALANÇO DE MASSA

O óleo é adquirido em peso e vendido em volume e, para isso, é preciso realizar a conversão entre essas unidades pela densidade, cujo valor para este trabalho é de 0,952 g/mL. Porém, antes de realizar a conversão entre estas unidades, é necessário calcular a taxa de produção de óleo beneficiado do processo, uma vez que o rendimento é de 85% em massa de sua quantidade inicial. Esse rendimento ocorre devido a presença de restos alimentares e água contidos no óleo residual.

Por isso, para se calcular a taxa mensal de produção de óleo de cozinha beneficiado para a base de cálculo de 30.000 Kg/mês de óleo residual de fritura, tem-se:

$$\dot{m}_{\text{óleo}} = 30.000 \text{ Kg/mês}$$

$$\dot{m} = 30.000 \times 0,85$$

$$\dot{m} = 25.500 \text{ Kg/mês}$$

Como dito anteriormente, a venda é realizada por litros utilizando informações coletadas da empresa Biolitoral. Para a correção das unidades de quilogramas para litros, utiliza-se as equações a seguir:

$$\rho_{\text{óleo}} = 0,952 \text{ kg/L}$$

$$\dot{v}_{\text{óleo}} = \frac{\dot{m}}{\rho_{\text{óleo}}}$$

$$\dot{v}_{\text{óleo}} = \frac{25.500 \text{ kg/mês}}{0,952 \text{ kg/L}}$$

$$\dot{v}_{\text{óleo}} = 26.785,7 \text{ L/mês}$$

5.2 GASTO ENERGÉTICO

5.2.1 Mesa de Filtragem

5.2.1.1 Aquecimento

O consumo de energia associado ao aquecimento do óleo no tanque de filtragem se dá pela presença de duas resistências de 4 kW cada. Para atingir o beneficiamento esperado de 30.000 kg/mês, a mesa deve operar durante 4,8h diárias, durante 6 dias da semana. Com essa operação, tem-se um consumo mensal médio de 1.021,2 kWh.

5.2.1.2 Bomba

A bomba do sistema, utilizada para levar o óleo filtrado para os tanques de decantação, possui baixa influência no consumo energético total da planta, mas deve ser levada em consideração. A potência da bomba em questão é de 0,5 CV, o que, convertendo para kW, lhe confere cerca de 0,37kW de potência. Com a mesma operando juntamente ao aquecedor, temos um consumo energético mensal de aproximadamente 47,2 kWh.

5.2.2 Lavadora de bombonas

5.2.2.1 Aquecimento

Para promover eficiência e agilidade, a lavadora de bombonas é equipada com duas resistências de 6500W de potência totais para aquecer a água de lavagem, facilitando a remoção da sujeira. Com este equipamento operando, também, 4,8 h/dia, tem-se um consumo energético mensal médio de 828,9 kWh.

5.2.2.2 Bomba

A lavadora de bombonas também é equipada com bomba, cuja função é ser utilizada pelo sistema de jatos para lavagem. Possui uma potência de 0,1CV. Funcionando na mesma quantidade de horas dos equipamentos descritos anteriormente e realizando o cálculo do seu consumo, temos o valor de 9,44 kWh.

5.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

5.3.1 Investimento inicial

A cooperativa de reciclagem, desejosa de constituir mais um processo de beneficiamento de resíduos, deverá realizar o investimento necessário à construção da planta. Tais investimentos contemplam a compra dos equipamentos mencionados anteriormente como a mesa de filtragem, e equipamentos auxiliares como bombonas e sua lavadora. Também pode-se mencionar adequação de infraestrutura e custos com o projeto e estudo de engenharia para o desenho da planta.

O investimento inicial, em maquinário, está representado na Tabela 2. Juntamente dos bens de capital, encontra-se custos secundários, estimados, como o projeto técnico e a adequação do local.

O valor do maquinário, correspondente a mesa de filtragem e a estação de lavagem de bombonas, foi estimado via pesquisa de equipamentos similares pelo site Alibaba, com seu valor médio, em dólar, convertido para reais. A balança e as bombonas tiveram seus valores obtidos via internet, cujas marcas são Michelleti e New Sul respectivamente.

Outro conjunto de itens e ações que dão corpo ao projeto é a adequação do local. Esta adequação, diz respeito à construção de muretas de contenção da planta, impermeabilização do piso, sistema de esgoto e melhora na caixa de gordura, painel elétrico específico para a planta e pintura do local. O teto estipulado para tal, também se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 – Investimento Inicial.

Item	Custo (R\$)
Mesa de filtragem de óleo	27.126,40
Adequação local	25.000,00
Projeto técnico	10.000,00
Lavadora de bombonas	37.105,04
4 Reservatórios 1000L	2.738,64
Balança 1000kg	2.590,00
50 Bombonas 50L	5.000,00
Total	109.560,08

Fonte: Próprio autor (2018)

5.3.2 Custos de operação

Almejando a operação constante da planta de beneficiamento de óleo de cozinha e sua sustentabilidade financeira, se faz necessário o cálculo dos custos operacionais do processo

restrito ao beneficiamento. Para o presente trabalho, não são levados em consideração custos administrativos referentes a atividade comercial e financeira, nem de comunicação e marketing.

Os custos apresentados possuem natureza direta ao processo, como compra do óleo, cooperados dedicados, e logística externa, em indiretos como aluguel, serviços gerais. O preço do óleo de cozinha usado, matéria-prima do processo, foi obtido através de pesquisa no site MFRural. Já os custos energéticos referem-se apenas ao consumo energético da planta, desconsiderando iluminação e outras fontes consumo, foram obtidos através de dados fornecidos pela Eletropaulo, concessionária de energia do estado de São Paulo.

O custo com o aluguel do galpão foi obtido via sites de pesquisas para a localidade de Guarulhos – SP. Já o valor do aluguel mensal de caminhão é referente a um caminhão baú modelo HR da marca Hyundai juntamente com um motorista disponível 40h semanais para a realização da coleta, a qual consiste no uso de 8h/dia de caminhão de segunda a sexta. O custo do consumo de água foi obtido via SABESP, estimando-se um consumo mensal de 30 m³.

Os cooperados dedicados ou funcionários estarão nas funções de operador da planta e de ajudante de caminhão, responsável pela coleta da matéria-prima do processo. Seus custos estão baseados em salários de R\$ 1.000,00 pagos por empresas optantes pelo Simples Nacional, cuja soma de encargos como 20% de INSS, 8% de FGTS, Férias, 13º salário, provisão mensal entre outros somam mais R\$ 642,00 aos custos da empresa. Porém, caso os trabalhadores sejam sócio-cooperados, o montante de R\$ 1.642,00 representa uma boa meta de remuneração, visto que a retirada dos mesmos é formada por participação nas sobras e ganhos.

Tabela 3 – Custos operacionais

Fonte	Custo	Custo mensal (R\$)
Óleo	R\$ 0,74 por kg	22.200,00
Frota	R\$ 9.000,00 por mês	9.000,00
Operadores	R\$ 1.642 por pessoa por mês	3.284,00
Aluguel	R\$ 3.500 por mês	3.500,00
Energia	R\$ 0,48 por kWh	922,15
Água	R\$ 18,71 por m ³	561,30
Total		39.467,45

Fonte: Próprio autor (2018)

5.3.3 Valor de venda

A análise de preço para os insumos e produtos deste processo é baseada em valor de mercado obtido pela empresa Biolitoral, cujo valor em litros e sua transformação para quilogramas está representada na tabela 4.

Tabela 4 – Preços de venda do óleo beneficiado

Unidade de venda	Valor (R\$)
Quilogramas (kg)	1,89
Litros (L)	1,80

Fonte: Próprio autor (2018)

5.3.4 Lucro bruto estimado

De acordo com os parâmetros expostos, é necessário avaliar a viabilidade econômica do presente estudo. Visando estimar a viabilidade do investimento, a ferramenta proposta é o cálculo do lucro líquido, no qual considera-se os custos de operação estimados no item 5.3.2 subtraídos dos custos com a folha de pagamento, e a produção mensal esperada da planta, a fim de obter um balanço entre receitas e custos. A análise está presente na Tabela 5

Tabela 5 – Lucro bruto da planta de beneficiamento

Lucro bruto	Valor (R\$)
Despesas operacionais	-36.183,45
Receita operacional	48.214,29
Total	12.030,84

Fonte: Próprio autor (2018)

6. CONCLUSÃO

Partindo de conceitos técnicos e operacionais, foi proposto um processo simples como alternativa de beneficiamento do óleo residual de fritura, resíduo esse que possui grande disponibilidade dada sua vasta utilização. Para este processo foram realizados os respectivos balanços de massa e cálculo de consumo energético das etapas, o que gerou insumos para o levantamento dos investimentos iniciais, custos de operação, bem como a margem de lucro bruta do processo.

A partir disto, conclui-se que um setor anexo para beneficiamento do óleo residual de fritura em cooperativa de beneficiamento de materiais recicláveis é uma alternativa economicamente viável e digna de maiores esforços para viabilizar sua implementação.

Como sugestões para futuros trabalhos, faz-se necessário um estudo de sensibilidade para avaliar os impactos de variações no preço de compra do óleo. Estudos posteriores também poderiam contemplar a dinamicidade da planta em operação, onde custos emergem, o mercado se transforma, surge concorrência e outros fatores imprevisíveis que podem ser levados em consideração, sendo este campo bastante vasto para novos estudos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10004. **Resíduos sólidos** – Classificação. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004.

ALMEIDA, J. K. P.; de et al. **Caracterizações físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples**. *Abepro*, Belo Horizonte, Mg, v. 1, n. 1, p.1-14, 2011.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, 1999**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acesso em 13 jun. 2018

BIOTECHNOS. **Biotechnos projetos autossustentáveis, 2018**. Disponível em: <<https://www.biotechnos.com.br/>> Acesso em: 06 jun. 2018

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>> Acesso em 02 jul. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Responsabilidade Compartilhada** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/9339-responsabilidade-compartilhada.html>> Acesso em: 15 Ago. 2018.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de lei nº 2.074 de 19 de setembro de 2007**.

Disponível em:

<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=1256BF81C681B546AE882AC6D27E7FA2.node2?codteor=509100&filename=Avulso+-PL+2074/2007>

Acesso em 04 abr. 2018.

CEMPRE - **Associação Compromisso Empresarial para Reciclagem**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/>> Acesso em: 15 out. 2018.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; BATALHA, Mário Otávio. **Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados**. *Gestão & Produção*, v. 13, n. 3, p. 423-434, 2006.

Cheng, M.-H., Zhang, W., Rosentrater, K. A., Sekhon, J. J. K., Wang, T., Jung, S., & Johnson, L. A. (2016). **Environmental impact analysis of soybean oil production from expelling, hexane extraction and enzyme assisted aqueous extraction**. Paper presented at the 2016 ASABE Annual International Meeting, Orlando, FL.

COSTA NETO et al. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, v.23, n.4, p531-537, 2000.

Cvengros, J.; Cvengrosova, Z. **Used Frying Oils and Fats and their Utilization in the Production of Methyl Esters of Higher Fatty Acids**. Biomass Bioenergy 2004, 27, 173-181

FARIAS, T. Regulação jurídica dos biocombustíveis no Brasil: o caso do álcool combustível e do biocombustível. **Meritum**. V. 5. N. 1. P. 149-180. 2010.

FERNANDES, Fabiano A.n.; PIZZO, Sandro M.; MORAES JUNIOR, Deovaldo.

Termodinâmica Química. Fortaleza: Ufc, 2006. 186 p. Disponível em:

<http://www.eq.ufc.br/MD_Termodinamica.pdf>. Acesso em: 04 set. 2018.

GERIS, R. et al. Biodiesel de soja – **reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica**. Química Nova, São Paulo, v. 30, n0. 5. 1369-1373, 2007

GHASEMI, Y. Z., DINANI, S. T. **Optimization of ultrasound** – Assisted enzymatic extraction of walnut kernel oil using response surface methodology. Journal of Food Process Engineering, v. 41, 18 p. 2018.

GOVERNO DE SÃO PAULO. Site da Secretaria do Meio Ambiente. **Coleta de óleo de cozinha**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/coleta-de-oleo-de-cozinha/>> Acesso em: 29 Jul. 2018.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. Site Oficial do Governo do Rio de Janeiro.

<<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=2894887>>. Acesso em 27 ago. 2018.

GUARNIERI, Patrícia et al. **A caracterização da logística reversa no ambiente empresarial em suas áreas de atuação: pós-venda e pós-consumo agregando valor econômico e legal**. Tecnologia & Humanismo, v. 19, p. 120-131, 2005.

Guesta, F. J.; Sanchez-Muniz, C.; Polonio-Garrido, S.; VarelaLopez; Arroyo, R.

Thermoxidative and Hydrolytic Changes in Sunflower Oil Used in Frying with a Fast

HAUMANN, B.F., **Mechanical Extraction**: Capitalizing on Solvent-Free Processing, *inform* 8:165, 167–168, 171, 173–174 (1997).

HP BRASIL – Hewlet Packard do Brasil. **Participe do programa Planet**. Disponível em: <<https://www8.hp.com/br/pt/ads/planet-partners/index.html>> Acesso em: 25 set. 2018.

ICA. International Co-operative Alliance. **Facts and Figures**. Disponível em: <<https://www.ica.coop/en>> Acesso em: 20 out. 2018.

IWANAGA, D., GRAY, D. A., FISK, I. D., DECKER, E. A., WEISS, J., & MCLEMENTS, D. J. **Extraction and characterization of oil bodies from soy beans: a natural source of pre-emulsified soybean oil**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p 8711-8716. 2007

KULKARNI M.G., DALAI A.K. **Waste cooking oil** — an economical source for biodiesel: a review. *Ind Eng Chem Res* 2006;45:2901–13.

LAM M.K., LEE K. T., MOHAMED A. R. **Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel**: a review. *Biotechnol Adv* 2010;28:500–18

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LI, Y. GRIFFING, E. HIGGINS, M.; OVERCASH, M. **Life cycle assessment of soybean oil production**. *J. Food Process Eng*, v. 29, p. 429–445, 2006.

LOFRANO, R. C. Z. **Uma revisão sobre biodiesel**. *Pensamento Plural: Revista Científica do INIFAE*, v. 2, n. 2, p. 83-89, 2008.

LOPES, R. C.; BALDIN, N. **Educação ambiental para a reutilização do óleo de cozinha na produção de sabão** – projeto “Ecolimpo”. In: *Anais do IX Congresso Nacional de Educação (EDUCERE) – III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia*. Paraná: PUC, 2009.

MEHER, L. C. SAGAR, D. V. NAIK, S. N.; **Renew. Sustainable Energy Rev.** v. 10, 248 p., 2004.

MITTELBACH, M. ENZELSBERGER, H. **Transesterification of Heated Rapeseed Oil for Extending Diesel Fuel.** J. Am. Oil Chem. Soc v. 76, p. 545-550, 1999.

MUNIYAPPA P. R., BRAMMER S.C, NOUREDDINI H. **Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product.** Bioresour Technol; v. 56, p. 19–24, 1996.

NAWAR, W. W. **Chemical Changes in Lipids Produced by Thermal Processing.** J. Chem. Ed., v. 61, p. 299-302. 1984.

OCB. **Sistema Organização das Cooperativas Brasileiras.** 2017. Disponível em: <<https://www.ocb.org.br/ocb>>. Acesso em: 20 out. 2018.

OLIVEIRA, M. M.; GONÇALVES, M. F. S. **Perspectivas do óleo residual de fritura: uma abordagem econômica, jurídica e socioambiental.** Espacios. Vol. 37 (Nº 25) Año 2016. Pág. 17. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n25/16372517.html>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. **Biodiesel: Possibilidades e Desafios.** Trabalho publicado em Química Nova na Escola nº 28, maio de 2008.

Partners da HP. 2013. **Planet Partners.** Disponível em: <<http://www8.hp.com/br/pt/ads/planet-partners/>>. Acesso em 30 jul. 2018.

PEREIRA, C. M. B.; **Extração e caracterização do óleo da amêndoa do fruto da amendoeira (*terminalia catappa linn*) para avaliar seu potencial na produção do biodiesel.** Dissertação (Mestrado profissional em Energia da Biomassa) Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, p. 92, 2016.

PIGHINELLI, A.L.M.T.; PARK, K.J.; RAUEN, A.M.; OLIVEIRA, R.A. de. **Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.63-67, 2009.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. Site Oficial da Prefeitura de Porto Alegre. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=126>. Acesso em 22/06/2018.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. **A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino.** Revista Virtual de Química 2013, 5, 2

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

RODRIGUES, Fábio. BiodieselBR. **Mc Donald's rodou 5 milhões de km com biodiesel puro**. 2015 Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/ogr/mcdonalds-rodou-5-mi-km-biodiesel-puro-021215.htm>> Acesso em: 29 Jul. 2018

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cooperativa: o que é, para que serve, como funciona**. 2017. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 15 out. 2018.

SHUKLA B. D.; SRIVASTAVA P. K.; GUPTA R K. **Oil Seeds Processing Technology**. Indian Council of Agricultural Research, Delhi Delhi. 1992.

SILVA FILHO, Carlos Roberto Vieira da; SOLER, Fabrício Dourado. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. 2. ed. São Paulo: Trevisan Editora, 2013.

SILVA, I. C. C. **Uso de processos combinados para o aumento do rendimento da extração e da qualidade do óleo de macaúba**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 99 p, 2009.

SINCTRONICS - Sinctronics Green IT Inovation Center. **Sistema de Logística Reversa**. 2018. Disponível em: <<http://www.sinctronics.com.br/slr.html>>. Acesso em 29 set. 2018.

SINGH, K. K., WIESENORN, D. P., TOSTENSON, K., KANGAS, N. **Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed**. Journal of the American Oil Chemists' Society, v.79, p.165–170, 2002.

SINGH, M. S., FARSAIE, A., STEWART, L. E., DOUGLASS, L. W. **Development of mathematical models to predict sunflower oil expression**. Transactions of the ASAE, v.27, p.1190-1194, 1984

SLAVIERO, Maiko Vilas Boas. **Logística Reversa, conceito e aplicação: Um estudo de caso da Empresa Hidrominas Santa Maria Indústria e Comércio**. 2016. 53 p. Monografia - UFRN, Natal RN, 2016.

Sonntag NOV. **Structure and composition of fats and oils**. In: Swern D, editor. 6th ed., Bailey's industrial oil and fat products, 4th ed. New York: John Wiley and Sons. v. 1, 1979.

SOUSA, E. R.; JUNIOR, A. S. P.; SILVA, G. S.; MARQUES, A. L. B. **Avaliação da qualidade de óleos de origem vegetal oriundos de frituras**. Acta Tecnológica, v.9(2), p.58-62, 2014.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; PAULA, Mabel Bastos de; PINTO, Helma de Souza. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, [S.l.], v. 52, n. 2, p. 246-262, mar. 2012. ISSN 2178-938X. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/30610/29437>>. Acesso em: 24 Out. 2018.

SUAREZ, P.A.Z.; MENEGHETTI, S.M.P.; MENEGHETTI, M.R. e WOLF, C.R. **Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica**. Química Nova, v. 30, p. 667-676, 2007.

TERRA AMBIENTAL – **Blog Ambiental**. Disponível em:
<<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/270552/Aprenda-a-descartar-o-leo-de-cozinha-corretamente>> Acesso em 24 jul. 2018.

VASUDEVAN P. T., BRIGGS M. Biodiesel production — **Current state of the art and challenges**. J Ind Microbiol Biotechnol, v. 35, p. 421–30, 2008.

VELASCO J, Dobarganes C. **Oxidative stability of virgin olive oil**. Eur J Lipid Sci Technol. v. 104, p. 661–76, 2002

VG Resíduos. **15 perguntas e respostas sobre a NBR 10004**. Disponível em:
<<https://www.vgresiduos.com.br/blog/15-perguntas-e-respostas-sobre-a-nbr-10004/>> Acesso em 04 ago. 2018.

ZUCATTO, Luis Carlos; WELLE, Iara; SILVA, Tania Nunes da. Cadeia reversa do óleo de cozinha: coordenação, estrutura e aspectos relacionais. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, [S.l.], v. 53, n. 5, p. 442-453, set. 2013. ISSN 2178-938X. Disponível em:
<<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/29993/28846>>. Acesso em: 05 Jul. 2018.