

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE TECNOLOGIA

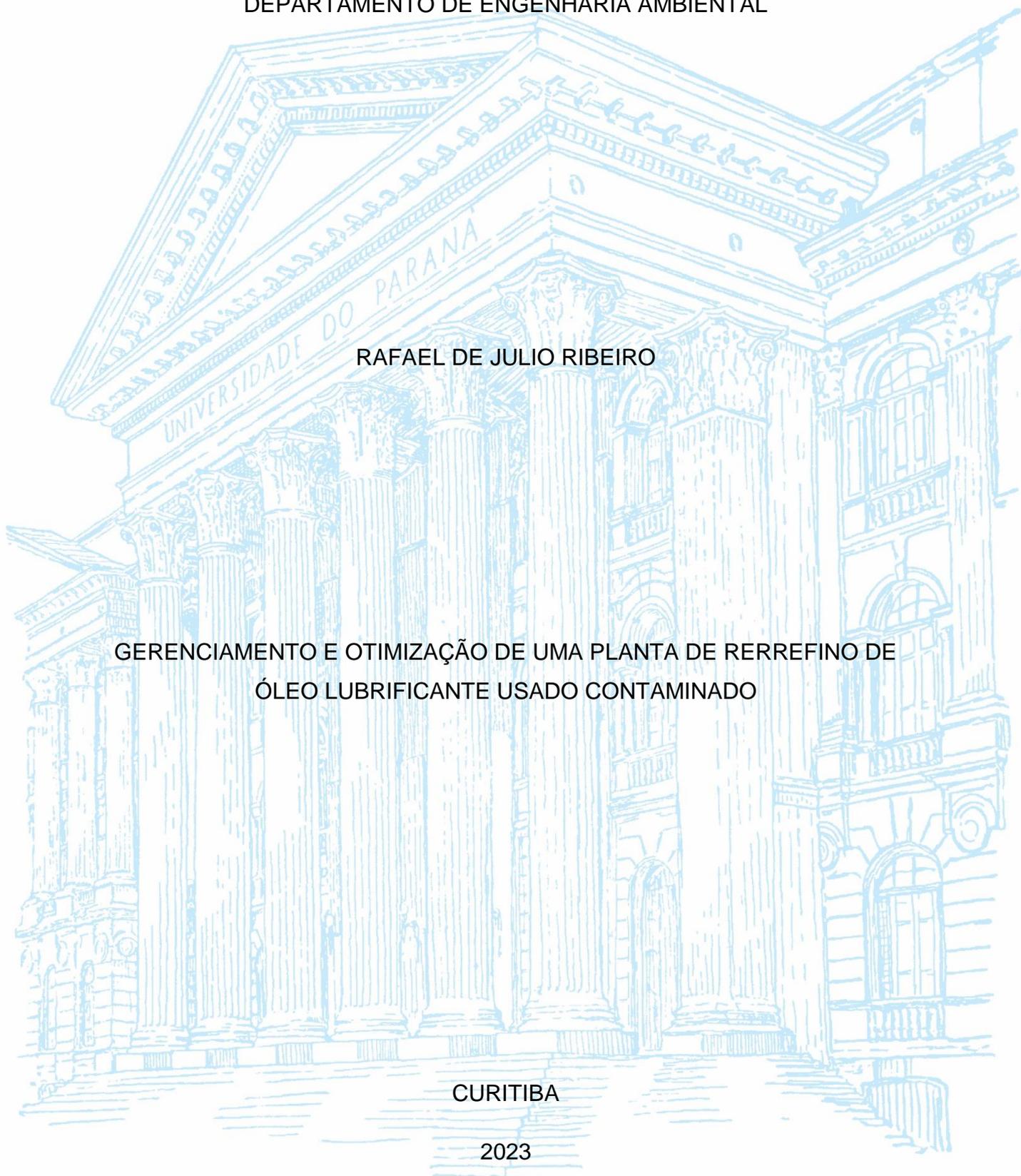
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAEL DE JULIO RIBEIRO

GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE UMA PLANTA DE RERREFINO DE
ÓLEO LUBRIFICANTE USADO CONTAMINADO

CURITIBA

2023



GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE UMA PLANTA DE RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO CONTAMINADO

Trabalho de Conclusão de Curso I apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção parcial do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Sandro Jose Froehner

CURITIBA

2023

TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

RAFAEL DE JULIO RIBEIRO

PLANO DE GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO CONTAMINADO

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 5,0, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a): 
Sandro Froehner
Departamento de Engenharia Ambiental-UFPR

Membro(a) 1: 
Carlos Eduardo Galoski
Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Canoinhas - SC

Membro(a) 2: 
Michael Mannich
Departamento de Engenharia Ambiental-UFPR

Curitiba, 03 de março de 2023

Ao meu avô, Erasmo de Julio...

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”

Antoine-Laurent de Lavoisier

RESUMO

A LWART SOLUÇÕES AMBIENTAIS é uma empresa líder na América Latina no rerrefino de óleo lubrificante usado contaminado, visando preservar o meio ambiente com base na logística reversa de resíduos. O processo de rerrefino usa tecnologias avançadas para produzir um óleo básico de alta qualidade. É importante seguir rigorosos controles de qualidade e regulamentos para garantir a segurança e preservação do meio ambiente. O gerenciamento e otimização da empresa deve considerar aspectos como controle de qualidade, monitoração da eficiência do processo, medidas de segurança e conformidade regulatória.

Palavras-chave: Óleo lubrificante usado contaminado. Processos de rerrefino. Logística reversa.

ABSTRACT

LWART ENVIRONMENTAL SOLUTIONS is a leading company in Latin America in the refining of contaminated lubricating oil, aiming to preserve the environment based on waste reverse logistics. The refining process uses advanced technologies to produce a high-quality base oil. It is important to follow rigorous quality controls and regulations to ensure safety and preservation of the environment. The company's management and optimization should consider aspects such as quality control, process efficiency monitoring, safety measures and regulatory compliance.

Keyword: Contaminated used lubricating oil. Re-refining processes. Reverse logistic.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA MOLECULAR DOS HIDROCARBONETOS QUE COMPÕE O ÓLEO BÁSICO MINERAL

FIGURA 2 – PROCESSO SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE ÓLEOS BÁSICOS MINERAIS

FIGURA 3 – EXEMPLOS DE PAOS

FIGURA 4 – EXEMPLOS DE SILICONE

FIGURA 5 – ESTRUTURA QUÍMICA DOS ADITIVOS ANTIOXIDANTES

FIGURA 6 – MECANISMO DE ATUAÇÃO DOS ADITIVOS ANTIDESGASTES E DE EXTREMA PRESSÃO

FIGURA 7 – ESTRUTURA QUÍMICA DE UM ADITIVO DETERGENTE

FIGURA 8 – MECANISMO DE ATUAÇÃO DOS ADITIVOS MELHORADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE

FIGURA 9 – ESTRUTURA QUÍMICA DE ADITIVOS MELHORADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE

FIGURA 10 – ESTRUTURA QUÍMICA DOS NAFTALENOS ALIQUILADOS

FIGURA 11 – ESTRUTURA QUÍMICA DO ADITIVO ANTIESPUMANTE DE POLÍMEROS LINEARES DO SILOXANO

FIGURA 12 - OLUC DE ORIGEM AUTOMOTIVA

FIGURA 13 - ÓLEO DERRAMADO EM CORPO HÍDRICO

FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO ÁCIDO SÚLFURICO-ARGILA

FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE EVAPORADOR DE PELÍCULA

FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESASFALTAÇÃO POR PROPANO

FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO-HIDROGENAÇÃO

FIGURA 18 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS

FIGURA 19 - MAIORES IMPORTADORES DE OLUC

FIGURA 20 - CERTIFICADO DE COLETA DE OLUC (CCO)

FIGURA 21 - EVAPORADOR DE PELÍCULA

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PROPRIEDADES DOS ÓLEOS BÁSICOS PARAFÍNICOS E NAFTÊNICOS

TABELA 2 – ABREVIÇÃO PARA NOMENCLATURA DOS ÓLEOS BÁSICOS

TABELA 3 – PARÂMETROS API E ATIEL PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÓLEOS BÁSICOS

TABELA 4 - PROCESSOS DE OBTENÇÃO E DESCRIÇÃO DOS GRUPOS DE ÓLEOS BÁSICOS SEGUNDO A API E A ATIEL

TABELA 5 - PORCENTAGEM DE ÓLEO LUBRIFICANTE ACABADO VENDIDO NO PAÍS POR REGIÃO SEGUNDO PORTAL LUBES (2020)

TABELA 6 – SÉRIE HISTÓRICA DOS DADOS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE ACABADO E COLETA DE OLUC SEGUNDO PORTAL

TABELA 7 – PERCENTUAL MÍNIMO DE COLETA DE OLUC POR REGIÃO

TABELA 8 – REGULAMENTAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO E IMPORTAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

TABELA 9 – PORTARIA INTERMINISTERIAL MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA E MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE PARA CADEIA DE ÓLEO LUBRIFICANTE

TABELA 10 – PARTICIPANTES NA ATIVIDADE DE RERREFINO

TABELA 11 – RESULTADOS DA ANÁLISE LABORATORIAL DO ÓLEO BÁSICO RERREFINADO

TABELA 12 – MÉTODOS DE ANÁLISE LABORATORIAL

TABELA 13 – FUNÇÕES DO EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

TABELA 14 – MEDIDAS DE MONITORAMENTO DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

TABELA 15 – FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA

TABELA 16 – RECOMENDAÇÕES PARA ELEVAR A EFICIÊNCIA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 ÓLEO BÁSICO.....	16
3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DO ÓLEO BÁSICO MINERAL.....	16
3.1.2 PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BÁSICO MINERAL	19
3.1.3 ÓLEO BÁSICO SINTÉTICO	21
3.2 ÓLEO LUBRIFICANTE.....	22
3.3 PARÂMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DO ÓLEO LUBRIFICANTE	25
3.3.1 APARÊNCIA.....	26
3.3.2 COR.....	26
3.3.3 VISCOSIDADE.....	26
3.3.4 ÍNDICE DE VISCOSIDADE	26
3.3.5 RESÍDUOS DE CARBONO RAMSBOTTOM	27
3.3.6 OUTROS PARÂMETROS.....	27
3.4 ADITIVOS	28
3.4.1 ANTIOXIDANTES.....	28
3.4.2 ANTIDEGASTES E DE EXTREMA PRESSÃO	29
3.4.3 INIBIDORES DE CORROSÃO.....	30
3.4.4 DETERGENTES E DISPERSANTES	30
3.4.5 AUMENTADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE	31
3.4.6 ABAIXADORES DO PONTO DE FLUIDEZ	32
3.4.7 ANTIESPUMANTES	33
3.4.8 REDUTORES DE ATRITO	34
3.5 ÓLEO LUBRIFICANTE USADO CONTAMINADO.....	34
3.6 PROCESSO DE RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE	36
3.6.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO	38
3.6.2 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO	38
3.6.3 PROCESSO DE DESTILAÇÃO A VÁCUO	38

3.6.4 EXTRAÇÃO POR SOLVENTE.....	39
3.6.5 PROCESSO ÁCIDO SÚLFURICO – ARGILA	40
3.6.6 PROCESSO EVAPORADOR DE FILME	41
3.6.7 PROCESSO DE DESASFALTAÇÃO POR PROPANO	43
3.6.8 PROCESSO DE DESTILAÇÃO – HIDROGENAÇÃO	44
3.6.9 PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS E ADSORÇÃO	46
3.7 MERCADO NACIONAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE.....	46
3.8 LOGÍSTICA REVERSA	49
3.9 COLETA.....	50
3.10 EMBALAGENS.....	51
4 MÉTODO.....	52
4.1 LWART SOLUÇÕES AMBIENTAIS.....	52
4.2 LEGISLAÇÃO APLICADA À CADEIA DE ÓLEO LUBRIFICANTE.....	53
4.3 COLETA DE OLUC	57
4.4 MANUSEIO DE OLUC – LWART LUBRIFICANTES	59
4.5 ARMAZENAGEM DE OLUC.....	60
4.6 RERREFINO	60
4.7 ANÁLISE LABORATORIAL DOS PARÂMETROS DO OLUC RERREFINADO	61
5. RESULTADOS	65
5.1 MINIMIZAÇÃO DE RISCOS.....	65
5.2 EFICIÊNCIA	68
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

Óleo lubrificante, também conhecido como óleo de motor, é um fluído composto a partir da mistura entre o óleo básico com aditivos que melhoram o desempenho, tendo suas principais aplicações em motores de combustão e em motores industriais. Existem diversas opções comerciais de lubrificantes disponíveis no mercado de acordo a finalidade pretendida, como por exemplo redução de atrito, remoção de calor, limpeza do equipamento, aumento de performance e do rendimento dos motores, entre outras. O óleo lubrificante apresenta um tempo de vida útil, sendo necessário à sua substituição após um período. O fluído usado proveniente da troca representa um material de alto potencial poluente, que pode ocasionar danos nocivos ao meio ambiente quando a gestão não for correta. A problemática relacionada com o óleo usado é com o grande volume de óleo acumulado e a incapacidade de encontrar uma disposição final praticável. No entanto, o processo de rerrefino apresenta uma alternativa para destinação desse produto, e é o tema foco do seguinte estudo. Há diversas tecnologias presentes nas refinarias que propõe um tratamento adequado para que este poluente retorne ao mercado como um produto de alta qualidade, como por exemplo o *processo de desidratação*, *processo de destilação a vácuo*, *processo ácido sulfúrico – argila*, *processo de desasfaltação por propano*, *processo de destilação – hidrogenação*, *processo de ultrafiltração por membranas*, entre outros. A combinação de algumas dessas tecnologias oferece uma proposta de reciclagem de óleos lubrificantes usados, e a partir dessas combinações, se obtém o óleo básico do grupo 1 ou do grupo 2, a principal matéria prima do óleo lubrificante, pronto para receber aditivos e retornar ao mercado. Esta é uma alternativa de redução no custo do óleo lubrificante para as refinarias e uma alternativa de redução de danos ao meio ambiente. Uma série de testes efetuados em laboratórios de análise são exigidos pela ANP para comprovação da qualidade dos parâmetros físico químicos do óleo básico obtido após o processo de rerrefino.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar um plano de gerenciamento de resíduos para o setor de rerrefino, e apresentar propostas de otimização do processo para empresa LWART Soluções Ambientais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificação das etapas e mecanismos convencionais de processamento em refinarias de óleo usado;

Proposta de um plano de gerenciamento de óleo lubrificante usado contaminado desde a coleta, transporte, armazenagem, manuseio e tratamento em todas as etapas do processo de rerrefino para empresa foco do estudo;

Identificação de possíveis perdas de eficiência no processo de rerrefino de óleo contaminado na empresa foco do estudo;

Propostas de otimização e minimização de riscos no processo de rerrefino instalado na empresa foco do estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÓLEO BÁSICO

Óleos básicos são compostos orgânicos formados por uma mistura de hidrocarbonetos líquidos obtidos a partir de diferentes processos. No Brasil a forma mais comum de obtenção do óleo básico é através da destilação do petróleo bruto, que representa aproximadamente 2% do total de derivados do petróleo e recebe a nomenclatura de óleo básico mineral. Segundo CANCHUMANI (2013), outras tecnologias para obtenção do óleo básico são de origem sintética, vegetal, animal ou então a partir de novas tecnologias que vem sendo estudadas, como a conversão *Gas To Liquid*. Os óleos básicos, segundo CORDEIRO et. al. (2020) servem como matéria prima para óleos lubrificantes que serão utilizados na formulação de diversos produtos como óleos para motor, sistemas hidráulicos, óleos para turbinas, pulverização agrícola e em compressores, além de possuir outras aplicações que não envolvam lubrificação, como por exemplo, óleos isolantes.

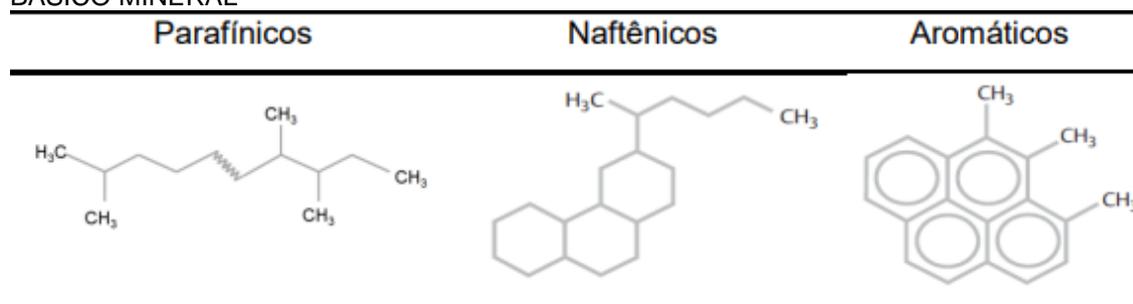
3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DO ÓLEO BÁSICO MINERAL

Óleos obtidos a partir dos diferentes métodos de destilação do petróleo são classificados como minerais, e podem ser utilizados como lubrificantes ou também como não lubrificantes, por exemplo em spray agrícolas ou cosméticos. O seguinte estudo aborda os óleos básicos minerais com finalidades lubrificantes. De acordo com SOHN (2008), óleos básicos minerais são considerados uma matéria prima nobre, e correspondem a apenas uma pequena fração do petróleo. Esse tipo de óleo é produzido a partir do refino do petróleo bruto e possui algumas vantagens em relação aos sintéticos, como o baixo custo, maior versatilidade e maior aptidão ao refino.

Os básicos minerais apresentam uma estrutura composta por uma cadeia complexa de hidrocarbonetos derivados do petróleo, contendo normalmente entre 20 e 25 átomos de carbono. Esses óleos apresentam características parafínicas predominantes, constituindo-se em média por 70% de hidrocarbonetos

parafínicos, com alcanos em sua estrutura molecular, 20% de hidrocarbonetos naftênicos, com cicloalcanos na estrutura, e 8% de aromáticos, com anel benzênico em sua estrutura. A composição dessas moléculas pode ser visualizada na FIGURA 1. O que define a classificação do óleo básico mineral como básico parafínico ou básico naftênico é a composição do petróleo que o originou. (GUIMARÃES, 2006; MELO, 2015). Óleos básicos minerais são compostos por uma mistura de hidrocarbonetos líquidos e por possuir uma estrutura química complexa, são formados diferentes compostos orgânicos com diferentes tipos de cadeia e diferentes pesos moleculares (MARÇAL, 2018). Devido a heterogeneidade da estrutura química, não é correto classificar um óleo básico mineral superior a outro pois as propriedades físico químicas de cada produto definirão sua aplicabilidade, e com o avanço tecnológico, é possível aprimorar suas propriedades de acordo com a necessidade.

FIGURA 1 – ESTRUTURA MOLECULAR DOS HIDROCARBONETOS QUE COMPÕE O ÓLEO BÁSICO MINERAL



FONTE: BELMIRO E CARRETEIRO (2006)

3.1.1.1 ÓLEO AROMÁTICO

Segundo CORDEIRO et. al. (2020), óleos aromáticos são extraídos dos resíduos da destilação do petróleo e possuem em sua estrutura carbônica um anel benzênico. Esses óleos não são adequados para fins lubrificantes pois apresentam baixo índice de viscosidade, baixa resistência a oxidação e alta toxicidade.

3.1.1.2 ÓLEO PARAFÍNICO

Esse tipo de óleo é formado por uma estrutura molecular na forma de correntes, com cadeias abertas e saturadas. Os parafínicos apresentam alto índice de viscosidade, baixas variações da viscosidade quando sujeitos a variação de temperatura e maior estabilidade a oxidação. Devido a suas características, é o óleo básico mais aplicado na fabricação de lubrificantes, principalmente nos motores de combustão interna. (CARVALHO, 2010)

3.1.1.3 ÓLEO NAFTÊNICO

Esse tipo de óleo é formado por uma estrutura molecular na forma de ciclos. Os naftênicos são menos estáveis que os parafínicos e apresentam incompatibilidade com materiais sintéticos e com elastômeros. Devido ao seu baixo ponto de fluidez, apresentam boas propriedades de não congelamento a baixas temperaturas, sendo comumente aplicados na fabricação de lubrificantes utilizados em compressores de refrigeração. (SOUZA, 2015)

Os parâmetros físico-químicos dos óleos básicos parafínicos e naftênicos que serão relevantes na aplicabilidade do óleo lubrificante podem ser observados na TABELA 1.

TABELA 1 – PROPRIEDADES DOS ÓLEOS BÁSICOS PARAFÍNICOS E NAFTÊNICOS

Propriedades	Parafínicos	Naftênicos
Índice de Viscosidade	Alto	Baixo
Ponto de fluidez	Alto	Baixo
Volatilidade	Baixo	Alto
Resistencia a oxidação	Alto	Médio
Resíduo de carbono	Alto	Baixo
Carbono naftênico (% média)	20	40

FONTE: ROCCO ET.AL. (2016)

A TABELA 2 apresenta a nomenclatura dos óleos básicos de acordo com suas propriedades.

TABELA 2 – ABREVIACÃO PARA NOMENCLATURA DOS ÓLEOS BÁSICOS

ÓLEO	ABREVIACÃO
Parafínico Spindle 09	PSP 09
Parafínico Neutro Leve 30	PNL 30
Parafínico Neutro Médio 55	PNM 55
Parafínico Neutro Médio 80	PNM 80
Parafínico Neutro Pesado 95	PNP 95
Parafínico Bright Stock 30	PBS 30
Parafínico Bright Stock 33	PBS 33
Parafínico Turbina Leve 25	PTL 25
Parafínico Turbina Pesado 85	PTP 85
Parafínico Cilindro 45	PCL 45
Parafínico Cilindro 60	PCL 60
Naftênico Hidrogenado 10	NH 10

FONTE: ANP nº129/99

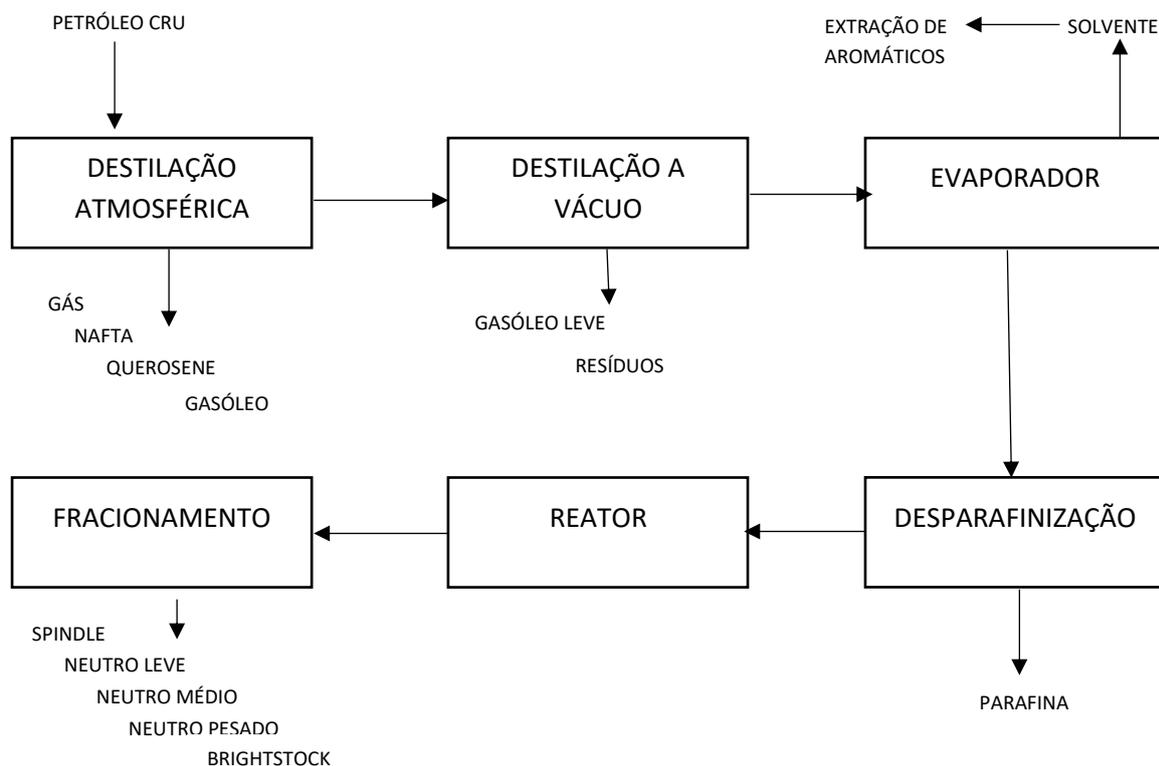
3.1.2 PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO ÓLEO BÁSICO MINERAL

O petróleo cru, matéria prima do óleo básico mineral, é submetido a processos de refino onde moléculas de hidrocarbonetos insaturadas são convertidas em moléculas mais estáveis, e onde também são removidos componentes indesejáveis como parafina, enxofre e nitrogênio. De acordo com a revista LUBES (2008), a etapa inicial do processo é a destilação seguida da desasfaltação, onde as diversas frações do petróleo são separadas por faixa de viscosidade. Nas etapas que sucedem, as moléculas destinadas a produção de óleo base serão processadas utilizando diferentes combinações dos procedimentos apresentados a seguir (FIGURA 2):

- A hidrogenação, que normalmente antecede a rota solvente, consiste na adição de hidrogênio ao óleo sob altas pressões e altas temperaturas na presença de um catalisador, com o objetivo de aumentar o rendimento da extração dos solventes, eliminar impurezas, aumentar a vida útil e melhorar a coloração do óleo.

- A rota solvente é o processo utilizado pela maior parte dos produtores de óleo básico parafínico, onde ocorre a separação das moléculas de hidrocarbonetos saturadas das não saturadas. Esse processo eleva o índice de viscosidade e reduz o ponto de fluidez do óleo básico com a aplicação de solventes.
- No processo de hidrocraqueamento, as moléculas são quebradas e reagrupadas em compostos mais estáveis, enquanto grande parte das impurezas são removidas.
- O processo de hidroacabamento normalmente é instalado ao final da produção do óleo básico mineral, onde todas as impurezas remanescentes são eliminadas, a estabilidade a oxidação é aprimorada e o óleo atinge uma coloração adequada.

FIGURA 2 – PROCESSO SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE ÓLEOS BÁSICOS MINERAIS



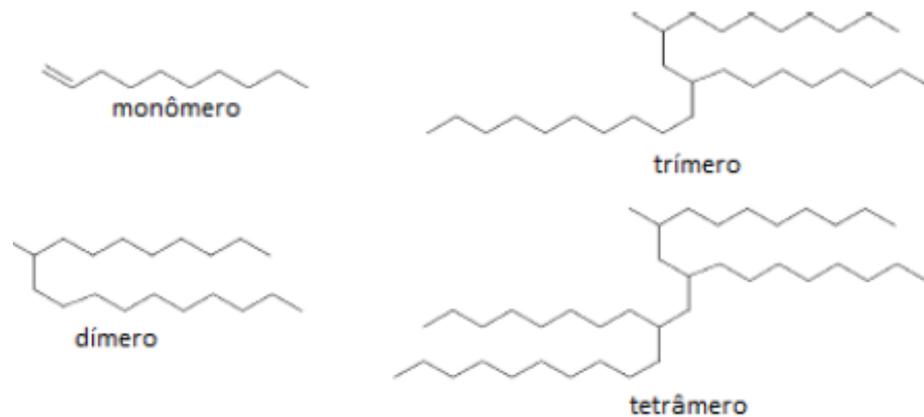
FONTE: LUBES (2008)

3.1.3 ÓLEO BÁSICO SINTÉTICO

De acordo com SOHN (2007), os óleos básicos sintéticos apresentam algumas vantagens sobre os minerais como maior estabilidade térmica e maior estabilidade a oxidação, melhores propriedades a baixas temperaturas e menor volatilidade. O procedimento para obtenção desse tipo de óleo básico é dado através de reações químicas, a partir de produtos normalmente extraídos do petróleo.

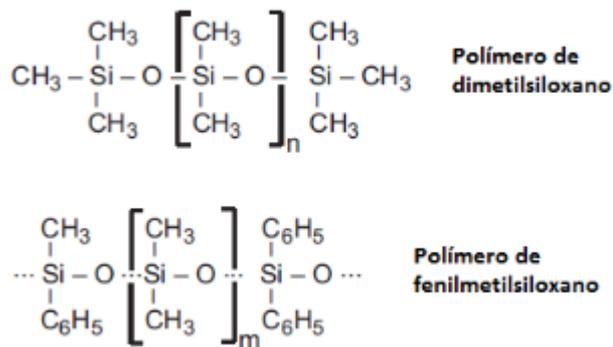
Segundo MELO (2015), os básicos sintéticos apresentam alta pureza e características químicas bem definidas, muitas vezes apresentando uma eficiência superior aos óleos minerais, porém tem como desvantagem o alto custo de produção. Os mais utilizados são os oligômeros de olefina, também conhecidos como polialfaolefinas (FIGURA 3), as polinternalolefinas, os ésteres de ácidos carboxílicos e os políssiloxanos, também conhecidos como silicone (FIGURA 4).

FIGURA 3 – EXEMPLOS DE PAOS



FONTE: MELO (2015)

FIGURA 4 – EXEMPLOS DE SILICONE



FONTE: MELO (2015)

3.2 ÓLEO LUBRIFICANTE

A utilização deste tipo de óleo se desenvolveu rapidamente durante a segunda metade do século 20 e hoje, paralelamente ao avanço da tecnologia de motores automobilísticos e industriais, se tornou uma indústria essencial e de grande representatividade ao redor do mundo. Desde a produção dos primeiros lubrificantes a base de petróleo até os dias atuais, com lubrificantes a base de óleos sintéticos e minerais de alta qualidade, um longo caminho foi percorrido para satisfazer as severas exigências que o mercado determina. Para se obter um óleo lubrificante de qualidade é necessária uma matéria prima de qualidade. Dessa forma, o avanço tecnológico não foi visível apenas no que diz respeito a produção de lubrificantes, mas também na formulação original do óleo básico, a partir de diferentes estratégias de manipulação do petróleo para convertê-lo em um produto final com o melhor desempenho possível.

O Art. 2 da resolução nº362/05 do CONAMA apresenta as seguintes definições:

1. *Óleo lubrificante básico*: principal constituinte do óleo lubrificante acabado, que atenda a legislação pertinente.
2. *Óleo lubrificante acabado*: produto formulado a partir de óleos lubrificantes básicos, podendo conter aditivos.
3. *Óleo lubrificante usado ou contaminado*: óleo lubrificante acabado que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado a sua finalidade original.

O óleo lubrificante acabado é aplicado em indústrias das mais diversas áreas, desde a lubrificação de uma simples ferramenta até a viabilização do funcionamento de motores de alta performance ou de robôs industriais. Sua principal função é reduzir o atrito e o desgaste entre partes móveis de objetos, respeitando as especificações técnicas impostas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível – ANP – para operar em território brasileiro. Outras aplicações do lubrificante são na refrigeração e limpeza de partes móveis dos mecanismos, na transmissão de força mecânica, na vedação, isolamento e proteção do conjunto de componentes específicos e até na manipulação das características físico químicas para outros produtos. SOHN (2007).

Óleos lubrificantes básicos são compostos por uma cadeia complexa de hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, com menor teor de hidrocarbonetos aromáticos e contendo normalmente entre 20 à 25 átomos de carbono. A predominância de hidrocarbonetos parafínicos ou naftênicos definem sua natureza e suas propriedades, o que possibilita uma variedade de aplicações para as diferentes composições moleculares. (BRESSANI et. al. 2006)

Segundo XAVIER e BRONZI (2011), as diferentes características físico químicas de cada lubrificante orientam suas aplicações específicas, uma vez que cada máquina possui instruções sobre rotação, carga e temperatura de operação que devem ser respeitadas. A seleção do lubrificante adequado, além de elevar o rendimento e prolongar a vida útil do maquinário, também oferta uma economia no gasto de energia de acordo com CANCHUMANI (2013), que descreve como a interação entre o óleo lubrificante selecionado e o motor de combustão interna afeta no consumo de combustível. Sendo assim, a utilização de óleos lubrificantes adequados pode apresentar uma melhor relação custo benefício para a economia de combustível do que uma mudança no desenho do motor.

De acordo com GUSMÃO et. al. (2013), a utilização do óleo com a intenção de lubrificação de equipamentos resulta na sua degradação termoxidativa quando o mesmo está sujeito a intensas variações de temperatura durante seu exercício. Conforme o uso prolongado do óleo lubrificante, SILVA et. al. (2014) aponta a ocorrência de deterioração parcial do óleo, o que resulta na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares potencialmente carcinogênicos, resinas entre outros. De acordo

com BRIDJANIAN e SATTARIN (2006), a troca do óleo é necessária após o período recomendado pelo fabricante pois ocorre o acúmulo de impurezas no óleo devido a degradação dos aditivos, oxidação e a degradação térmica, além da presença de partículas metálicas provenientes da erosão do motor, água e produtos químicos. Devido a presença destas impurezas, o óleo contaminado pode apresentar compostos como insaturados, polares, aldeídos, álcoois, entre outros, os quais condenam a qualidade do lubrificante. A troca de óleos automobilísticos normalmente ocorre em postos de gasolina, oficinas e garagens.

O API (American Petroleum Institute) e a ATIEL (Associação Técnica da Indústria Europeia de Lubrificantes) determinaram um sistema de classificação para os óleos básicos com o intuito de atender as necessidades de qualidade da indústria automotiva, buscando padronizar as aplicações para todas as refinarias do mundo. Os padrões de referência adotados foram: Teor de enxofre, Teor de Saturados e o Índice de Viscosidade (I.V.), processo de obtenção e propriedades, classificando os óleos em grupos de acordo com a TABELA 3 e a TABELA 4.

TABELA 3 – PARÂMETROS API E ATIEL PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÓLEOS BÁSICOS

Grupo	Teor de enxofre (% da massa)	Teor de saturados (% da massa)	Índice de viscosidade
I	$\geq 0,03$	≤ 90	$80 \leq \text{I.V.} \leq 119$
II	$< 0,3$	> 90	$80 \leq \text{I.V.} \leq 119$
III	$< 0,3$	> 90	$120 \leq \text{I.V.}$

FONTE: CORDEIRO

TABELA 4 - PROCESSOS DE OBTENÇÃO E DESCRIÇÃO DOS GRUPOS DE ÓLEOS BÁSICOS SEGUNDO A API E A ATIEL

Grupo	Processo	Descrição
I	Rota Solvente	Menos refinados, compostos por uma mistura não uniforme de hidrocarbonetos. São os mais aplicados na produção nacional de óleos automotivos. (LUBES, 2008)
II	Hidrorrefino	Bom desempenho em volatilidade, estabilidade a oxidação e desempenho regular no que diz respeito a ponto de fluidez e viscosidade a baixa temperatura. (CORDEIRO et. al., 2020)
III	Hidrogenação	Excelente desempenho em diversas propriedades, uniformidade molecular e alta estabilidade. Muito comuns no mercado europeu e asiático. (LUBES, 2008)
IV	Matéria prima sintética	Alta estabilidade, uniformidade molecular, alto desempenho. Aplicados em lubrificantes sintéticos e semi sintéticos. (CORDEIRO et. al. 2020; LUBES, 2008)
V	-	Desenvolvimento de aditivos e processos petroquímicos (LUBES, 2008)
VI	-	Aplicados no desenvolvimento de polinternalolefinas. Aumento significativo nos índices de viscosidade. Teor de enxofre e saturados permanecem semelhantes ao Grupo III

3.3 PARÂMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DO ÓLEO LUBRIFICANTE

As características físico químicas do óleo definem qual será sua aplicação na prática, uma vez que conhecendo suas características, será possível apontar onde o óleo apresentará melhor desempenho. O controle do comércio de óleos lubrificantes em território nacional é regulado pela portaria nº 129/99 da ANP, que apresenta as seguintes definições:

3.3.1 APARÊNCIA

A aparência é um indicador visual da pureza do óleo, é possível observar a presença de contaminantes visíveis.

3.3.2 COR

A coloração é uma utilizada no controle da produção do óleo. Qualquer alteração na cor deve ser analisada pois pode ser causada por algum contaminante.

3.3.3 VISCOSIDADE

A viscosidade é uma propriedade fundamental da lubrificação, pois ela afeta diretamente a capacidade de um fluido para manter uma camada protetora entre as superfícies em contato. Quanto mais viscoso for o fluido, mais ele resistirá ao cisalhamento e ao escoamento, mantendo assim a lubrificação adequada.

No entanto, é importante lembrar que a viscosidade diminui conforme aumenta a temperatura, e isso pode afetar negativamente a eficácia da lubrificação. Por isso, é comum o uso de aditivos para ajudar a estabilizar a viscosidade do fluido ao longo do tempo e em diferentes condições de operação.

Além disso, é importante manter a viscosidade do fluido dentro de um intervalo adequado para garantir um bom funcionamento do sistema de lubrificação. Valores muito baixos de viscosidade podem resultar em falta de lubrificação adequada, enquanto valores muito altos podem afetar negativamente a eficiência energética e aumentar o atrito interno.

3.3.4 ÍNDICE DE VISCOSIDADE

Dependendo da sua aplicação, a viscosidade pode variar. Enquanto óleos automotivos usados mantém uma viscosidade similar a de um lubrificante novo,

os óleos de motores navais apresentam uma viscosidade muito reduzida. Lubrificantes industriais e diversos apresentam variados aspectos de viscosidade.

Os lubrificantes ao desempenharem suas atividades normalmente são submetidos a variações de temperatura. Dessa forma, o índice de viscosidade é um número empírico determinado a partir da viscosidade cinemática a 40°C e 100°C, onde é medida a variação da viscosidade junto a variação de temperatura. Quanto mais alto o IV de um óleo, mais resistente é sua viscosidade frente a variações de temperatura. A relação entre o índice de viscosidade e a natureza dos óleos básicos pode ser visualizada na TABELA 5.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS BÁSICOS DE ACORDO COM SEU ÍNDICE DE VISCOSIDADE

Índice de Viscosidade	Natureza dos Óleos Básicos
IV < 0	Óleos de processamento de borracha, contendo aromáticos e naftênicos
0 < IV < 40	Óleos minerais de base naftênica preponderante
40 < IV < 80	Óleos de base mista ou de base naftênica que tenham recebido tratamento
80 < IV < 100	Óleo de base parafínica preponderante

3.3.5 RESÍDUOS DE CARBONO RAMSBOTTOM

Os resíduos de carbono Ramsbottom indicam se o óleo está sujeito a formação de aglomerados de carbono quando submetidos a altas temperaturas.

3.3.6 OUTROS PARÂMETROS

Outros parâmetros que serão observados na análise laboratorial do óleo básico serão o ponto de fluidez, o ponto de fulgor, a estabilidade a oxidação, o índice de acidez total, a emulsão, o teor de cinzas, perda por evaporação,

corrosividade ao cobre, enxofre total, concentração de vanádio, entre outros parâmetros.

3.4 ADITIVOS

A combinação de aditivos com óleo lubrificante confere propriedades especiais ao produto, aprimorando o desempenho e a qualidade do óleo de acordo com sua composição química e com a seleção de aditivos aplicada.

Segundo NASSAR e AHMED (2006), aditivos de lubrificantes são substâncias que conferem novas características a mistura, porém não pertencem a composição original do óleo.

Os aditivos são polímeros de alto peso molecular adicionados aos óleos lubrificantes com o objetivo de reforçar, adicionar ou eliminar alguma de suas características. Podem ser classificados em três grupos: aditivos que modificam as propriedades físicas do óleo; aditivos cujo efeito final é de natureza química e aditivos que atuam nas interfaces (como por exemplo em óleo-água). (CANCHUMANI, 2013)

De acordo com CORDEIRO et. al. (2020), aditivos são compostos por produtos químicos normalmente orgânicos ou organometálicos e são dissolvidos em um óleo base com o objetivo o desempenho e a durabilidade do lubrificante.

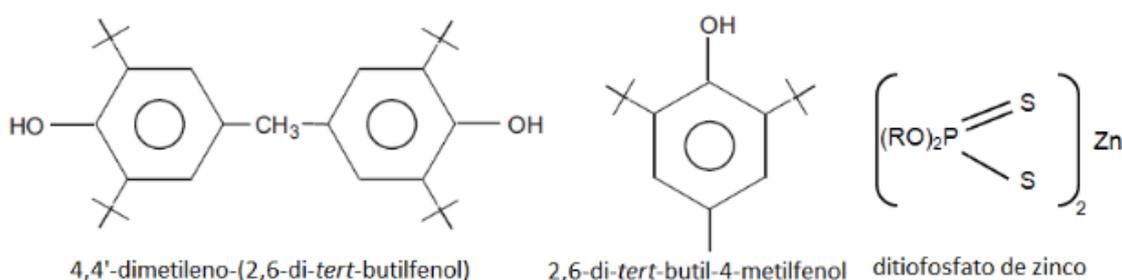
MELO (2015) caracteriza os aditivos que modificam as propriedades físicas do óleo como materiais poliméricos que atuam como melhoradores do índice de viscosidade, abaixadores do ponto de fluidez e antiespumantes. Já os aditivos de natureza química compreendem os antioxidantes, detergentes e dispersantes, antiferrugem, anticorrosivos, antidesgaste, entre outros. Os aditivos mais utilizados serão apresentados a seguir.

3.4.1 ANTIOXIDANTES

Os aditivos antioxidantes são aplicados com o objetivo de eliminar os radicais orgânicos formados no processo de oxidação do óleo lubrificante

(principalmente peróxidos, ácidos carboxílicos, cetonas, álcoois e esteres) ou então decompor os peróxidos formados durante essas reações. A oxidação ocorre quando em contato com o ar, mesmo dentro do motor, ou então devido ao craqueamento térmico ocasionado pelas temperaturas elevadas. Essa deterioração é responsável pelo envelhecimento do óleo e perda de lubrificação, o que torna a adição desse aditivo necessária em todos os óleos lubrificantes com a intenção de minimizar a formação de compostos indesejáveis e aumentar a vida útil do óleo. Algumas substâncias utilizadas com a finalidade de aprimorar essas propriedades ao óleo são fenóis e ditiofosfato de zinco (FIGURA 5). CARVALHO, (2015)

FIGURA 5 – ESTRUTURA QUÍMICA DOS ADITIVOS ANTIOXIDANTES

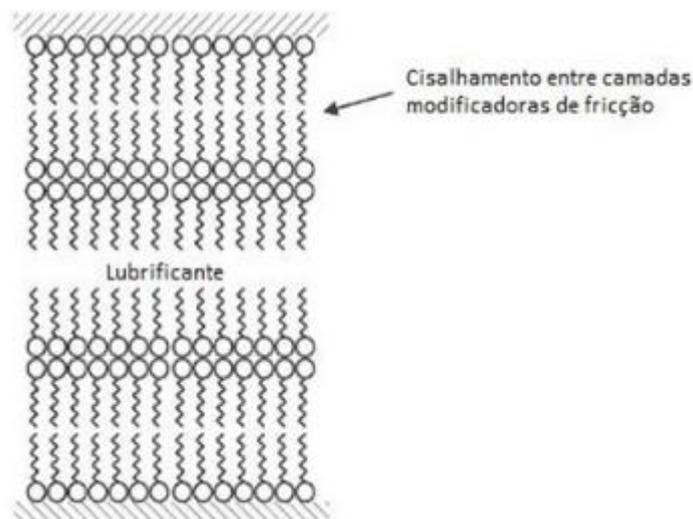


FONTE: MELO (2015)

3.4.2 ANTIDEGASTES E DE EXTREMA PRESSÃO

Segundo GUIMARÃES (2006), esses aditivos são adicionados com o objetivo de melhorar as propriedades antifricção e antidesgaste, reduzindo ou até eliminando o atrito através da formação do filme lubrificante que protege as superfícies metálicas e ameniza o desgaste. Os aditivos antidesgastes são aplicados no contato entre duas superfícies metálicas, reduzindo o atrito através do filme lubrificante. Já os aditivos de extrema pressão são aplicados em operações de corte por proporcionarem alta precisão mesmo em altas temperaturas, reduzindo o atrito entre a ferramenta e o material. Um exemplo desse aditivo é o dialquil ditiofosfato de zinco (FIGURA 6).

FIGURA 6 – MECANISMO DE ATUAÇÃO DOS ADITIVOS ANTIDESGASTES E DE EXTREMA PRESSÃO



FONTE: CORDEIRO (2020)

3.4.3 INIBIDORES DE CORROSÃO

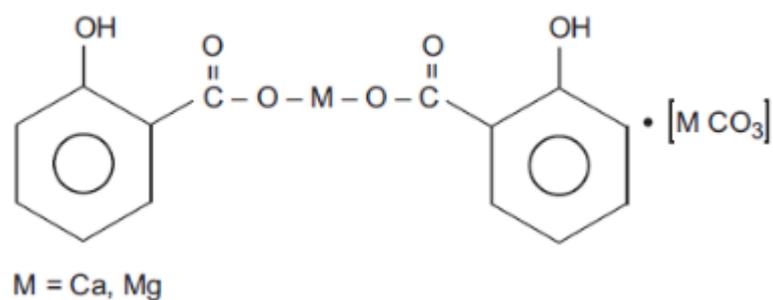
De acordo com GUIMARÃES (2006), os anticorrosivos são aplicados com o objetivo de neutralizar os ácidos formados durante a oxidação e prevenir a formação de verniz, desenvolvendo uma película protetora que impede que os compostos corrosivos danifiquem as superfícies metálicas.

3.4.4 DETERGENTES E DISPERSANTES

Os aditivos detergentes e dispersantes apresentam uma longa cadeia de hidrocarbonetos apolar, que permite que eles se dissolvam no óleo, e um grupamento polar na extremidade, que atrai as partículas contaminantes. Esses aditivos são aplicados para impedir a formação de aglomerados de produtos originados na combustão e na oxidação, mantendo-os em suspensão no próprio óleo para serem removidos pelos filtros ou durante a troca de óleo.

Enquanto aditivos detergentes formam uma película na parte interna dos motores que impede a deposição de resíduos na forma líquida no revestimento interno do motor, os aditivos dispersantes mantêm as partículas sólidas que entram no motor pelo ar, pelo combustível ou através do lubrificante suspensas, impedindo o acúmulo de partículas no motor. Os mais utilizados são sulfonatos e os salicilatos alcoil-substituídos (FIGURA 7). MELO (2015)

FIGURA 7 – ESTRUTURA QUÍMICA DE UM ADITIVO DETERGENTE

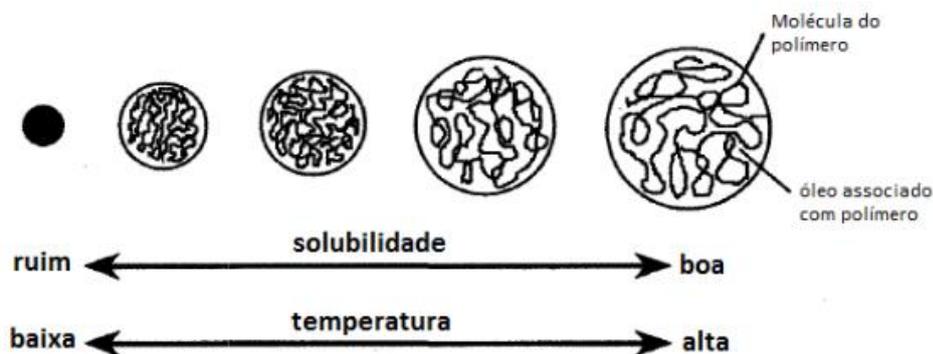


FONTE: MELO (2015)

3.4.5 AUMENTADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE

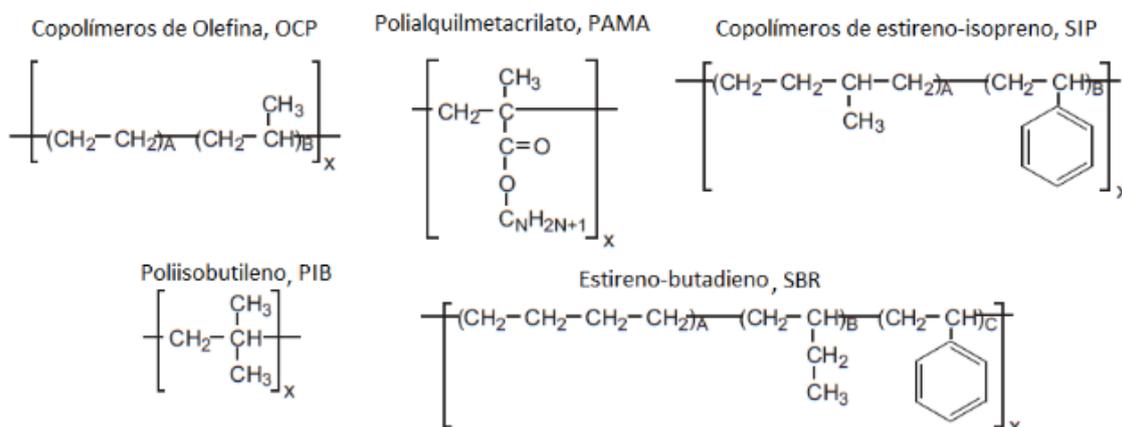
CORDEIRO et. al. (2020) define os melhoradores do I.V. como polímeros de estrutura linear aplicados em situações onde o óleo será submetido a altas temperaturas, com o objetivo de elevar a viscosidade do lubrificante uma vez que a mesma é reduzida frente ao aumento de temperatura. Nessas condições, as moléculas desse aditivo expandem sua estrutura, elevando seu volume e a viscosidade da mistura como demonstrado na FIGURA 8. Em contrapartida, quando submetido a baixas temperaturas ou temperatura ambiente, esses aditivos permanecem de forma contraída e demonstram poucos efeitos sobre o óleo. Alguns exemplos de aditivos melhoradores do índice de viscosidade são apresentados na FIGURA 9.

FIGURA 8 – MECANISMO DE ATUAÇÃO DOS ADITIVOS MELHORADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE



FONTE: MELO (2015)

FIGURA 9 – ESTRUTURA QUÍMICA DE ADITIVOS MELHORADORES DO ÍNDICE DE VISCOSIDADE



FONTE: MELO (2015)

3.4.6 ABAIXADORES DO PONTO DE FLUIDEZ

De acordo com GUIMARÃES (2006), os abaixadores do ponto de fluidez são polímeros aplicados em óleos parafínicos em situações que serão submetidos a baixas temperaturas, esses aditivos formam colóide protetor ao redor dos cristais de parafina, o que impede seu crescimento e mantém o óleo líquido. Algumas substâncias utilizadas com a finalidade de manter a fluidez do lubrificante sob baixas temperaturas são naftalenos alquilados, polimetacrilatos, poliácridamidas e copolímeros de vinil-carboxilato-dialcoil-fumaratos (FIGURA 10).

FIGURA 10 – ESTRUTURA QUÍMICA DOS NAFTALENOS ALIQUILADOS

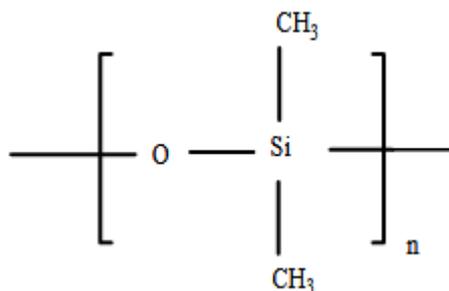


FONTE: SCHILLING (1968)

3.4.7 ANTIESPUMANTES

Os aditivos antiespumantes são aplicados com a intenção de desestabilizar a espuma produzida devido a agitação durante o ciclo de operação do lubrificante. A espuma formada pode ocasionar situações indesejáveis que afetam a eficiência do produto como a oxidação, causada simplesmente pelo contato com o ar ou danos por cavitação. O antiespumante age reduzindo a tensão superficial, o que facilita o rompimento entre o óleo e a bolha de ar. Algumas substâncias utilizadas com a finalidade de acrescentar essa propriedade ao óleo são siliconas e polímeros sintéticos (FIGURA 11).

FIGURA 11 – ESTRUTURA QUÍMICA DO ADITIVO ANTIESPUMANTE DE POLÍMEROS LINEARES DO SILOXANO



FONTE: SCHILLING (1968)

3.4.8 REDUTORES DE ATRITO

Segundo CORDEIRO (2020), aditivos redutores de atrito são aplicados normalmente em lubrificantes para motores e engrenagens que funcionam em regime de lubrificação de contorno, com intenção de reduzir o atrito superficial das peças, o que resulta em um maior rendimento mecânico e também na redução de gases poluentes emitidos no atrito entre peças de máquinas.

3.5 ÓLEO LUBRIFICANTE USADO CONTAMINADO

O óleo lubrificante novo já possui um grau de toxicidade por ser um derivado do petróleo com a presença de aditivos. Óleo Lubrificante Usado Contaminado (OLUC) é o óleo que já foi utilizado em máquinas ou veículos e pode conter diversas impurezas, devido a deterioração e contaminação. Após o uso, o lubrificante perde suas propriedades ótimas e não serve mais a finalidade para a qual foi elaborado, dessa forma, o óleo usado contaminado se torna uma substância ainda mais nociva e deve ser destinada de maneira responsável.

Os Óleos Lubrificantes Contaminados (OLUCs) podem ser facilmente identificados por sua cor castanha escura e pelo odor característico. Esses óleos são contaminados com metais pesados, líquidos refrigerantes, combustível, entre outros, que podem afetar negativamente o meio ambiente e a saúde humana.

FIGURA 12 - OLUC DE ORIGEM AUTOMOTIVA



FONTE: SOHN, H. (2007)

A degradação termoxidativa, causada pela exposição a altas temperaturas no motor, é outra fonte de contaminação. Durante esse processo, parte do óleo é queimado, liberando compostos nocivos ao meio ambiente. GUIA PRÁTICO (2015).

Os OLUCS, ou Óleos Lubrificantes Usados, são uma fonte potencial de contaminação ambiental devido aos compostos tóxicos presentes em sua composição. Esses compostos incluem dioxinas, ácidos orgânicos, cetonas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, além de elementos tóxicos e bioacumulativos, como cromo, cádmio e dioxinas.

O descarte inadequado desse tipo de resíduo pode causar graves danos ao meio ambiente e à saúde humana. Por exemplo, 1 litro de óleo lubrificante pode contaminar até 1 milhão de litros de água, comprometendo sua oxigenação e prejudicando a fauna aquática. Além disso, o óleo lubrificante usado não é biodegradável e pode levar décadas para desaparecer do meio ambiente, inutilizando o solo para agricultura e edificação, e atingindo o lençol freático.

FIGURA 13 - ÓLEO DERRAMADO EM CORPO HÍDRICO



FONTE APROMAC (2011)

A incineração dos OLUCS pode liberar grandes quantidades de poluentes, incluindo particulados nocivos ao sistema respiratório humano, em uma área de até 2 km ao redor do local da queima. O descarte desse tipo de resíduo também pode prejudicar o funcionamento das estações de tratamento de efluente.

Por todos esses motivos, é fundamental que as empresas e indústrias adotem práticas de gestão de resíduos responsáveis, e que as autoridades regulamentem e fiscalizem o correto descarte desse material. Além disso, a conscientização da sociedade sobre a importância da preservação ambiental e do uso responsável dos recursos naturais é fundamental para garantir o futuro do planeta.

3.6 PROCESSO DE RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE

As primeiras empresas do ramo de rerrefino de óleos minerais iniciaram suas atividades no Brasil na década de 40, e a partir da década de 70, durante a crise do petróleo e a elevação do preço do combustível, houve um aumento significativo no número de empresas de rerrefino no cenário nacional. Porém a partir de 1987, a queda do imposto único e a conscientização ambiental elevaram o preço do processo de rerrefino de óleos lubrificantes, o que tornou comum o descarte irregular desse produto em algumas regiões do país (DESIDERATO, 2009).

Simultaneamente ao crescimento da frota de veículos e ao desenvolvimento industrial, a demanda por óleo lubrificante vem aumentando nos últimos anos, assim como o rigor da legislação ambiental. A partir disso, novas tecnologias foram desenvolvidas com o objetivo de transformar esse produto usado em um produto novo – essas tecnologias são denominadas de *rerrefino de óleo lubrificante*. O processo de reaproveitamento desse óleo se demonstrou uma alternativa economicamente e ambientalmente viável, retornando o lubrificante ao mercado com a mesma qualidade do produto que o originou, sem prejudicar o meio ambiente e com valor de mercado mais acessível.

Segundo LIMA (2016), os óleos básicos provenientes de petróleos com características parafínicas e com cadeias ramificadas são os mais adequados para formulação dos lubrificantes utilizados nos motores de combustão interna, sendo que, de acordo com GUIMARÃES (2006), 70% do óleo lubrificante no Brasil é direcionado a motores de combustão interna. Após a operação, cerca de 30% do lubrificante é consumido dentro do motor enquanto uma parcela do restante é

direcionada ao processo de rerrefino, e o restante é incinerada ou despejada na natureza de forma irregular, sendo altamente nocivo ao meio ambiente. O grande volume gerado desse material com alto potencial poluente tem no rerrefino a melhor solução econômica, visto que o produto retorna ao mercado com um custo de produção inferior ao custo da produção de um óleo lubrificante a partir de um óleo básico virgem, e ambiental, visto que um grave poluente está sendo corretamente destinado, ao invés de ser descartado em corpos da água ou no solo.

As rerrefinadoras escolhem quais processos vão instalar em seu centro de operação, de acordo com o volume atendido e do investimento disponível. Alguns processos apresentam melhor desempenho em relação a outros, porém demandam um maior investimento em instalação e operação, ou então necessitam de volumes muito maiores do que os disponíveis, o que torna comum nas refinarias de óleo lubrificante do Brasil a instalação de processos mais simples que atendam os parâmetros especificados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Após o rerrefino, o óleo deve passar por uma série de análises dos seus parâmetros físico químicos em laboratório para verificar sua qualidade antes do retorno ao mercado.

RALDENES et. al. (1981) define o processo de rerrefino de óleo lubrificante usado contaminado como a remoção de todos os contaminantes ali presentes, sendo eles água, partículas sólidas, produtos de diluição, produtos de oxidação ou os aditivos que foram adicionados, de forma que o óleo retorne as suas propriedades de óleo básico.

De acordo com CACHUMANI (2013), o rerrefino recupera as moléculas de hidrocarboneto presentes no óleo lubrificante usado contaminado (OLUC) que não sofreram degradação, e após ser submetido a regeneração, o óleo lubrificante refinado deve estar preparado para receber aditivos e retornar ao mercado com a mesma qualidade do óleo lubrificante acabado novo.

Segundo WILLING (2001), um litro de OLUC destinado de maneira irresponsável demora até 300 anos para se degradar e contamina, de forma irreversível, até um milhão de litros de água.

De acordo com a resolução CONAMA nº 362/05, os produtores e importadores são responsáveis pela coleta e destinação correta, no caso o rerrefino, de um volume mínimo de óleo lubrificante usado contaminado, que varia

de acordo com cada região do país e é proporcional ao volume de óleo lubrificante acabado que os mesmos inseriram no mercado. As resoluções ANP nº 17/09 e nº 18/09 estabelecem que os produtores e importadores devem informar a ANP mensalmente qual foi o volume de óleo lubrificante básico e acabado movimentando por eles, assim como o volume de OLUC a ser coletado e destinado.

Há diversos métodos de conversão do OLUC em óleo básico, a seguir serão listadas os mais utilizadas pelas refinarias.

3.6.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO

Essa etapa consiste na separação física a partir da sedimentação das partículas sólidas mais grosseiras da parte líquida em um tanque de decantação. A utilização de filtros com diferentes granulometrias para remoção dos sedimentos também é recomendada para eficiência do processo.

3.6.2 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO

Segundo descreve Oladimeji et. al. (2018), o processo de desidratação tem como objetivo remover a água do lubrificante contaminado. Este processo consiste em adicionar um volume definido de OLUC em um tanque com uma configuração simples de destilação atmosférica a uma temperatura controlada de 120 °C para que ocorra a evaporação da água e de outros destilados leves. O processo é realizado até que nenhum destilado seja produzido.

3.6.3 PROCESSO DE DESTILAÇÃO A VÁCUO

Segundo descreve Shanbhag et. al. (2020), o processo de destilação a vácuo tem como objetivo separar o óleo lubrificante dos hidrocarbonetos leves, como combustível, e outros resíduos provenientes, por exemplo, da degradação dos aditivos, da oxidação, do aquecimento do metal, entre outros. Este processo

consiste em adicionar um volume definido de OLUC em um tanque com uma configuração de destilação a vácuo, sob temperaturas próximas a 200 °C e baixas pressões, próximas as 0,01 atm. O processo é realizado até que nenhum destilado seja produzido.

3.6.4 EXTRAÇÃO POR SOLVENTE

Segundo descreve HUSSEIN et. al. (2014), o processo de extração por solvente tem como objetivo separar a fração de óleo das impurezas presentes. Esse método utiliza solventes orgânicos como álcoois (metanol, propanol, butanol, isopropanol e isobutanol), cetonas (acetona e metiletilcetona) ou solvente de hidrocarboneto (hexano). A adição do solvente age seletivamente, dissolvendo o óleo e separando as impurezas indesejadas após ser agitado em um tanque de mistura por período, velocidade e temperatura controlados, forma um lodo no fundo do tanque contendo as impurezas. A mistura de óleo básico com solvente é então submetida a destilação para separar as frações de óleo básico dos solventes. Conforme aumenta-se a velocidade e o tempo dentro do tanque de mistura, a eficiência na remoção de impurezas é maior, até alcançar o ponto crítico onde a eficiência se estabiliza. O aumento de temperatura aumenta a solubilidade do óleo no solvente. De acordo com ADEWOLE et. al. (2019), a adição de diferentes solventes durante o tratamento do OLUC apresenta resultados mais eficientes na remoção de impurezas metálicas, na redução dos valores de acidez e na aprimoração das propriedades físicas do óleo lubrificante.

NAIR et. al. (2020) aponta que o rerrefino de óleo contaminado a partir da extração com metietilcetona gasta apenas um terço da energia gasta com a produção de óleo básico virgem, o solvente pode ser reaproveitado e produz um produto de alta qualidade. Os aspectos negativos são que, para ser economicamente viável, este método exige instalações que suportem um alto volume, é necessária manutenção frequente e os solventes são perigosos e inflamáveis.

3.6.5 PROCESSO ÁCIDO SÚLFÚRICO – ARGILA

Método clássico de rerrefino adotado ao redor de todo o mundo, foi criado na Alemanha por Bernd Meinken. Na atualidade, o método é considerado ultrapassado devido ao avanço da tecnologia no setor de rerrefino.

Segundo descreve KHUDUR e MOHAMMED (2020), o processo de tratamento com argila tem como objetivo a correção da coloração e do odor do óleo, além da remoção de compostos remanescentes com alta polaridade, como oxigênio, nitrogênio e aromáticos.

O ácido sulfúrico, ao ser misturado com o OLUC em um tanque de mistura, pode atuar tanto como agente sulfonante quanto como agente oxidante, e também pode atuar como catalisador em reações de polimerização de hidrocarbonetos insaturados. Dessa forma, o tratamento de óleo com H₂SO₄ resulta na oxidação ou então na sulfonação dos produtos degradados. O tempo e a velocidade de mistura, assim como a temperatura, influenciam na eficiência do processo. O ácido reage inversamente com compostos de oxigênio, enxofre e alguns compostos a base de nitrogênio, formando um resíduo lodoso nomeado de borra ácida. O material acidificado é misturado com soda caustica para neutralizar e posteriormente é filtrado para remover os precipitados. Mesmo após o tratamento ácido, o óleo ainda apresenta coloração e odor inadequados, os quais devem ser corrigidos posteriormente a partir do tratamento com argila ativada. (MEKONNEN, H. A. 2014)

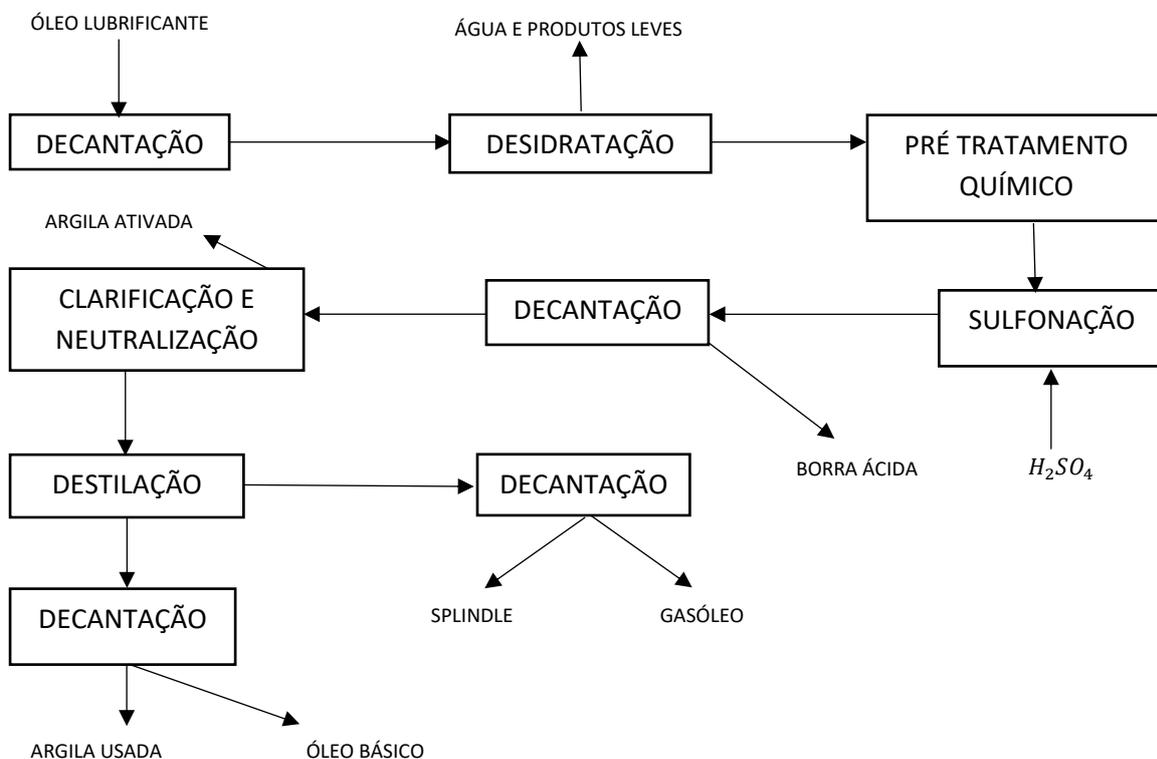
Na extração com H₂SO₄, óleo é encaminhado para o tanque de sulfonação, onde é adicionado ácido sulfúrico concentrado a uma proporção próxima de 5% em relação a massa total de óleo e permanece sob agitação por um período. Nesse procedimento, o material oxidado e os aditivos residuais são separados do óleo por decantação e formam a borra ácida, um produto nocivo ao meio ambiente e que deverá ser destinado de maneira responsável pela refinaria. (GUIMARÃES, 2006)

Após o tanque de sulfonação, o óleo é submetido a argila previamente tratada com ácido, água destilada e altas temperaturas. A função da argila é de corrigir o odor e a coloração do óleo após o processo de extração com ácido sulfúrico. (SOUZA, 2015)

Adelowe et. al. (2019) aponta algumas desvantagens nesse processo, como a necessidade de uma grande quantidade de ácido sulfúrico e argila para tratar o óleo e a criação de subprodutos residuais perigosos, como alcatrão ácido e argila saturada de óleo. Na história, o tratamento ácido já foi unanimidade no rerrefino ao redor do mundo, porém devido ao emprego de novos aditivos nos lubrificantes modernos, o óleo básico obtido é considerado de baixa qualidade. Esses fatores tornam a aplicação desse método cada vez menos frequente.

Na FIGURA 12 é apresentado o fluxograma do processo ácido sulfúrico-argila.

FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO ÁCIDO SÚLFURICO-ARGILA



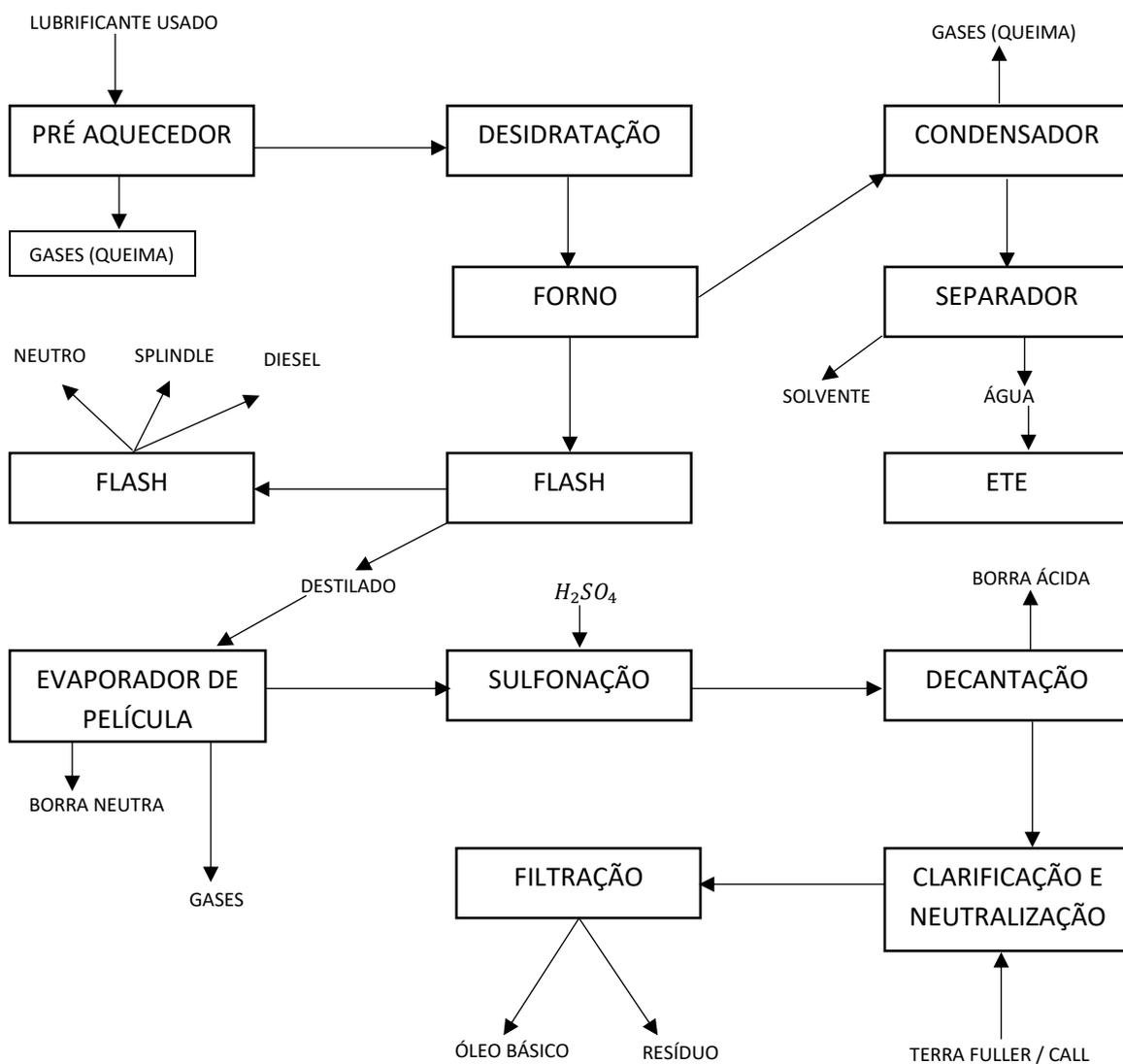
FONTE: MOURA e CARRETEIRO (2006)

3.6.6 PROCESSO EVAPORADOR DE FILME

O óleo destilado, previamente aquecido e sob vácuo é submetido ao evaporador de película que consiste em uma bandeja denominada distribuidor,

onde o óleo é inserido e, por centrifugação, é lançado nas paredes do evaporador, formando uma película uniforme, enquanto a borra neutra do óleo, composta por polímeros, metais, resinas, aditivos e compostos de carbono, é separada do restante. O óleo nessa etapa ainda apresenta uma quantidade de componentes oxidantes que devem ser removidos com a aplicação de ácido sulfúrico, formando uma borra ácida, conforme descrito no processo de Ácido Sulfúrico – Argila. Por fim, o óleo é conduzido aos reatores de clarificação/neutralização, encerrando o processo após ser filtrado. (GUIMARÃES, 2006; SOUZA, 2015)

FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE EVAPORADOR DE PELÍCULA



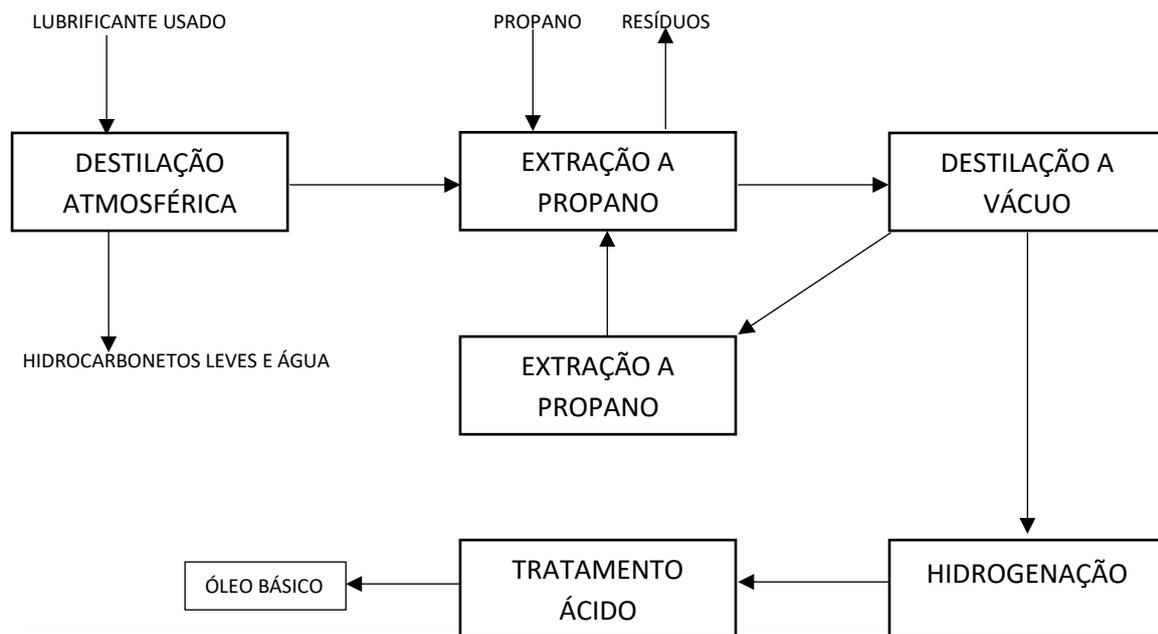
FONTE: SOUZA (2015)

3.6.7 PROCESSO DE DESASFALTAÇÃO POR PROPANO

Inicialmente o óleo lubrificante usado contaminado é transferido para um tanque onde receberá uma carga de propano que age como um solvente dissolvendo somente as frações lubrificantes. A mistura é então agitada para aumentar a eficiência na solvência, e segue primeiramente para decantação e depois para a desasfaltação, onde o fluido é pré-aquecido e inserido em uma bandeja conectada com tubos verticais longos e finos, aquecidos por vapor de água. Os componentes mais voláteis como o propano e alguns aditivos passam ao estado gasoso e descem mais rapidamente pelos tubos, e então são eliminados em forma de vapor, enquanto o concentrado mais denso, denominado borra neutra, permanece escoando de forma mais lenta até ser removida do evaporador. A borra neutra pode ser aproveitada na indústria de produtos asfálticos de impermeabilização.

O óleo condensado é removido separadamente nessa etapa do procedimento e segue para a Destilação Flash, conforme descrito no processo Evaporador Filme, porém nesse procedimento, é comum observar as frações de lubrificante através da destilação flash primária, onde é removida a fração de lubrificante spindle, a destilação flash secundária, onde são removidas as frações neutra, leve e média do óleo e também a borra neutra residual. Após o flasheamento, o óleo destilado permanece com substâncias impróprias que causam odor e coloração indesejáveis. Dessa forma, é necessário a adição da etapa de tratamento com argila ativada e finalmente a filtração, de onde obtém-se o óleo básico nas frações neutro, leve, médio e spindle. (GUIMARÃES, 2006; SOUZA, 2015; ROCCO, 2016)

FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESASFALTAÇÃO POR PROPANO



FONTE: ROCCO et. al. (2016)

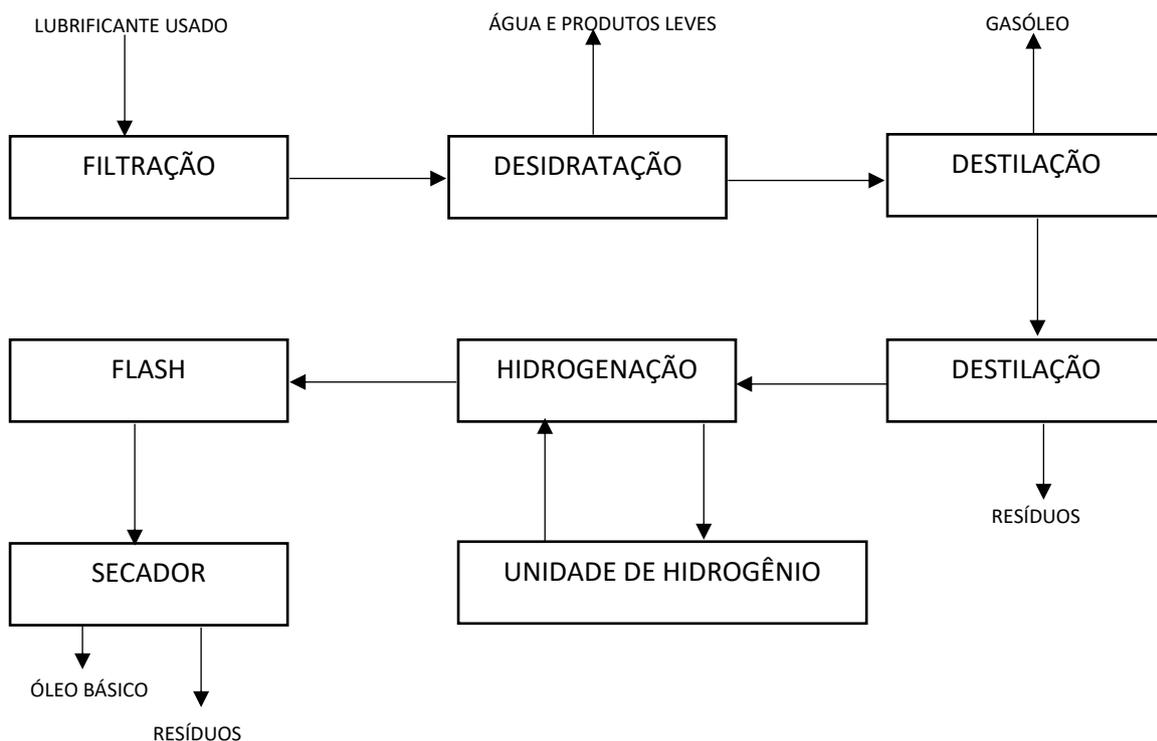
3.6.8 PROCESSO DE DESTILAÇÃO – HIDROGENAÇÃO

Neste processo é necessário a implementação da destilação fracionada, e algumas refinarias utilizam um sistema acoplado de destilação simples buscando uma melhor eficiência no rerrefino do óleo. Um processo de destilação simples envolve evaporação, resfriamento, condensação e coleta do condensado, enquanto na destilação fracionada o processo é o mesmo em princípios de técnica e equipamentos, o que difere é que, enquanto na destilação simples a etapa de evaporação e resfriamento ocorre uma única vez, na fracionada essa etapa ocorre repetidas vezes, proporcionando uma purificação mais eficaz da mistura. O procedimento de destilação é aplicado na separação de líquidos com diferentes pontos de ebulição ou então na separação entre líquidos e compostos que não destilam. No tratamento de óleo lubrificante, essa etapa é responsável pela remoção dos gasóleos, que podem ser aproveitados na produção de gasolina, querosene e alguns produtos químicos, e na remoção de alguns resíduos presentes no lubrificante contaminado.

O óleo destilado é aquecido e misturado com um gás rico em hidrogênio antes de ser direcionado a um reator que contém um catalisador com pressão controlada. Essa etapa é responsável pela estabilização do óleo, proporcionando melhoria na cor e no odor. Grande parte do gás rico em hidrogênio é reciclado através de um compressor, e é necessário um equipamento em anexo para produção do excesso de hidrogênio que será inserido na mistura.

O óleo hidroacabado é sujeito a remoção de alguns componentes voláteis utilizando vapor e então direcionado a uma coluna de secagem a vácuo, de onde obtém-se os óleos básicos prontos que serão bombeados para os tanques de armazenamento, de acordo com as especificações requeridas para retornarem ao mercado. (SOUZA, 2015; GUIMARÃES 2006)

FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO-HIDROGENAÇÃO



FONTE: RALDENS et. al. (1981)

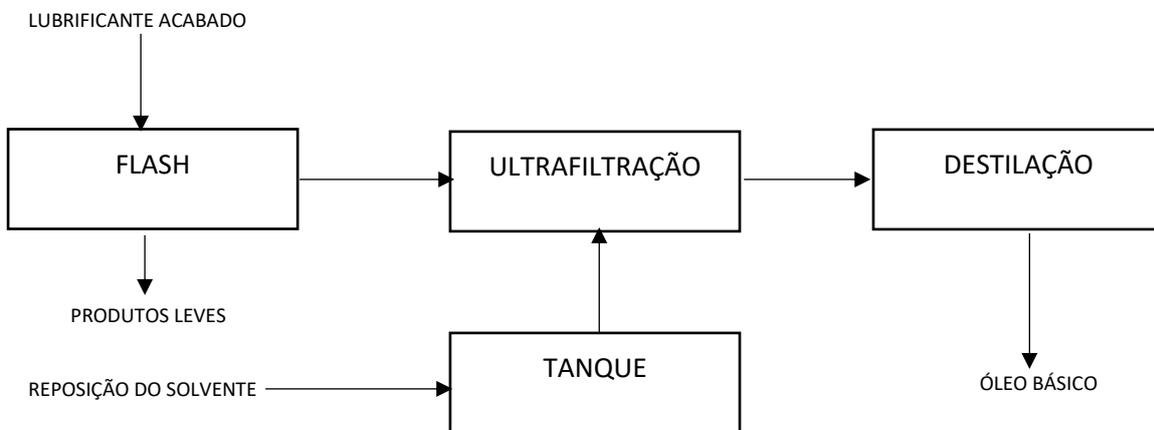
3.6.9 PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS E ADSORÇÃO

No processo de ultrafiltração, o óleo diluído com solventes é direcionado através de membranas assimétricas a base de poliacrilonitrila ou outras substâncias resistentes a hidrocarbonetos, sendo aplicada altas pressões. Nessa etapa, as substâncias de menor massa molar são permeadas enquanto as de maior massa molar ficam retidas nas membranas.

O óleo, após passar pelas membranas na ultrafiltração, é sujeito a destilação fracionada para que ocorra a destilação dos solventes que foram previamente adicionados, e por fim, alguns produtos formados pela oxidação são solubilizados no óleo e não são retidos pela membrana.

A seguir, o óleo passa por percolação em leito de adsorvente polimérico regenerável ou em argila ativada com a finalidade de adsorver os produtos da oxidação. Após essa etapa, o óleo está purificado e de acordo com as especificações regulamentadas pelo mercado. (GUIMARÃES, 2006)

FIGURA 18 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS



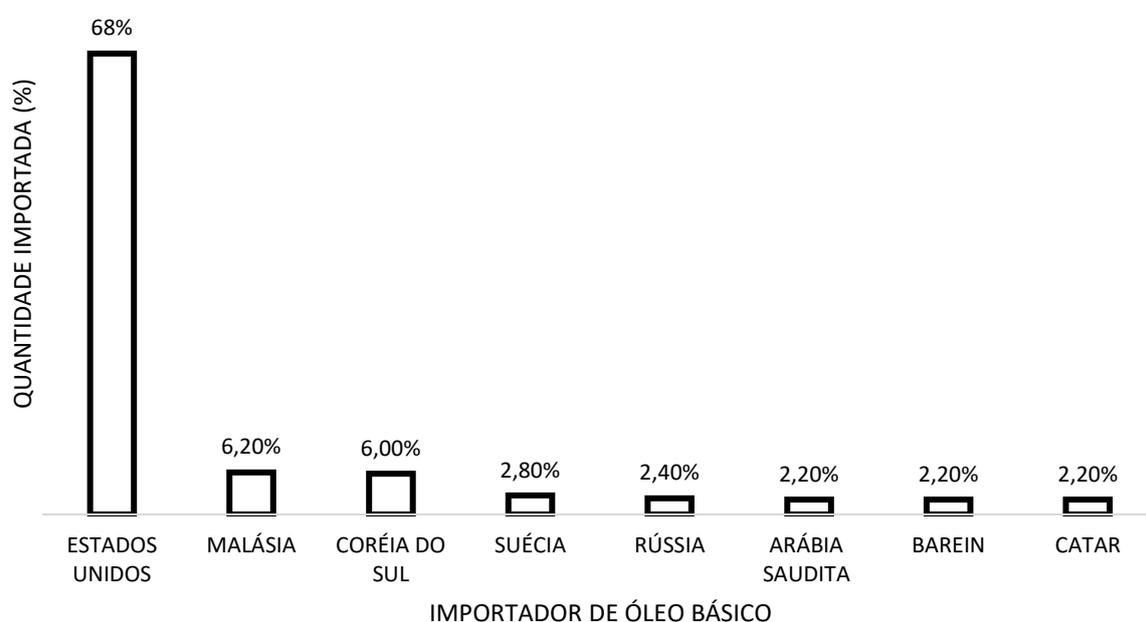
FONTE: AUDIBERT et. al. (1970)

3.7 MERCADO NACIONAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Segundo o PORTAL LUBES (2022), em 2021, o Brasil produziu cerca de 610 mil metros cúbicos, representando a maior produção nos últimos cinco anos. No mesmo ano, o país importou cerca de 868 mil metros cúbicos de óleos básicos,

que representaram um aumento de 33% sobre o ano anterior e de 47% sobre o ano de 2019. Esse volume foi responsável por uma despesa de US\$ 796,3 milhões, tendo os Estados Unidos como o maior fornecedor para o país, com pouco mais de 68% do volume, algo em torno de 695 mil metros cúbicos. Málásia, Coreia do Sul, Suécia, Rússia, Árabia Saudita, Barein e Catar completam a lista dos maiores importadores para o mercado nacional. O GRÁFICO 1 demonstra o percentual de óleo básico importado pelos principais fornecedores do mercado brasileiro em 2021.

FIGURA 19 - MAIORES IMPORTADORES DE OLUC



FONTE: PORTAL LUBES (2022)

Os óleos de pulverização agrícola se destacaram no segmento de lubrificantes com um crescimento de 37,6% em relação a 2019 enquanto os óleos industriais apresentaram um crescimento de 6,5% no mesmo período. O segmento de óleos automotivos decaiu 3,2% em relação a 2019. No primeiro trimestre de 2021, o mercado de lubrificantes nacional apresentou um aumento de 14,5% em relação ao mesmo período em 2019, atingindo o recorde histórico com um volume total de 381.863m³, com destaque para o setor de óleos automobilísticos que cresceu a uma taxa de 10% ao mês. PORTAL LUBES (2022)

Cerca de 60% das vendas de lubrificantes estão centralizadas em 5 estados no Brasil. Em 2019, o estado de São Paulo foi o estado que mais consumiu óleo lubrificante, respondendo sozinho por 27,7% de todo o consumo do país. A seguir vem Minas Gerais 11,6%, seguido do Paraná com 7,9%, Rio Grande do Sul com 7,2% e Rio de Janeiro com 5,6%. Devido ao alto consumo causado pela maior densidade demográfica do país, a região sudoeste lidera a comercialização de lubrificante acabado proveniente de rerrefino no país. PORTAL LUBES (2019). Na TABELA 6, é possível visualizar a distribuição do lubrificante acabado consumido no país em 2019.

TABELA 5 - PORCENTAGEM DE ÓLEO LUBRIFICANTE ACABADO VENDIDO NO PAÍS POR REGIÃO SEGUNDO PORTAL LUBES (2020)

Ano	Regiões				
	Nordeste	Norte	Centro – Oeste	Sudeste	Sul
2019	13,8%	9,3%	11,7%	44,7%	20,5%

FONTE: PORTAL LUBES (2021)

A TABELA 6 aponta a série histórica de 2008 a 2019 sobre a venda e a coleta de óleo lubrificante no país.

TABELA 6 – SÉRIE HISTÓRICA DOS DADOS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEO LUBRIFICANTE ACABADO E COLETA DE OLUC SEGUNDO PORTAL

Anos	Comercializado (litros)	Coletado (litros)
2008 – 2013 (média)	1.296.615.099	477.336.741
2014	1.198.256.297	451.862.035
2015	1.129.867.990	445.811.873
2016	1.040.958.016	413.667.667
2017	1.053.748.277	431.039.661

Anos	Comercializado (litros)	Coletado (litros)
2018	1.316.367.177	424.035.776
2019	1.367.528.000	489.419.000

FONTE: PORTAL LUBES (2021)

Segundo a ANP, em 2021 há 143 empresas qualificadas para produzir óleo lubrificante acabado automotivo e industrial no Brasil e 25 empresas qualificadas para coletar OLUC em território nacional. De acordo com MELO (2015), a tendência da indústria automobilística é aumentar o uso de básicos do grupo II e III para atender os limites de viscosidade dinâmica a baixa temperatura, onde apenas graus SAE 0Wxx, 5Wxx e 10Wxx são aceitos. No Brasil, a maior parte do básico do grupo II e todo o óleo básico do grupo III e sintéticos são importados.

3.8 LOGÍSTICA REVERSA

O processo de logística reversa de óleo lubrificante começa com a coleta dos resíduos, que são transportados para unidades de tratamento onde são separados os componentes reutilizáveis, como óleo básico, e os resíduos perigosos, como contaminantes. Em seguida, o óleo básico é submetido a processos de refinamento para ser reutilizado como lubrificante ou como matéria-prima para outros produtos, enquanto os resíduos perigosos são desposados de maneira adequada, garantindo a segurança ambiental.

A logística reversa estabelece o retorno de quaisquer produtos ou embalagens a sua origem, dentro do possível, promovendo o tratamento adequado. ROGERS e TIMBELENKE (1989) definem a logística reversa como o planejamento, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de recuperação do valor ou descarte apropriado para coleta e tratamento do resíduo. A REVLOG (2006) aponta a legislação ambiental, os benefícios econômicos dos produtos que serão reaproveitados pelo produtor e a conscientização ambiental como fatores determinantes para o crescimento do

ideal de aplicação do conceito de logística reversa nos diversos setores de produção. ROGERS e TIMBELENKE (1998) ainda complementa esses fatores com competitividade no mercado e aprimoração da imagem institucional frente aos consumidores. Muitas empresas adaptaram seu ciclo produtivo pensando nesse propósito, em alguns casos terceirizando o processo de logística reversa para que o setor de logística tradicional não seja afetado, uma vez que em alguns casos os fluxos com os quais elas lidam não são os mesmos, como por exemplo no caso de baterias de telefones usadas. SUSTENERE (2017)

No caso em estudo, a logística reversa não é definida somente pelos processos de rerrefino definidos anteriormente, mas também pela sequência de atividades que englobam todo o processo, desde a coleta, manuseio e o gerenciamento de resíduos.

3.9 COLETA

A portaria Interministerial MME/MMA nº 100, de 2016, definiu o percentual mínimo por região de coleta de óleos lubrificantes usados ou contaminados que devem ser coletados e destinados pelo produtor ou importador do óleo lubrificante acabado.

TABELA 7 – PERCENTUAL MÍNIMO DE COLETA DE OLUC POR REGIÃO

Ano	Regiões				
	Nordeste	Norte	Centro – Oeste	Sudeste	Sul
2016	33,00%	32,00%	36,00%	42,00%	38,00%
2017	34,00%	33,00%	36,00%	42,00%	38,00%
2018	35,00%	35,00%	37,00%	42,00%	39,00%
2019	36,00%	36,00%	38,00%	42,00%	40,00%

FONTE: MMA (2020)

O responsável pela coleta do óleo lubrificante deve ser uma pessoa jurídica licenciada pelo órgão ambiental estadual e autorizada pela ANP. O coletor deve operar caminhões adequados, com os equipamentos específicos, identificados (FIGURA 20) e com as devidas sinalizações para realizar a coleta nos diversos pontos de geração, como postos, oficinas, indústrias, portos, ferrovias, aeroportos, ente outros). Todos esses estabelecimentos devem ser devidamente preparados para efetuar uma troca de óleo segura no que se diz respeito principalmente a saúde e segurança do ambiente e dos envolvidos no processo.

FIGURA 20 – REGISTRO ANP PRESENTE NO TRANSPORTE DE COLETA DE OLUC



FONTE: SOHN (2007)

3.10 EMBALAGENS

De acordo com o SINDICOM et SINDIPLAST (2007), são produzidas anualmente cerca de 305 milhões de embalagens de óleo lubrificante no mundo, em embalagens de diversos volumes. Desse total, aproximadamente 60% são destinadas a óleos automotivos e 40% são industriais. Segundo o PROGRAMA JOGUE LIMPO (2012), as embalagens de lubrificante são fabricadas de polietileno de alta densidade, um plástico de alto custo que apresenta alta resistência, rigidez e resistência química. O descarte incorreto desse produto é extremamente nocivo devido ao alto nível de contaminação, por isso são classificados como resíduos perigosos. Dessa forma, o artigo nº33 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº12.305/2010, inclui óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens como produtos que devem integrar um sistema de logística reversa. A disposição correta de todo resíduo sólido contaminado com óleo lubrificante conforme a Lei Nacional de Resíduos Sólidos é aterro sanitário.

4 MÉTODO

4.1 LWART SOLUÇÕES AMBIENTAIS

A Lwart é a maior empresa da América Latina no setor de coleta e rerrefino de óleo lubrificante usado contaminado proveniente de óleos de base mineral, que através do processo de ponta e altamente tecnológico obtém o óleo básico Grupo II. Desde 2012, a empresa conta com a tecnologia de hidrotatamento no processo, onde é possível a obtenção de um produto de alto desempenho, classificado como óleo básico do grupo II, seguindo as especificações internacionais do American Petroleum Institute e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Além do foco da empresa em rerrefino e revenda de óleo básico Grupo II, a LWART também atua no tratamento de diversos resíduos ambientais com sistema de reciclagem, compostagem, estação de tratamento de água instalada na planta e disposição final de rejeitos de classe I e classe II.

A empresa possui capacidade instalada de rerrefino de 240 milhões de litros de OLUK anualmente. Em 2021, a Lwart registrou o tratamento de 193 milhões de litros de lubrificante contaminado. O rendimento total do processo é em torno de 70%, o que significa que em 2021, a empresa rerrefinou um volume equivalente a 30% de todo óleo básico produzido no mercado brasileiro no mesmo ano.

A logística de rerrefino realizada pela empresa é similar a um processo de revenda, onde o produto comprado é o resíduo coletado em diversos postos de serviço autorizados, submetido a tratamento e o subproduto obtido, o óleo básico, é revendido como matéria prima para um produtor de óleos lubrificantes.

O mercado de óleos lubrificantes é muito competitivo e é importante que a empresa mantenha altos padrões de qualidade para garantir a satisfação dos clientes e a fidelidade deles ao longo do tempo. Para isso, a empresa conta com um laboratório próprio instalado dentro da planta onde são realizadas as análises do óleo rerrefinado, e também conta com uma equipe dedicada à qualidade do produto final. É mantendo essas práticas que a empresa se consolidou como líder no segmento e continua contribuindo para um futuro mais sustentável.

4.2 LEGISLAÇÃO APLICADA À CADEIA DE ÓLEO LUBRIFICANTE

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis é responsável por regulamentar e fiscalizar as atividades relacionadas ao setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis no Brasil. Dentre as suas atribuições, está a regulamentação da produção e importação de óleos lubrificantes. A ANP estabelece leis, resoluções e portarias que visam proteger o meio ambiente, garantir a qualidade dos produtos e assegurar a segurança dos consumidores. Além disso, a agência é responsável por fiscalizar o cumprimento das normas e regulamentos estabelecidos para a cadeia de produção e importação de óleos lubrificantes, a fim de garantir a sua correta gestão e o descarte adequado de resíduos. As TABELAS 6 e 7 apresentam as leis, regulamentações e portarias que definem as atividades de óleo lubrificante no Brasil.

TABELA 8 – REGULAMENTAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO E IMPORTAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Legislação vigente a cadeia de produção e importação de óleos lubrificantes no Brasil	
Leis	<p>Lei nº9.478/97 – Dispõe sobre a política energética nacional, institui o CNPE e a ANP.</p> <p>Lei nº9.847/99 – Dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas à indústria do petróleo e ao abastecimento nacional de combustíveis.</p>
Resoluções e Portarias	<p>Portaria ANP nº129/99 – Especifica os óleos básicos de origem nacional ou importado para a comercialização no país.</p> <p>Resolução ANP nº130/99 - Especifica os óleos básicos rerrefinados para a comercialização no país.</p> <p>Resolução ANP nº10/07 – Estabelece a obrigatoriedade do registro prévio do produto na ANP.</p> <p>Resolução ANP nº16/09 – Estabelece as regras para comercialização de óleo lubrificante básico e os requisitos necessários ao cadastramento de produtor e importador desse produto.</p> <p>Resolução ANP nº17/09 – Estabelece os requisitos necessários a autorização para o exercício da atividade de importação de óleo lubrificante acabado e sua regulação.</p>

Resolução ANP n°18/09 – Estabelece os requisitos necessários a autorização para o exercício da atividade de produção de óleo lubrificante acabado e sua regulação.

Resolução ANP n°19/09 – Estabelece os requisitos necessários a autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado e sua regulação.

Resolução ANP n°20/09 – Estabelece os requisitos necessários a autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado e contaminado e sua regulação.

Resolução ANP n°51/10 – Estabelece critérios para importações de derivados do petróleo.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

Devido ao potencial poluidor, os óleos lubrificantes usados contaminados foram regulamentados também pelo CONAMA, pelo Ministério do Meio Ambiente e pelo Ministério de Minas e Energia.

TABELA 9 – PORTARIA INTERMINISTERIAL MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA E MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE PARA CADEIA DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Portarias vigentes a cadeia de óleos lubrificantes	
Portarias MMA e MME	Portaria MMA n°31/07 – Institui o Grupo de Monitoramento Permanente, constituído pelo MMA, MME, Ministério das Cidades, IBAMA, ANP, ABEMA, ANAMMA, SINDICOM, SINDIRREFINO, SIMEPETRO, ONGs.
	Portaria INTERMINISTERIAL MME/MMA n°464/07 – Estabelece diretrizes para o recolhimento, coleta e destinação dos óleos usados ou contaminados, determinando os percentuais mínimos de coleta a serem atendidos pelos produtores e importadores de lubrificantes acabados por região do Brasil.
	Portaria INTERMINISTERIAL MME/MMA n°59/12 – Estabelece diretrizes para o recolhimento, coleta e destinação dos óleos usados ou contaminados, determinando os percentuais mínimos de coleta a serem atendidos pelos produtores e importadores de lubrificantes acabados por região do Brasil.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

A ABNT n° 10004:2004 estabelece a classificação dos resíduos sólidos, incluindo o OLUC, com base em sua origem, constituintes e características, com o objetivo de identificar seus impactos na saúde e no meio ambiente. O processo

de classificação envolve a identificação da origem dos resíduos, a descrição das matérias-primas, dos insumos e do processo que gerou o resíduo, bem como a avaliação de seus constituintes. De acordo com a norma, o OLUC é classificado como um resíduo perigoso de fonte não específica. Esta classificação é importante para assegurar a correta gestão do resíduo e evitar danos ambientais e à saúde pública.

a Lei nº 12.305/2010 conhecida como a Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como objetivo promover a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, incluindo o óleo lubrificante usado, bem como suas embalagens. A lei estabelece a obrigatoriedade da implementação da logística reversa para os produtos e embalagens que sejam descartados, visando a redução de custos na fabricação de novos produtos e a diminuição da extração de matérias-primas virgens.

A logística reversa é um sistema que permite a coleta e o tratamento adequado dos resíduos sólidos, visando sua reinserção na cadeia de consumo. Além de proporcionar benefícios econômicos, a logística reversa também contribui para a preservação do meio ambiente e a promoção de uma sociedade mais sustentável.

Ao estabelecer a obrigatoriedade da logística reversa, a Lei nº 12.305/2010 fortalece o tripé da sustentabilidade, ou triple bottom line, que busca equilibrar as dimensões econômicas, sociais e ambientais na gestão dos resíduos sólidos, incluindo o OLUC. Com isso, a lei é uma ferramenta importante para a promoção de uma sociedade mais sustentável e consciente sobre a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. (Barbieri et al. 2010).

A Resolução nº 362/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente estabelece que o descarte incorreto de óleo lubrificante usado (OLUC) pode causar danos ambientais e, portanto, proíbe o uso de aterro sanitário para disposição final deste tipo de resíduo. Além disso, a resolução atribui a responsabilidade pela conexão entre geradores e coletores aos revendedores, que devem garantir que o OLUC seja coletado e destinado corretamente. O objetivo é assegurar que o resíduo seja tratado de forma adequada e que sejam maximizadas as oportunidades de recuperação dos constituintes presentes nele.

As responsabilidades dos participantes na atividade de refino são estabelecidas pela CONAMA nº 362/2005 e estão descritas na TABELA 10.

TABELA 10 – PARTICIPANTES NA ATIVIDADE DE RERREFINO

Atores	Responsabilidades
Produtores e Importadores	Pessoas jurídicas que inserem óleos lubrificantes no mercado. Têm a obrigação legal de coletar o resíduo produzido e informar aos consumidores sobre suas obrigações e riscos ambientais relacionados ao descarte inadequado. Elas devem garantir a coleta mensal deste resíduo, informar mensalmente o órgão ambiental sobre os volumes de óleos comercializados e receber o resíduo não reciclável produzido por pessoas físicas e destiná-lo a um processo de tratamento aprovado pelo órgão ambiental
Revendedores	Recebem do gerador o óleo lubrificante usado. Os revendedores devem ter instalações adequadas e licenciadas pelo órgão ambiental para substituição e coleta segura. Além disso, elas devem tomar medidas para evitar a mistura do óleo lubrificante usado com outras substâncias e garantir a viabilidade da reciclagem
Geradores	Pessoas físicas ou jurídicas que geram óleo lubrificante usado. São responsáveis por coletá-lo de forma segura, evitando misturá-lo com outras substâncias, fornecer informações sobre possíveis contaminantes e manter documentos comprobatórios por 5 anos
Coletores	Pessoas jurídicas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente e autorizadas pela ANP para realizar a atividade de coleta, devem disponibilizar contratos por 5 anos se solicitado, fornecer informações mensais sobre o volume de OLUC, emitir certificados de coleta, garantir segurança e treinamento adequado na realização de atividades relacionadas ao OLUC, evitar a mistura do OLUC com outras substâncias, destinar todo o OLUC a uma empresa de rerrefinador ou destinação adequada, manter registros atualizados por 5 anos, respeitar a legislação de transporte de produtos perigosos.
Rerrefinadores	Pessoas jurídicas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente e autorizadas pela ANP para atuar na atividade de rerrefino. Devem receber todo o OLUC exclusivamente do coletor e

emitir o Certificado de Recebimento, é manter registros atualizados e disponíveis para fins de fiscalização, por um período de cinco anos e prestar informações mensais ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e, quando solicitado, ao órgão estadual do meio ambiente, incluindo o volume de OLUC recebido, bem como o volume de óleo lubrificante básico produzido e comercializado.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

4.3 COLETA DE OLUC

A LWART soluções ambientais atua em todo território nacional, seus motoristas/coletores atendem a mais de 3400 municípios em todas as unidades da federação, transportando o lubrificante contaminado a um dos 18 pontos de coleta distribuídos por todo território brasileiro, e depois direcionado a fábrica em Lençóis Paulista para dar início ao processo de rerrefino. Toda coleta e transporte são comprovados pelo Certificado de Coleta de Óleo Usado Contaminado (CCO), entregue ao gerador no momento da coleta. A destinação é comprovada pelo Certificado de Destinação Final (CDF), que só pode ser emitido pelo rerrefinador.

FIGURA 20 - CERTIFICADO DE COLETA DE OLUC (CCO)

	Em atendimento à Resolução nº 20 de 18 de Junho de 2009 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, documento obrigatório para a coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado a partir de 01.10.1999. " Convênio ICMS nº 38/2000"		Certificamos que os produtos encontram-se devidamente acondicionados para suportar os riscos de transporte, carregamento, descarregamento e transbordo, conforme legislação em vigor, nº ONU 3082 nº risco 90, classe ou sub-classe risco 9.	LOGOMARCA COLETOR
	1ª Via Gerador			
Dados da Coletora:		Certificado de Coleta de Óleo Usado ou Contaminado		
Nome:		Nº _____		
Endereço:		Local:	UF:	
Autorização na ANP nº:		Data: ___/___/_____		
Substância que apresenta risco para o meio ambiente, líquida, NE. Óleo lubrificante usado e ou contaminado grupo embalagem: III		Óleo automotivo	Litros	
		Óleo Industrial	Litros	
		Outros	Litros	
Declaramos haver coletado o volume de óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme discriminado ao lado, do gerador abaixo identificado		Soma	Litros	
Razão Social:				
Rua (nome nº etc):				
Bairro:		Cidade:	UF:	
CEP:		CNPJ:		
Telefone:		FAX:		
Veículo Placa:				
_____		_____		
Nome, Assinatura do Gerador (Detentor)		Nome, Assinatura do Coletor		

AIDF (Aut. Impressão Documento Fiscal) nº

FONTE: SOHN, H. (2007)

A coleta é realizada por profissionais qualificados e com veículos próprios e rastreados. A troca de óleo e a inspeção do caminhão de coleta são realizadas a cada 30000 km e a manutenção preventiva dos veículos é realizada a cada 150000 km. Os veículos que atuam em regiões próximas aos centros de coleta, realizam mais de um transporte por dia, enquanto os veículos que atuam em municípios mais distantes chegam a ficar até três dias para abastecer todo o tanque do caminhão e retornar ao centro de coleta mais próximo. A quantidade de coleta em algumas regiões varia conforme a sazonalidade. Observa-se maior volume de troca de óleo automotivo nos três últimos meses do ano, e uma redução no volume nos três primeiros meses do ano. Durante os outros seis meses, o volume de coleta de óleo automotivo apresenta constância, sem variações significativas.

FIGURA 22 – TRANSPORTE DE COLETA DE OLUC



FONTE: GUIA PRÁTICO DE FISCALIZAÇÃO (2015)

A identificação do veículo coletor de OLUC é caracterizada conforme a FIGURA 21, pelas caixas de medição e respectiva calha (1), as inscrições de óleo lubrificante usado nas laterais e parte traseira (2), o número de registro ANP (3), os rótulos de risco e painéis de segurança (4), as faixas refletivas atendendo as leis de trânsito (5), a logomarca da empresa coletora é opcional (6), equipamentos de segurança (7), mangueiras de sucção (8), motorista autorizado e devidamente uniformizado (9). Também deve constar com o motorista o Certificado de Inspeção para o Transporte de Produtos Perigosos a Granel (CIPP), documento do registro de veículo e do coletor proprietário junto a ANP, a ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos, a cópia da licença ambiental para movimentação de resíduos perigosos e o bloco de Certificados de Coleta de Óleos (CCO's).

4.4 MANUSEIO DE OLUC – LWART LUBRIFICANTES

Visando a segurança dos colaboradores, a utilização de EPI's é indispensável durante a execução das atividades. Para amenizar os riscos aos trabalhadores envolvidos no processo, a empresa fornece camisa manga longa, óculos de segurança, protetor auricular, capacete com jugular e bota de segurança com biqueira. Já para o laboratório são os mesmos com exceção do capacete, e incluindo a luva nitrílica.

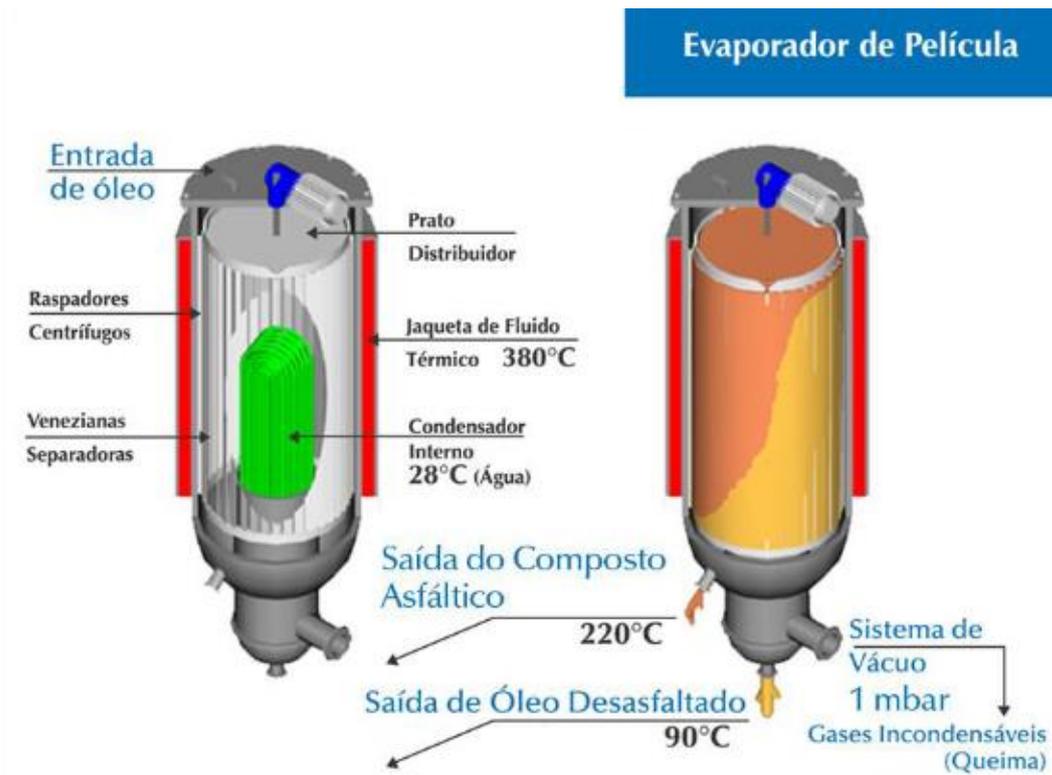
4.5 ARMAZENAGEM DE OLUC

Visando a redução do risco de contaminação ao meio ambiente, é realizada a inspeção contínua do exterior dos tanques de armazenagem e das mangueiras de sucção, além da inspeção periódica do interior dos tanques. A limpeza dos tanques de armazenagem não é feita com periodicidade regular, é realizada de acordo com a necessidade, enquanto a manutenção das tancagens mais críticas são realizadas durante o período de parada geral do processo. O óleo básico resultante do processo é comercializado a granel, que passam por limpeza quando retornam dos clientes. A água utilizada nessa limpeza é direcionada a estação de tratamento de efluentes instalada na planta.

4.6 RERREFINO

O processo da Lwart é dividido em 2 grandes etapas, a primeira é responsável pelo processo físico-químico de extração de contaminantes presentes no OLUC, como a remoção da água através da destilação atmosférica. A água é direcionada para a Estação de Tratamento Efluente (ETE), onde é devidamente tratada seguindo rigorosos controles e direcionada ao emissário dentro dos parâmetros exigidos pelos órgãos fiscalizadores. Na sequência do processo ocorre a destilação a vácuo, onde são removidos os hidrocarbonetos leves e posteriormente o óleo passa pelo equipamento Evaporador de Película Fina, onde o aditivo é separado do óleo básico, onde esse primeiro se torna um co-produto, utilizado como matéria prima de uma nova cadeia produtiva na indústria de impermeabilizantes e o óleo básico segue para a segunda etapa do processo, o hidrotreamento.

FIGURA 21 - EVAPORADOR DE PELÍCULA



FONTE: LWART SOLUÇÕES AMBIENTAIS

A segunda etapa do processo é responsável pelo processo de acabamento do óleo mineral básico, é nessa etapa que ocorre as alterações à nível molecular no produto, removendo o restante dos metais que ainda se ligam as moléculas de hidrocarboneto, bem como a saturação e remoção do enxofre. É nessa etapa que ocorre o hidrotreatamento, nele quatro reatores com catalisadores altamente ativos, juntamente com alta temperatura, pressão e hidrogênio promovem toda a remoção de impurezas, estabilidade e reestruturação a nível molecular que eleva a qualidade do óleo básico. Após essa etapa do processo de Hidrotreatamento o óleo já está devidamente rerrefinado e com as características necessárias para a classificação como Grupo II pelo API.

4.7 ANÁLISE LABORATORIAL DOS PARÂMETROS DO OILUC RERREFINADO

A inspeção no laboratório é uma parte importante do processo de refino de óleo lubrificante. É aqui onde a qualidade do óleo é verificada para garantir

que atenda aos padrões estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e pela American Petroleum Institute (API). A TABELA 10 descreve os parâmetros que devem ser verificados, como a pureza, a viscosidade, a resistência à oxidação, entre outros aspectos importantes.

Se o óleo básico atender aos padrões definidos na TABELA 10, ele estará apto para ser vendido e utilizado no mercado. Caso contrário, pode ser necessário realizar mais processos de refino ou descarte do produto, dependendo da situação.

É importante destacar que a inspeção rigorosa no laboratório ajuda a garantir a qualidade do óleo lubrificante e a segurança dos equipamentos que serão lubrificados com ele. Além disso, a conformidade com os padrões estabelecidos pela ANP e pela API também ajuda a proteger o meio ambiente e a saúde das pessoas.

TABELA 11 – RESULTADOS DA ANÁLISE LABORATORIAL DO ÓLEO BÁSICO RERREFINADO

Análises	Unidades	Método	Mín.	Máx.	Resultado verificado
Aparência	-	Visual	-	-	-
Cor	ASTM	ASTM 1500/NBR 10483	-	4,0	-
Densidade	<i>g/cm³</i>	ASTM D1298	-	-	-
Viscosidade cinemática 40 C	cSt	ASTM D445/NBR10441	50,0	70,0	-
Viscosidade cinemática 100 C	cSt	ASTM D445/NBR10441	-	-	-
Índice de viscosidade	IV	ASTM D2270/NBR 14358	95	-	-
Espuma	mL	ASTM D892	-	40/10	-
Índice de acidez total	mg KOH/g	ASTM D974	-	0,05	-

Análises	Unidades	Método	Mín.	Máx.	Resultado verificado
Ponto de fulgor	C	ASTM D92/NBR 11341	215	-	-
Ponto de fluidez	C	ASTM D97/NBR 11349	-	-3	-
Cinzas	% peso	ASTM D482/NBR 9842	-	0,02	-
Resíduo de carbono Ramsbottom	% peso	ASTM D189	-	0,03	-

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

Os métodos realizados no laboratório para a análise de óleo lubrificante seguem as normas ASTM e NBR e estão descritos na TABELA 12.

TABELA 12 – MÉTODOS DE ANÁLISE LABORATORIAL

Propriedade	Método	Descrição
Cor	ASTM D 1500	Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM C)
VISCOSIDADE CINEMÁTICA.	NBR 10441	Produtos de Petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica.
	ASTM D 445	Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity).
INDICE DE VISCOSIDADE.	NBR 14358	

	ASTM D 2270	Practice for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 and 100 oC.
PONTO DE FULGOR.	NBR 11341	
	ASTM D 92	Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup.
PONTO DE FLUIDEZ.	NBR 11349	Produtos de Petróleo - Determinação do ponto de fluidez.
	ASTM D 97	Test Method for Pour Point of Petroleum Products.
ÍNDICE DE ACIDEZ TOTAL.	NBR 14248	
	ASTM D 974	Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration.
CINZAS.	NBR 9842	Produtos de Petróleo - Determinação do teor de cinzas.
	ASTM D 482	Test Method for Ash from Petroleum Products.
RESÍDUO DE CARBONO RAMSBOTTOM.	NBR 14318	Produtos de Petróleo - Determinação do resíduo de carbono Ramsbottom.
	ASTM D 524	Test Method for Ramsbottom Carbon Residue of Petroleum Products

5. RESULTADOS

5.1 MINIMIZAÇÃO DE RISCOS

É importante destacar que o óleo contaminado pode ser tóxico tanto para seres humano quanto para animais e plantas. A seguir serão descritas algumas medidas preventivas que podem ser tomadas para evitar danos a saúde pública e ao meio ambiente.

Todos os funcionários envolvidos no manuseio de resíduos perigosos devem ser treinados sobre as práticas corretas de manuseio de segurança. A recomendação de equipamentos de proteção individual para os trabalhadores envolvidos no processo listados na TABELA 13

TABELA 13 – FUNÇÕES DO EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Equipamento de Proteção Individual	Função
Luvas de proteção	Materiais impermeáveis e resistentes a produtos químicos, para evitar contaminação da pele
Botas de borracha	Altas e impermeáveis, para proteger os pés contra vazamentos
Capacetes de segurança	Proteger a cabeça contra quedas e impactos
Óculos de proteção	Proteger os olhos contra respingos e outros riscos
Roupa de proteção	Materiais impermeáveis e resistentes a produtos químicos, para evitar contaminação da pele
Máscaras respiratórias	Devem ser utilizadas no laboratório ou em casos de liberação de gases tóxicos ou poeira
Aventais de proteção	Proteger a roupa contra respingos e contaminação por óleo
Luvas de Neoprene	Recomendadas para o manuseio de líquidos quentes ou corrosivos
Protetores auriculares	Proteger os ouvidos contra ruído excessivo e impacto sonoro

Cintos de segurança	Recomendados para trabalhos em altura, como limpeza dos tanques de armazenagem
Crems protetivos	Formam uma película protetora sobre a pele

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

A manutenção de um caminhão de coleta de óleo lubrificante é crucial para garantir a segurança e eficiência do veículo, bem como para proteger o meio ambiente. A limpeza do tanque de óleo deve ser realizada constantemente, assim como a limpeza dos equipamentos de sucção. Também é necessária atenção a toda parte mecânica e elétrica do veículo para prevenir acidentes.

Para o armazenamento do óleo nos tanques de armazenagem algumas medidas preventivas são a inspeção periódica no tanque para identificar e corrigir problemas antes que se tornem graves, o monitoramento dos níveis para detectar vazamentos de forma oportuna, a instalação de diques de contenção para proteger o solo e a água subterrânea, o treinamento para funcionários para identificar e lidar com possíveis vazamentos e um plano de respostas a emergência estabelecido para lidar com possíveis vazamentos. O revestimento reforçado dos tanques garante maior segurança nas tancagens. A utilização de equipamentos de sucção de alta tecnologia garante menos intervenção humana no contato direto com o contaminante e por consequência reduz os riscos de contaminação, além de reduzir os riscos de vazamento. Por fim, é recomendado a fiscalização interna dos tanques de armazenagem, esvaziando os tanques com frequência, criando um sistema de identificação de possíveis ranhuras na estrutura.

O monitoramento da qualidade do ar é crucial em refinarias de óleo lubrificante, pois pode haver liberação de gases tóxicos e materiais particulados perigosos durante o processo de rerrefinamento. Em Lençóis Paulista, São Paulo, a legislação para qualidade do ar é regulamentada pela Resolução n 0.605/1998 do CONAMA e pelo Decreto n 43.810/2022 do Governo de São Paulo. Além disso, a legislação brasileira a nível federal também prevê medidas para garantia da qualidade do ar. Algumas medidas para monitorar o ar à serem instaladas nas plantas de rerrefino estão listadas na TABELA 14

TABELA 14 – MEDIDAS DE MONITORAMENTO DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Medidas	Descrição
Monitoramento da emissão	Monitoramento contínuo em dos gases e partículas nos focos de emissão contínua de poluentes, como nas torres de destilação, caldeiras e afins
Análise de amostras do ar	Verificação das concentrações de gases tóxicos ou partículas perigosas
Alertas de segurança	Sinalização imediata caso detecte altas concentrações de gases perigosos como dioxinas ou furano
Relatório de monitoramento	Avaliação dos relatórios para acompanhar o desempenho do processo de rerrefino

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

A fiscalização por parte da equipe de segurança do trabalho é importante para garantir que as normas e regulamentos de segurança estejam sendo seguidos na fábrica de refino de óleo lubrificante. A equipe de segurança do trabalho pode realizar inspeções regulares e verificar se os equipamentos de proteção individual estão sendo utilizados adequadamente, se as rotinas de trabalho estão sendo seguidas e se as condições gerais do ambiente de trabalho são seguras.

Os projetos e campanhas de prevenção são importantes para promover a conscientização dos funcionários sobre a importância da segurança no trabalho e para ensiná-los sobre as melhores práticas de segurança. Esses projetos e campanhas podem incluir treinamentos, palestras e sessões de discussão para ajudar os funcionários a compreender os riscos potenciais e como evitá-los.

A avaliação de saúde periódica é importante para garantir que os funcionários estejam saudáveis e aptos a realizar suas tarefas de forma segura. Isso pode incluir exames médicos regulares, testes de saúde e verificações de condições médicas específicas. Essas avaliações ajudam a identificar problemas de saúde precocemente e garantir que os funcionários possam receber o tratamento adequado antes que esses problemas se agravem.

5.2 EFICIÊNCIA

As perdas de eficiência em um processo de rerrefino por evaporador de película podem ocorrer em vários pontos do processo. Alguns dos fatores que podem afetar a eficiência estão listados na TABELA 15

TABELA 15 – FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA

Fatores	Impacto na Eficiência
Projeto do evaporador	O projeto do evaporador, incluindo a seleção dos equipamentos, a configuração e o tamanho, pode afetar a eficiência do processo.
Vazamento de vapor	Vazamentos de vapor podem ocorrer em conexões, junções ou outros pontos do evaporador, resultando em perdas de energia e eficiência.
Má distribuição de vapor	Uma má distribuição de vapor pode resultar em áreas frias no evaporador, prejudicando a eficiência do processo.
Má operação	Um funcionamento inadequado, como uma operação inconsistente ou inadequada do sistema de controle, pode afetar negativamente a eficiência.

FONTE: ELABORA PELO AUTOR

Para aumentar a eficiência em um processo de refino por evaporador de película, algumas recomendações estão listadas na TABELA 16

TABELA 16 – RECOMENDAÇÕES PARA ELEVAR A EFICIÊNCIA

Fatores	Impacto na eficiência
Otimização do projeto	Escolha dos equipamentos certos, a configuração adequada e o tamanho correto para o volume tratado
Manutenção preventiva	Realizar manutenções regulares, verificar e reparar vazamentos de vapor e outros problemas
Controle e monitoramento	Identificar, antecipar e corrigir problemas rapidamente
Treinamento do pessoal	Treinar o pessoal envolvido na operação do evaporador sobre boas práticas e técnicas de operação

FONTE: ELABORA PELO AUTOR

A inserção do processo de hidrotreatamento à planta de rerrefino em 2012 apresentou bons resultados em relação a eficiência do processo. A instalação de outros processos citados anteriormente neste trabalho, em caráter de pré tratamento, também poderia demonstrar bons resultados caso fossem adicionados a planta.

A utilização de solventes, como por exemplo o tolueno ou cloreto de benzil, com o objetivo de dissolver as impurezas presentes no óleo e depois remove-las através de evaporação ou destilação. Deve ser avaliado a adição dessa etapa pois a utilização de solventes na indústria de refino requer precauções para garantir a segurança ambiental e a saúde das pessoas envolvidas no processo.

A adição do processo de destilação fracionada e do tanque flash também poderia trazer melhoria nos resultados, separando as frações presentes no óleo baseado em seus diferentes pontos de ebulição e removendo as frações leves a partir da redução de pressão no flasheamento.

A adição de um agente ácido, normalmente ácido sulfúrico, em um pré tratamento pode apresentar bons resultados na eficiência do processo. O ácido reage com as impurezas presentes no óleo formando sais solúveis que podem ser facilmente separados do óleo. Processo ultrapassado, porém, eficiente para

obtenção do básico Grupo I e uma boa alternativa financeira para o pré tratamento.

6 CONCLUSÃO

A regeneração do óleo lubrificante usado a partir de tecnologias avançadas presentes no mercado proporcionam proteção ao meio ambiente, redução do desperdício de matéria prima e um uso mais inteligente dos recursos naturais. O custo da coleta em um país de ampla extensão territorial, principalmente em cidades afastadas de polos urbanos, o baixo rendimento das rerrefinadoras instaladas em território nacional e a qualidade inferior em comparação ao mercado internacional ainda são barreiras para ultrapassar os 20% do consumo de lubrificantes automotivos provenientes de rerrefino no Brasil.

A empresa mencionada está desempenhando um papel importante no cenário de OLUC, reduzindo o descarte irresponsável e destinando esse contaminante da única forma legal e moral possível: o rerrefino. Apesar de existirem outras alternativas de processos para serem instalados na planta, elas se mostram inviáveis financeiramente ou pouco eficazes. Além disso, a legislação define que o único destino adequado para o óleo é o rerrefino, enquanto as outras alternativas podem ser altamente nocivas à saúde humana e ao meio ambiente.

A instalação de uma segunda planta de rerrefino estrategicamente localizada reduziria as distâncias percorridas pelos caminhões de coleta e evitaria riscos aos funcionários e ao meio ambiente, porém é necessário um grande volume de lubrificante para operar uma planta de rerrefino com alto rendimento, o que ainda é uma barreira para a instalação de uma nova fábrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDIBERT, F. et al; Reclaiming of spent lubricant oils by ultrafiltration; 1978.p.109-120
- ANP, Relatório Técnico No 2/2016/SBQ/CPT—DF: Panorama Dos Óleos Básicos No Brasil—Projeto: Revisão Das Portarias ANP N° 129/99 e N° 130/99 Brasília—DF, 2016.
- BELMIRO. N.P.. Lubes em Foco, Rio de Janeiro, ano 14, n 80, fev./mar.,2021. Disponível em: <<http://www.lubes.com.br/>>. Acesso em 24 out.. 2021.
- BRESSANI, F. A.; et al. Digestão do óleo lubrificante encapsulado em forno de microondas com radiação focalizada por adição de amostra ao reagente pré-aquecido, Quím. Nova 29 (2006) 1210-1214.
- CANCHUMANI, G.A.L. (2013), Óleos Lubrificantes Usados: um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no Brasil, Tese de Doutorado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- CARVALHO, M. 2010. Efeitos do Lubrificante e Aditivo na Economia de Combustível Diesel. Dissertação, EQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CORDEIRO, Y. M., FRANCO, C. D. S. S., et al..(2020). Aspectos Técnicos e Ambientais dos Óleos Lubrificantes Minerais versus Vegetais em Aplicações de Metal Working com Ênfase em Usinagem. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana, (11), 20-39.
- DESIDERATO, P. R. M. Rerrefino de óleo lubrificante usado. Monografia de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química, UNESP: Unesp. 33p. 2009.
- FILHO, P. R. C. Propriedades físicas de óleos minerais e vegetais e avaliação por desgaste por four ball. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Curitiba, v.5, p. 154 – 163, ago. 2016.
- GUIMARÃES, J. (2006) Rerrefino de óleos lubrificantes de motores de combustão interna pelo processo de ultrafiltração e adsorção Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- GUSMÃO, J. G. S.; et al. A logística reversa aplicada aos óleos lubrificantes usados ou contaminados produzidos nos postos de combustíveis da cidade de Boa Vista-RR. Faculdade Cathedral, Boa Vista, Roraima, 2013.
- Hernández, C. T., Marins, F. A. S., & Castro, R. C. (2012). Modelo de gerenciamento da logística reversa. Gestão & Produção, 19, 445-456.

Mercado Brasileiro de Lubrificantes, O. Portal Lubes,2021. Disponível em:<<https://portallubes.com.br/2022/07/mercado-brasileiro-de-lubrificantes-em-2021/>>

LASTRES, L.F.M. Lubrificantes e Lubrificação Interna. Petróleo Brasileiro SA. 2004.

LIMA, A. E. A.; et al..Otimização do processo de recuperação de lubrificante usado por extração com solventes polares. Revista de Química Industrial, 57-66p. 2016.

LWART LUBRIFICANTES. Centro de Informação; São Paulo. Disponível em <<http://www.lwart.com.br>. >Acesso em 07 nov. 2021.

MARÇAL , L.D.. Estudo da copolimerização de aditivos melhoradores do índice de viscosidade de óleos lubrificantes automotivos. 2018. Dissertação (Pós Graduação) - ., [S. I.], 2018.

MELO, M L S. Valiação da Qualidade dos Óleos Básicos Rerrefinados Brasileiros e a Determinação de Metais por Espectrometria de Fluorescência de Raios X. Orientador: Jurandir Rodrigues de Souza. 2015. Tese (Pós Graduação) - ., [S. I.], 2015.

MOHAMMED, R. R.et al. (2013). Waste lubricating oil treatment by extraction and adsorption. Chemical Engineering Journal, 220, 343–351.

MOURA, C.R.S.&CARRETEIRO,R.P.; Regeneração de óleo usado; Lubrificantes e lubrificação; Rio de Janeiro; Editora Técnica Ltda; 1987. p.421-24

MUNIZ, I.; BRAGA, R. (2015). O Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados e suas Embalagens: Estudo de Caso de uma Empresa de Logística na Região Norte do Brasil. Revista Sistemas & Gestão, v. 10, n. 3, p. 442–457.

NASSAR, A. M.; AHMED, N. S.; The Behavior of α -Olefins Butyl Acrylate Copolymers as Viscosity Index Improvers and Pour Point Depressants for Lube Oil; International Journal of Polymeric Materials, Vol. 55, pp 947-955, 2006.

NETO, N.S. et al. Reciclagem de óleo lubrificante usados em motores diesel utilizando butan-1-OL. 2015.

Oliveira, J. C. P., & de Souza, R. B. (2015). Análise da gestão dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante automotivo:: um estudo de caso na cidade de Cabo Frio-RJ. Revista Gestão & Saúde, 971-985.

RALDENS, E.; ASSIS, V. P.; ORNELAS, R.B.. Motivo para reflexão;Atualidades. Conselho Nacional de Petróleo; Ano XIII, Número 78, p. 16-27, 1981.

SCHILLING, A; Reclamation of used Motor Oil; Motor Oil and Engine Lubrication, Shropshire, England,Scientific Publications, 1968. p 2.14- 2.18

SOHN, H. Guia básico: gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados. Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte - APROMAC, Cianorte, SP, 2007. Disponível em: <RELISE105Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 7, n.6, p.67-105,nov-dez, 2022ISSN: 2448889

https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/oleos_lubrificantes/manuais/gestao_oleos_lubrificantes.pdf>

SOHN, H. Guia de Fiscalização. Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte -APROMAC, Cianorte, SP, 2015. Disponível em: https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/oleos_lubrificantes/guia_de_fiscalizacao.pdf

SOUZA, F.O.. Desenvolvimento de método de extração-floculação por aplicação de ondas ultrassônicas em óleo lubrificante usado.2015. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação)

SILVA, M.A., et al. (2014),“Avaliação do gerenciamento de resíduos de óleos lubrificantes e suas embalagens em oficinas mecânicas da cidade de Pombal – PB, Brasil”, Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, vol.9, No.4, disponível em: http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/3004/pdf_1073 (Acesso em 07 nov. 2021.

TRISTÃO, J. A. M.; FREDERICO, E; VIÉGAS, R. F. O processo de reciclagem do óleo lubrificante. In: Simpósio de Administração e Operações Internacionais, XI, 2008, São Paulo. : FGU-EAESP, 2008. P.186.

WILLING, A. (2001) Lubricants Based on Renewable Resources—An Environmentally Compatible Alternative to Mineral Oil Products. Chemosphere, 43, 89-98. Vol.7 No.2, February 29, 2016.

XAVIER, L. P. ; BRONZI, M. O. ; Estudo da acidez em óleo lubrificantes hidráulicos usados; Uni-Anhanguera; Goiás, 2011.

ZAMBONI, G.E.. Lubes em Foco, Rio de Janeiro, ano 2, n 5, fev./mar.,2008. Disponível em: <<http://www.lubes.com.br/>>. Acesso em 15 nov. 2021.