

Universidade Federal de Juiz de Fora
Faculdade de Engenharia
Graduação em Engenharia Mecânica

Bernardo Soares Pereira Ferreira

**Revisão Bibliográfica sobre a Gestão e Reutilização do Óleo Lubrificante
Industrial Visando sua Posterior Aplicação em Elementos Externos das
Máquinas-Ferramentas**

JUIZ DE FORA
2021

Bernardo Soares Pereira Ferreira

Revisão Bibliográfica sobre a Gestão e Reutilização do Óleo Lubrificante Industrial Visando sua Posterior Aplicação em Elementos Externos das Máquinas-Ferramentas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Dr. Carlos Renato Pagotto

JUIZ DE FORA

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ferreira, Bernardo Soares Pereira.

Revisão Bibliográfica sobre a Gestão e Reutilização do Óleo Lubrificante Industrial Visando sua Posterior Aplicação em Elementos Externos das Máquinas-Ferramentas / Bernardo Soares Pereira Ferreira. -- 2021.

56 p.

Orientador: Carlos Renato Pagotto

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2021.

1. Óleo Lubrificante Industrial. 2. Reutilização. 3. Máquinas-Ferramentas. 4. Elementos Externos. I. Pagotto, Carlos Renato, orient. II. Título.

Bernardo Soares Pereira Ferreira

Revisão Bibliográfica sobre a Gestão e Reutilização do Óleo Lubrificante Industrial Visando sua Posterior Aplicação em Elementos Externos das Máquinas-Ferramentas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em: 18 de março de 2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Renato Pagotto - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. Raphael Fortes Marcomini
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Maria Helena Rodrigues Gomes
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A graduação na área da exatas nunca é um processo fácil para os mais talentosos estudantes, no entanto, o percurso deste objetivo não pode ser medido pela aptidão do discente e sim pelo seu coração em cumprir o propósito. Partimos de pontos, perspectivas e condições diferentes até a conclusão do curso, mas o nosso empenho na trajetória é o que faz a nossa evolução.

Durante a graduação passamos por desafios dos quais seria injusto não pensar nos elementos que contribuíram para a conclusão. Elementos estes que tiveram suas presenças cruciais em cada etapa.

Deixo neste registro a gratidão a Deus por ter me abençoado e me dado forças sempre, a inspiração do meu pai e colega de profissão, a importância da troca de conhecimentos com os amigos que fazemos no decorrer do curso, a contribuição do meu instrutor do SENAI que me apoiou com o trabalho, e o incentivo do meu orientador nos momentos acadêmicos difíceis aos quais passamos e precisamos contar com outras percepções para continuar.

Dedico este trabalho a todo jovem brasileiro que busca ser uma pessoa melhor para ele, sua família e para o mundo em que vivemos.

RESUMO

Os óleos lubrificantes são de essencial importância para as operações industriais nos mais variados equipamentos, no entanto, o fato de não ser um recurso totalmente consumido durante sua vida útil gera responsabilidades para as organizações com a destinação após o uso, se tratando de um produto prejudicial ao meio-ambiente e a saúde, além de ser um composto nobre, sendo relevante sua recuperação. Partindo deste cenário, o presente trabalho procura analisar processos físicos de reciclagem que podem ser aplicados em um modelo de óleo lubrificante industrial usado pretendendo reutilizar o produto na lubrificação e proteção dos elementos externos das máquinas-ferramentas. Por se tratar de um lubrificante que não é exposto a condições críticas de trabalho e um reuso frequente, através do estudo é proposto uma gestão adequada que visa recuperar o composto para a devida utilização, procurando reduzir os custos das empresas com demandas de lubrificantes, otimizar a logística, evitar impactos ambientais com a destinação indevida e diminuir os espaços ocupados com recipientes de óleos usados pelo laboratório até o período de coleta, que não é recorrente na região. Foram apresentados dois processos físicos de reciclagem, o de sedimentação e filtração, aos quais não alteram as propriedades do produto e qualquer empresa pode praticar por não serem métodos complexos. O estudo mostrou uma disposição pertinente destas técnicas para a devida atribuição e futura aplicação do composto recuperado como proteção aos elementos externos dos equipamentos, trazendo benefícios econômicos e logísticos. Apesar do Brasil ter o processo de rerrefino como base para a destinação final do óleo lubrificante usado, a localização regional das empresas com os agentes responsáveis pela coleta acaba impactando a gestão do produto e demonstra que processos acessíveis de reciclagem podem ser pertinentes em alguma aplicação.

Palavras-chaves: Óleo Lubrificante Industrial; Reutilização; Máquinas-Ferramentas; Elementos Externos.

ABSTRACT

Lubricating oils are of essential importance for industrial operations in the most varied equipment, however, the fact that it is not a fully consumed resource during its useful life creates responsibilities for organizations with their destination after the use, as it is a harmful product to the environment. In addition, it is a noble compound, making its recovery relevant. Starting from this scenario, the present work seeks to analyze physical recycling processes that can be applied in an used industrial lubricating oil model aiming to reuse the product in the lubrication and protection of the external elements of the machine tools. Because it is a lubricant that is not exposed to critical working conditions and frequent reuse, the study proposes an appropriate management that aims to recover the compound for proper use, seeking to reduce the costs of companies with demands for lubricants, optimize logistics, avoid environmental impacts with improper disposal and reduce the spaces occupied with containers of oils used by the laboratory until the collection period, which is not recurrent depending on the region. Two physical recycling processes were introduced, that of sedimentation and filtration, which do not alter the properties of the product and any company can practice it because they are not complex methods. The study showed a relevant disposition of these techniques for the due attribution and future application of the recovered compound as a protection to the external elements of the equipment, bringing economic and logistical benefits. Although Brazil has the re-refining process as the basis for the final destination of the used lubricating oil, the regional location of the companies with the agents responsible for the collection ends up being impacted by the product management and demonstrates that accessible recycling processes may be relevant in any application.

Keywords: Industrial Lubricating Oil; Reuse; Machine-tools; External elements.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração encontrada na tumba em Saqqar no ano 1880 a.C.....	19
Figura 2 - Fluxo genérico de uma refinaria para a obtenção das frações de petróleo	22
Figura 3 - Processo de destilação em dois estágios para a obtenção dos cortes de óleos lubrificantes.....	23
Figura 4 - Desenhos feitos por Leonardo da Vinci representando sua análise sistêmica da força de atrito	27
Figura 5 - Detalhe dos pontos mais elevados das superfícies em contato.....	28
Figura 6 - Torno Mecânico do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora	36
Figura 7 - Bases de coleta de óleo lubrificante usado no Brasil de acordo com o Boletim de Lubrificantes da SDL	43
Figura 8 - Modelo de tanque de decantação com tubulação interna: (A) Tubulação de interna, (B) Saída do óleo limpo, (C) Saída de prova e (D) Saída de impurezas	45
Figura 9 - Elementos externos do torno mecânico do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora	49
Figura 10 - Fresadora Universal do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de contaminação do óleo lubrificante em determinadas aplicações	33
Tabela 2 - Parte da tabela com os devidos códigos e letras designando os óleos lubrificantes da norma DIN 51502	38
Tabela 3 - Quadro com as letras que identificam o aditivo contido nos lubrificantes da norma DIN 51502	39
Tabela 4 - Tabela com o número do grau de viscosidade dos óleos lubrificantes da norma DIN 51502	40
Tabela 5 - Número de agentes autorizados para cada qualificação de acordo com o Boletim de Lubrificantes da SDL	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Técnica Brasileira
SDL	Superintendência de Distribuição e Logística
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
c (10^{-2})	Centi
mm	Milímetro
s	Segundos
St	Stokes

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
1.1 - JUSTIFICATIVA	16
1.2 - OBJETIVO	17
1.2.1 - Objetivo Geral	17
1.2.2 - Objetivos Específicos	17
1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 - REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 - HISTÓRICO	19
2.2. - COMPOSIÇÃO	21
2.2.1 - Óleos Minerais	21
2.2.2 - Óleos Graxos	23
2.2.3 - Óleos Compostos	24
2.2.4 - Óleos Sintéticos	25
2.2.5 - Aditivos	25
2.3 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO	26
2.3.1 - Lubrificação Industrial	29
2.4 - QUESTÕES AMBIENTAIS.....	30
2.5 - PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO	32
3 - METODOLOGIA, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	35
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	36
3.2 - GESTÃO DO PRODUTO	40
3.3 - TÉCNICAS DE RECICLAGEM	43
3.3.1 - Sedimentação	44
3.3.2 - Filtração	45
3.4 - MÉTODOS DE ANÁLISES.....	46
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5 - CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52

REFERÊNCIAS.....	54
-------------------------	-----------

1 - INTRODUÇÃO

Desde o Antigo Egito o homem utiliza de compostos pastosos para auxiliar na redução à resistência ao movimento entre as superfícies dos elementos. Devido as técnicas egípcias terem perdurado, historiadores confirmam terem encontrado vestígios de sebo de boi e de carneiro em mecanismos desenvolvidos por estas populações. Através de seus registros artísticos também foi possível descobrir que esta civilização utilizava de troncos de árvores como entremeio para transportar rochas de grande porte, tecnologia rudimentar, mas que segue os mesmos princípios da lubrificação: redução do atrito entre dois elementos em movimento relativo [22].

Depois de muito utilizar a gordura animal como meio de lubrificação, por exemplo o óleo de baleia responsável pela lubrificação das grandes navegações, o petróleo, que já era conhecido, começou timidamente a ser aplicado como lubrificante por volta do século XVI, no entanto sua disponibilidade ainda era pequena [2]. Com o desenvolvimento de mecanismos com partes móveis e a necessidade de engraxantes mais eficazes, foram aumentadas também as explorações e descobertas de mais poços de petróleo. Em poucos anos iniciou-se a análise comercial deste óleo mineral, sendo sua utilização dada em múltiplas aplicações.

Hoje os lubrificantes são produtos derivados de origem mineral, vegetal, animal e sintética, produzidos através de substâncias orgânicas e inorgânicas. Cada engraxante possui sua devida atribuição e aplicabilidade de acordo com a sua função. Tais itens fazem parte do dia a dia das indústrias e são de fundamental importância para se conseguir a realização de um trabalho com menor gasto energético.

Através dos sistemas de lubrificação é possível permitir a realização de movimentos e processos recorrentes que gerem trabalho e dissipação de energia, sem desgaste excessivo dos componentes e baixa geração de calor. Com estas características, o composto evita que as máquinas trabalhem em temperaturas elevadas, causando a redução da sensação térmica nos arredores das mesmas e custos com materiais de maior resistência.

Indispensáveis para o bom funcionamento de qualquer equipamento, os óleos lubrificantes são produtos industriais que tem por finalidade proteger e auxiliar na transmissão de força aos elementos mecânicos. Através da cobertura de suas superfícies, o óleo lubrificante cria uma camada que vela estes componentes do desgaste excessivo devido ao atrito e a oxidação pelo contato com o meio ambiente.

Estes produtos são submetidos à análises e monitoramentos durante sua utilização a fim de mantê-los em ideais condições de uso, garantindo assim que suas atribuições continuem sendo cumpridas e mantendo completamente estável o desempenho da máquina. Estas análises acompanham os compostos desde a produção até a recolocação, exigindo que sejam substituídos devido ao estresse do trabalho que interfere em suas propriedades. Porém, por não serem consumidos durante sua utilização, acabam gerando responsabilidade as indústrias, e se descartados de forma indevida os lubrificantes podem ser extremamente prejudiciais ao meio ambiente.

Estudos já foram feitos com o objetivo de minimizar o descarte do óleo utilizado, seja através do tratamento, regeneração ou buscando outra aplicabilidade. Empresas licenciadas em coleta de óleo participam na tentativa de recuperar o mesmo, mas ainda há um crítico desconhecimento e banalização de para onde vai o produto descartado por parte de algumas organizações. A prática utilizada é sempre a mais cômoda e econômica, retirando o óleo antigo do campo visual, não deixando ele ocupar espaço em galões pelo ambiente de trabalho, passando a responsabilidade para outrem. Poucas são as companhias e organizações que ficam à parte do procedimento após o descarte do óleo utilizado.

De acordo com o químico industrial Danilo de Castro Abreu, a conscientização a respeito da importância e eficiência técnica do reaproveitamento dos óleos lubrificantes por meio de métodos convenientes de recuperação, adequado a um sistema de coleta presente em todo o país, merece atenção das autoridades e já deveria ser aplicado [9].

Desastres ambientais como o vazamento de petróleo e despejo indevido de óleo acontecem por vezes, e, diariamente são descartados de maneira irregular óleos industriais que estão presentes em nossa vida cotidiana. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua NBR-10004/2004, “Resíduos Sólidos - Classificação”, o óleo lubrificante é relacionado como resíduo perigoso (Classe I), por apresentar toxicidade: propriedade de provocar efeito adverso em consequência de sua interação com organismo. Esta característica torna inviável o lançamento deste produto na rede pública de esgoto ou corpos de água, e afeta negativamente o meio ambiente [4].

No livro “O Motor Diesel Moderno”, de Orville L. Adams, o autor afirma que os óleos lubrificantes não se desgastam em toda sua parcela, a não ser uma pequena

parte. A questão da reutilização do óleo vai depender das condições e dos tipos de contaminantes que o mesmo foi exposto durante o uso [9].

O desenvolvimento de estudos relacionados à qualidade e eficiência dos óleos lubrificantes já está em pauta, porém, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre seu reaproveitamento propriamente dito.

1.1 - JUSTIFICATIVA

Por se tratar de um recurso essencial em sistemas mecânicos, compreender os conceitos dos lubrificantes se torna fundamental na própria formação. Deste modo, o presente trabalho busca preencher uma lacuna na graduação em Engenharia Mecânica, versando sobre os óleos lubrificantes e a eficiência técnica do reaproveitamento do produto. Ressaltando pela conscientização da importância de uma gestão adequada, evitando desperdícios e contaminação.

O interesse do envolvimento ao tema dos lubrificantes é perfeitamente justificável, pelo fato destes compostos fazerem parte de todo o complexo industrial, estando presentes na maioria dos equipamentos. Qualquer grande consumidor de óleos lubrificantes deveria usufruir das vantagens relacionadas à maneira correta de utilizar estes produtos nobres e dos métodos de recuperação.

Desde a antiguidade se manifestam esforços para superar a barreira ao movimento relativo entre as superfícies dos elementos. Com a combinação de tratamentos executados no petróleo e processos de síntese em compostos químicos foi possível obter lubrificantes e realizar tais operações. Contudo, existe divergência dos cuidados necessários na manipulação e descarte destes produtos após utilizados. Desse modo, avaliar e entender a importância e os benefícios do estudo a esta recuperação é extremamente importante para a saúde da indústria e do planeta.

1.2 - OBJETIVO

1.2.1 - Objetivo Geral

Propor a recuperação de um modelo de óleo lubrificante industrial através de processos físicos de reciclagem visando sua posterior aplicação na proteção dos elementos externos das máquinas-ferramentas.

1.2.2 - Objetivos Específicos

Despertar a atenção dos técnicos, engenheiros, pesquisadores e indústrias sobre a necessidade do reaproveitamento dos óleos lubrificantes usados, buscando vantagens na recuperação do produto.

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em 5 capítulos.

O primeiro e atual capítulo apresenta uma introdução sobre o tema dos óleos lubrificantes industriais, descrevendo a origem do sistema, sua importância nas aplicações mecânicas e as responsabilidades geradas a cadeia produtiva e de consumo com a gestão do produto, por se tratar de um composto com potencial poluidor ao meio ambiente pós-uso. Justificando a conscientização da gestão correta de um produto que não se desgasta, a não ser uma pequena parcela, é defendido a aplicação de métodos convenientes de reaproveitamento dos lubrificantes de forma a trazer vantagens as organizações.

O segundo capítulo traz uma revisão de literatura sobre o tema, desde o início da utilização dos engraxantes até as categorias e classificações. Um estudo sobre o procedimento é revisado, somado a importância da lubrificação industrial nas operações mecânicas. Se enquadrando aos órgãos regulamentares, é descrita a legislação que rege a devida logística do produto em questão e são apresentados os processos de recuperação adotados pelas organizações.

O terceiro capítulo apresenta o cenário de pesquisa, descrevendo os materiais, equipamentos e a metodologia aplicada. Onde é feita toda a análise do contexto do

trabalho e propõe a aplicação de técnicas visando o reaproveitamento do modelo de óleo lubrificante do estudo.

O quarto capítulo expõe os resultados esperados e discussão sobre a metodologia em outras situações.

O quinto e último capítulo sumariza todo o estudo feito até aqui e apresenta conclusões e recomendações futuras.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - HISTÓRICO

A necessidade de superar o atrito e proteger componentes vem desde os primórdios da história. Manifestações de lubrificação foram registradas em túmulos egípcios e matéria pastosa foi encontrada em seus mecanismos, comprovando se tratar de gordura animal após análise [22]. Na necrópole de Saqqara no Egito foi descoberta a ilustração em uma tumba (Figura 1) representando o transporte de uma estátua através do despejo de algum fluido. Um cabo como auxílio de atuação também é retratado na imagem, sendo um recurso para mover a escultura e vencer a resistência ao movimento entre as duas superfícies. Com propósito de proteção, o betume junto ao lodo era usado para untar arcos antes de Cristo, e adoradores do fogo por volta de 600 a.C em suas peregrinações ao gás natural que emergia do solo, acabaram encontrando grandes campos petrolíferos no leste europeu [9].



Figura 1 - Ilustração encontrada na tumba em Saqqar no ano 1880 a.C. [5]

No início a gordura animal desempenhava o encargo de lubrificante nas junções dos elementos e a utilização do petróleo se restringia a iluminação. O escocês James Young foi o primeiro a produzir através deste composto dois tipos de óleo de parafina para a comercialização: um fino para uso como combustível em lâmpadas, e

outro pesado para fins lubrificantes. Todavia, o desenvolvimento destes produtos derivados do petróleo só foi ocorrer em 1848 [9].

A estável descoberta em grande escala deste composto que incentivou as empresas e fez nascer a indústria petrolífera ocorreu uma década depois, em 1859, quando o americano Edwin Laurentine Drake se interessou pela exploração de petróleo nas exsudações encontradas em Titusville na Pensilvânia e foi recompensado por seus esforços. Edwin L. Drake auxiliado por William A. Smith (“Uncle Billy”), experiente em perfurações de poços de sal e engenhoso em ferramentas mecânicas, perfuraram deliberadamente um poço com profundidade de 21 metros encontrando um reservatório que era capaz de fornecer aproximadamente 3200 litros de petróleo por dia. Com a profusão deste óleo somada ao desenvolvimento de técnicas como a destilação, dentre a estruturação da indústria e comércio do petróleo, foi possível progredir e evoluir outros produtos [9].

Apesar de os derivados do petróleo não serem singulares como lubrificantes, encontrando compostos de lubrificação formados de outras matérias primas, a geração destes produtos com finalidade de comercialização para tais aplicações surgiu junto a indústria do petróleo, que posteriormente prosperou em âmbito mundial. A princípio, qualquer fluido pode atuar como um lubrificante de acordo com a necessidade e a aplicação, assim como alguns sólidos, que são capazes de apresentar pequena resistência ao cisalhamento e conseguem superar o atrito [9].

Estudos referentes à lubrificação foram imprescindíveis para o desenvolvimento tecnológico. Durante a Revolução Industrial os lubrificantes foram fundamentais para o funcionamento das máquinas. A alta demanda destes compostos nas indústrias com processos de fabricação cada vez mais contínuos, junto às necessidades militares de engraxantes aptos a suportar condições adversas, conduziram o desenvolvimento dos produtos sintéticos. Contudo, a categoria do lubrificante, composição e característica, continua dependendo da função que ele deve preencher [9].

Na categoria óleos lubrificantes, são distinguidos em óleos minerais, óleos graxos (orgânicos), óleos compostos e óleos sintéticos, e suas aplicações variam de acordo com a exigência do trabalho. Os aspectos principais que qualificam estes óleos são suas características físicas e químicas, e seus desempenhos nas operações. Muitos compostos já foram substituídos pelos óleos minerais, porém ainda hoje existem aplicações restritas na lubrificação industrial. A qualidade de um lubrificante

só é comprovada após seu emprego e avaliação de seu desempenho em serviço. Desempenho este que está relacionado a composição [9].

2.2. - COMPOSIÇÃO

Embora existam muitos lubrificantes no estado sólido, gasoso e semifluido, neste item nos referimos aos lubrificantes líquidos, que é a base em que consiste o estudo e representa a maior parte dos compostos de lubrificação descartados no meio ambiente devido as reposições e trocas necessárias.

A distinção dos óleos lubrificantes é dada pelo óleo base e aditivos, onde esse óleo base pode ser mineral, sintético ou misto. Existem também os óleos graxos que são orgânicos, de origem vegetal ou animal, e apesar de terem sido os primeiros engraxantes utilizados, foram substituídos em grande parte pelos minerais devido suas características corrosivas [9].

2.2.1 - Óleos Minerais

Os óleos minerais são os mais importantes para emprego em lubrificação por terem suas propriedades relacionadas à natureza do óleo cru ao qual são provenientes. Obtidos do petróleo através do processo de refinação aplicado, o óleo cru é separado por destilação em frações de diversas faixas de ponto de ebulição. Esta etapa depende das características e composição do cru a ser processado, às vezes métodos de tratamentos antecedem o refino e podem ser combinados de acordo com as condições do óleo [9].

Caso o petróleo obtido encontra-se como emulsão de água em óleo, é necessário fazer a quebra entre esses dois líquidos antes de ir para o processo de refinação. Para a quebra desta emulsão utiliza-se dois tratamentos: o tratamento químico ou elétrico; onde o tratamento químico a separação é feita através da adição de um aditivo desemulsificante ao petróleo que remove o agente emulsificante, permitindo às gotículas de água se unirem e separarem do óleo. No tratamento elétrico a quebra se dá pelo aquecimento, diminuindo a viscosidade da emulsão e submetendo à um campo elétrico, atraindo as gotículas de água que são negativamente carregadas ao polo positivo. Impurezas como sais minerais, lama e outros particulados presentes

no óleo cru são retirados por decantação, por serem indesejáveis no processo, provocando corrosão e depósitos nos equipamentos de refinaria [9].

A destilação é o primeiro processo que se dá na refinaria, separando o óleo em frações de acordo com os pontos de ebulição. Este processo ocorre pelo aquecimento em torres de fracionamento, onde os hidrocarbonetos que constituem o petróleo são divididos em subprodutos de acordo com suas densidades e temperaturas de evaporação [9].

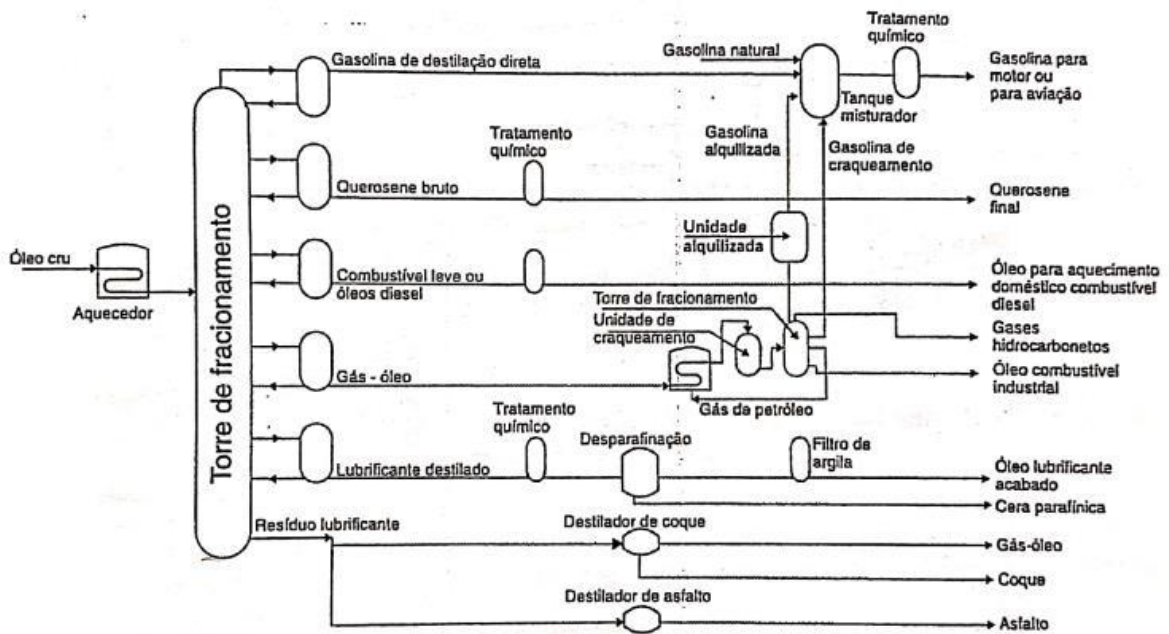


Figura 2 - Fluxo genérico de uma refinaria para a obtenção das frações do petróleo [9]

Refinarias que produzem óleo lubrificante realizam este fracionamento em dois estágios. Primeiro em uma torre de fracionamento à pressão atmosférica, separando os combustíveis e o gás-óleo, e em seguida, o resíduo passa por uma torre com pressão inferior à atmosférica, dividindo o gás-óleo em cortes de óleos lubrificantes [9].

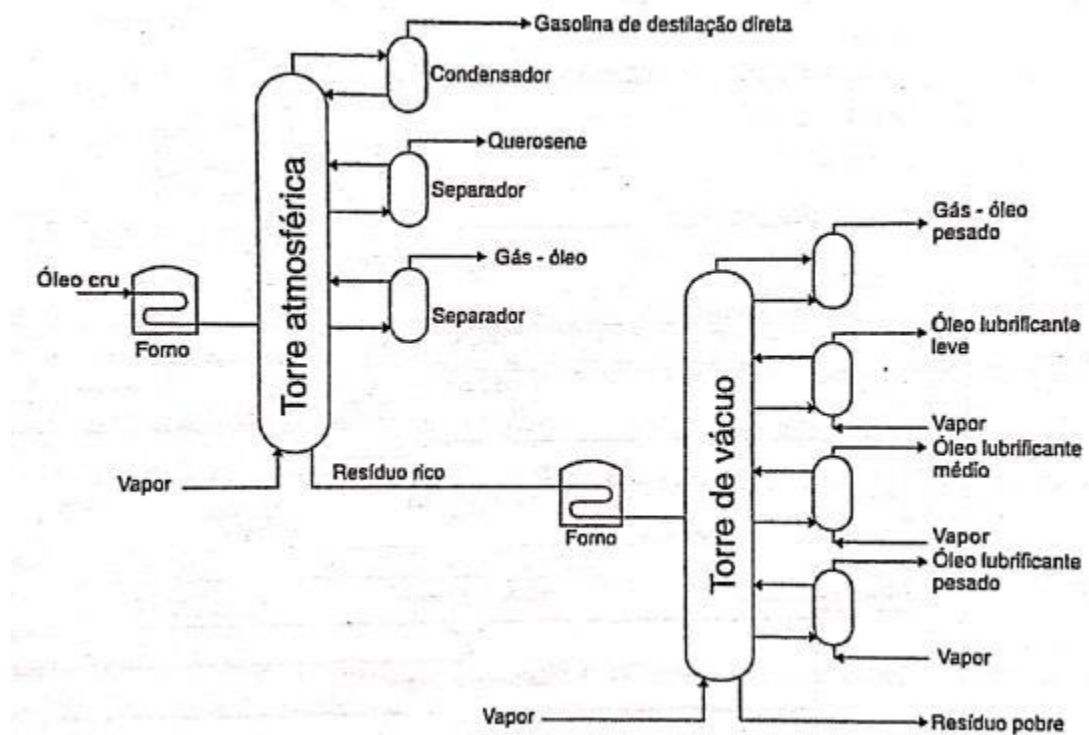


Figura 3 - Processo de destilação em dois estágios para obtenção dos cortes de óleos lubrificantes [9]

Estes óleos lubrificantes minerais são básicos, derivados do petróleo, e a partir de sua obtenção ainda passam por combinações de tratamentos de maneira a obter as características mais próximas do óleo lubrificante acabado. Misturas e acréscimo de aditivos sucedem ao produto, lhe conferindo propriedades físicas e químicas adicionais [9].

2.2.2 - Óleos Graxos

Óleos orgânicos como são mais conhecidos, por serem de origem vegetal e animal, foram os primeiros compostos a serem utilizados com o princípio de reduzir o atrito [9]. A gordura animal e depois o óleo de baleia, que era abundante quando extraído, eram empregados como lubrificante nos componentes dos mecanismos criados pelo homem, permitindo sua melhor funcionalidade [2]. Alguns vegetais que possuem óleo em sua composição, e outros, que por meio de suas sementes oleaginosas é obtido, através de pressão mecânica e reação com solventes, foram também opções exploradas no decorrer dos anos [17].

Análises referentes à aplicação desses óleos apresentam vantagens, como, serem livres de compostos de enxofre, apresentarem excelente fluidez, serem biodegradáveis, não serem tóxicos e possuírem uma elevada temperatura inflamável, ou ponto de fulgor. Além destas características, manifestam uma capacidade de aderência às superfícies metálicas devido aos ácidos graxos livres que constituem sua formação. Teoricamente, os óleos orgânicos retratam uma boa aplicabilidade, porém, devido a sua propriedade química de baixa resistência à oxidação, gerando compostos insolúveis, aumentando a viscosidade, formando gomosidade e se tornando rançoso, impossibilita seu emprego na maior partes das lubrificações industriais [14].

Em quase sua totalidade os óleos graxos foram substituídos pelos óleos minerais, por terem um processo mais barato já instalado nas refinarias, possuírem uma vida útil maior e suportarem o calor por mais tempo sem se decompor. Estas condições tornaram a utilização dos óleos minerais economicamente mais viável para a indústria e acabou priorizando os óleos orgânicos para fins alimentícios. Ainda hoje alguns tipos destes lubrificantes graxos são usados em poucas e restritas aplicações industriais, onde suas propriedades físico-químicas se adaptam com auxílio de aditivos [9].

2.2.3 - Óleos Compostos

Importantes no sistema de lubrificação, os óleos compostos ou mistos, como também são denominados, têm como principal função conferir propriedades de cada tipo dos óleos misturados ao composto lubrificante. São constituídos pela mistura de duas ou mais categorias de lubrificantes, além de contar com aditivos agregados [9].

Muitos destes compostos são formados por óleos graxos adicionados aos óleos minerais, podendo chegar até 30% da mistura. Combinação esta que confere ao lubrificante características de emulsão na presença de vapor de água e colabora para aplicação em sistemas de lubrificação com cargas elevadas e cilindros a vapor [9].

2.2.4 - Óleos Sintéticos

Com o aumento da produtividade e operações mais complexas nos equipamentos, se fez necessário compostos que suportassem um número maior de exigências de acordo com as especificações do meio. Requisitos voltados à manutenção, melhor desempenho dos lubrificantes, aplicações em situações adversas, necessidades militares e produtos compatíveis com a atribuição, conduziram o estudo e desenvolvimento de produtos sintéticos. Os avanços na engenharia somados às novas alternativas produtivas da indústria possibilitaram gerar estes produtos mais aprimorados [16].

Por meio da combinação de compostos químicos que são sintetizados, incluindo aditivos que proporcionam características desejadas, como melhor resistência ao calor e limpeza, através da reação dos seus constituintes com os contaminantes; os óleos sintéticos são produzidos a partir do gás de síntese da mistura de monóxido de carbono e hidrogênio, gerando hidrocarbonetos líquidos. Este processo químico é conhecido como Fischer-Tropsch, por ter sido desenvolvido pela primeira vez por Franz Fischer e Hans Tropsch na Alemanha em 1925, que dispunha de pouco petróleo, mas era rica em reservas de carvão. A elaboração deste processo auxiliou o país durante a Segunda Guerra Mundial produzindo combustíveis alternativos [20].

Estes compostos são vantajosos em certas aplicações por apresentarem uma boa relação viscosidade-temperatura, serem menos voláteis, disporem de melhor resistência a oxidação e não serem inflamáveis como os óleos de petróleo. Todas estas características fazem estes lubrificantes terem maior durabilidade e eficiência, correspondendo de maneira melhor as severas condições de uso [9].

2.2.5 - Aditivos

Avançando à composição e característica dos óleos lubrificantes, os aditivos vêm com finalidade de somar a estes produtos importantes qualidades com o intuito de exercerem melhor desempenho, reforçando suas propriedades nas atribuições as quais são empregados e contribuindo ainda mais para o seguimento do sistema. Alguns aditivos também convêm para ceder novos atributos e até mesmo eliminar ou

diminuir propriedades indesejadas. A modificação destas características podem ser físicas ou químicas, e tudo depende do aditivo empregado [9].

Acrescentando os lubrificantes, os aditivos são produtos formados por compostos químicos capazes de interagir com algum constituinte do óleo base e do metal quando submetidos a condições excessivas de pressão, velocidade e temperatura, gerando produtos de reação que correspondem às exigências necessárias. Por se tratar de trabalho mecânico, os gradientes das condições apresentam valores considerados, acelerando o processo [9].

Cada aditivo é empregado ao lubrificante de acordo com a aplicação e as características que o óleo deve adquirir quando for exigido. Algumas propriedades físicas que estes produtos conseguem modificar no fluido base são seu ponto de fluidez, índice de viscosidade, adesividade e prevenir a formação de espuma. De natureza química os resultantes apresentam inibidores de oxidação, detergentes, dispersantes e agentes de extrema pressão [9].

2.3 - SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Justificando a lubrificação, este procedimento veio como uma técnica para possibilitar o deslocamento relativo adequado entre as superfícies dos elementos por mais ajustados que eles estejam. O devido método se dá por meio da aplicação de uma substância entre as superfícies que se deseja movimentar, de maneira que esta matéria interposta apresente uma espessura fluída superior a soma das alturas rugosas das áreas em contato, conciliando um trabalho com menor esforço, desgaste, vibração, aquecimento e ruído [9].

O estudo deste fenômeno de resistência ao deslizamento, definido como força de atrito, se apresentou valorizado de uma forma científica no período da Renascença. Com o progresso do reconhecimento a racionalidade, ciência e natureza, o homem começou a transformar suas ideias e ser mais crítico, buscando explicações por meio das experiências. O polímata italiano Leonardo da Vinci foi o primeiro a analisar de maneira sistemática a relação de proporcionalidade entre a força tangencial de fricção e força normal. Através de um bloco retangular deslizando sobre um plano (Figura 4), da Vinci conseguiu interpretar as leis do atrito macroscópico 200 anos antes mesmo de Newton definir o conceito de força, e por meio delas pode estabelecer que o atrito

independe da área de contato e sim do peso do elemento em questão. Da descoberta destas leis empíricas postuladas que originou o coeficiente de atrito, uma constante de proporcionalidade [13].

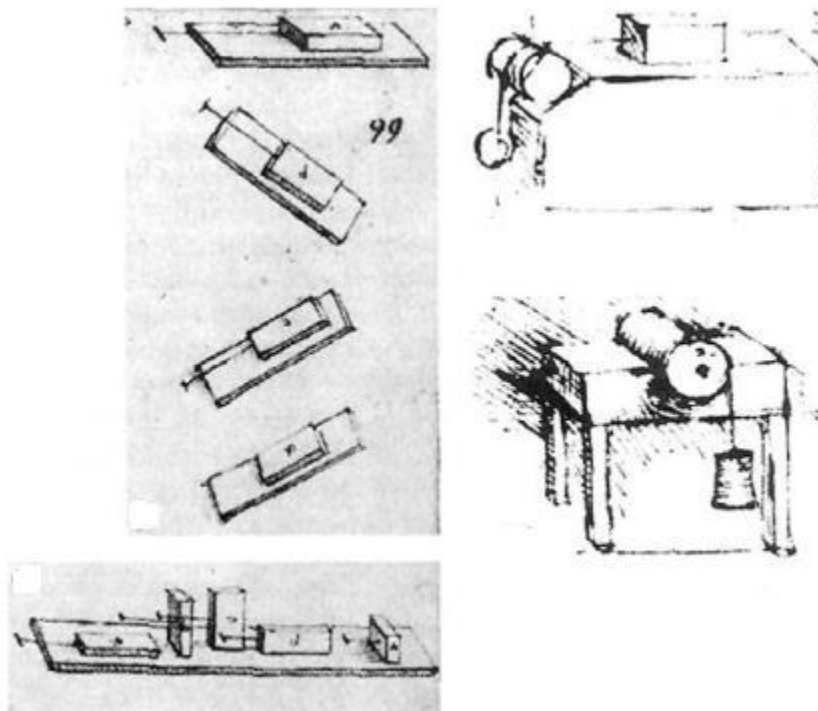


Figura 4 - Desenhos feitos por Leonardo da Vinci representando sua análise sistêmica da força de atrito [15, 19]

Os estudos referentes ao atrito seguiram sendo analisados posteriormente por outros aplicados. No ano de 1699, o físico francês Guillaume Amontons tornou público no trabalho “De la resistance causée dans les machines” as duas leis do atrito macroscópico postuladas por da Vinci, mas que não tiveram influência por conta dos estudos do italiano não terem sido publicados por centenas de anos. As leis reformuladas foram justamente da independência da força de fricção com a área de contato e da proporção entre esta força e a normal [3]. Mais adiante, coube ao engenheiro militar francês Charles August Coulomb concluir os estudos sobre a natureza do atrito e postular a terceira lei, em que a força de atrito independe da velocidade com que se inicia o movimento, diferenciando assim o atrito estático do atrito dinâmico. Muitas das conclusões de Coulomb se mantiveram em regra por séculos e suas concepções continuam por modelo até hoje [11].

A Figura 5 consiste na representação de duas superfícies sólidas em contato mostrando a maneira como se dá a resistência ao movimento. Por mais bem acabadas

e polidas que possam ser as superfícies, elas vão apresentar certas asperezas e irregularidades, sendo o modo como elas se relacionam o que caracteriza o mecanismo de atrito. Um dos modelos idealizados por Coulomb para explicar as leis até então formuladas foi justamente o fato de que o mais próximo do encaixe perfeito entre duas superfícies em contato é onde se estabelece atrito estático [11].

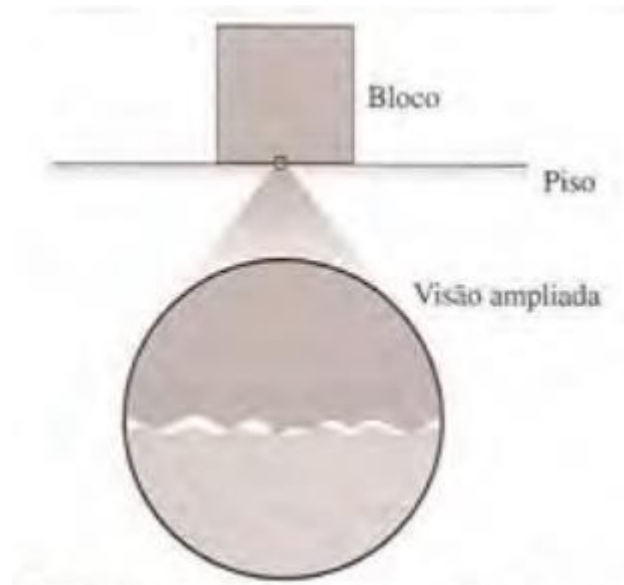


Figura 5 - Detalhe dos pontos mais elevados das superfícies em contato [23]

Apesar do sistema de lubrificação ter como principal finalidade substituir o atrito sólido pelo atrito fluido, reduzindo o contato seco entre as superfícies e criando uma camada de proteção, esta metodologia acabou se desenvolvendo no decorrer dos anos e passou a ser empregada em diversas outras atribuições. Atualmente os lubrificantes podem ser apropriados para os mais variados trabalhos e suas utilizações se tornaram imprescindíveis no âmbito industrial.

Dispondo da lubrificação entre os elementos, estes compostos prestam auxílio na transmissão de força, de maneira com que os esforços nas superfícies se deem de modo suave, reduzindo demasiadamente o desgaste e a fadiga dos componentes, aumentando a vida útil dos mesmos. O sistema também favorece a transferência térmica, corroborando com a refrigeração dos conjuntos mecanizados. Alguns lubrificantes de característica mais densa convêm para vedação, evitando a entrada de impurezas e reduzindo vibrações e ruídos. Os óleos que possuem aditivos do tipo detergente ou dispersante em sua composição são capazes de limpar e manter limpo os componentes internos, garantindo a integridade e o bom funcionamento das

máquinas. Outras aplicações podem se restringir apenas a necessidade de diminuir os esforços, ou para um deslocamento e desmontagem de caráter emergencial. Contudo, uma das propriedades que os lubrificantes dispõem e pode ser aproveitada é a sua camada de proteção, que se forma nas superfícies dos elementos e é capaz de proteger estes contra a oxidação e corrosão em contato com o meio.

O sistema de lubrificação é de total importância para as operações industriais e impacta diretamente no desempenho das máquinas e sua produtividade. A relevância da aplicação exata do lubrificante, a prática correta, seguindo as exigências dos equipamentos, seguramente oferecem vantagens referentes a manutenção, requisito que só cresce e tem sempre tido como interesse para as empresas. Um lubrificante que desempenhe sua função e consegue contribuir de outras formas é sempre a busca dada pela excelência na demanda. Sendo assim, a lubrificação é fundamental para manter as máquinas funcionando com máxima eficiência, quanto para proteger os equipamentos no sentido preventivo, colaborando com os próprios números do negócio [16].

2.3.1 - Lubrificação Industrial

Os conceitos envolvidos no contexto da indústria se mostram relevantes na exigência de um plano de lubrificação, respeitando as especificações do equipamento e estabelecendo o máximo de controle na aplicação e periodicidade. Enormes parques industriais, numerosos em máquinas operatrizes e que tem por objetivo fundamental fabricar um grande volume de peças, não podem se dar a imprudência de obter falhas nos seus equipamentos por negligência na lubrificação. Como estes produtos auxiliam em diversos fatores da operação, a lubrificação se torna um dos componentes mais importantes para a confiabilidade das máquinas, corroborando bastante nas atuações [16].

A gestão de um plano de lubrificação representa um grande potencial para reduzir os custos da indústria com manutenção, aspecto que torna evidente como este item se enquadra na manutenção preventiva, a fim de garantir um real aumento da vida útil dos equipamentos. A ausência da adequação de um monitoramento nos períodos recomendados pelos fabricantes das máquinas, assim como a utilização de lubrificantes inapropriados com as partes do maquinário, podem gerar inúmeros

problemas. Seguir de forma precisa o manual e seus parâmetros previamente estabelecidos, pode ser decisivo para que a máquina desempenhe seu trabalho da melhor forma por um intervalo de tempo maior [16].

Estas condições não são diferentes para as máquinas operatrizes, que dispõem de engrenagens e mancais para ocorrer a transmissão de força e deslocamento das partes móveis, exigindo desta maneira uma lubrificação precisa em seus componentes [9]. A verificação de nível, limpeza, lubrificação dos pontos externos e registros de reposição ou trocas de carga de lubrificante, não são meras formalidades na inspeção periódica, e sim garantias de excelência para a integridade e bom funcionamento dos mecanismos. A probabilidade do equipamento realizar de modo ideal sua função por um bom período de tempo e sob determinadas condições, se estende com as atenções no sistema de lubrificação. Desta forma, o produto final terá boas chances de conter as características desejadas, com a qualidade esperada e distanciando os erros da operação [16].

Seguir um plano de lubrificação estruturado evita manutenções de caráter emergencial, despontando em uma linha de teor preventivo ou preditivo. Com a menor incidência de oxidações, corrosões, aquecimentos e falhas, é bem provável que os equipamentos alcancem a eficiência por mais tempo. O engenheiro atento com o conhecimento técnico sabe que este sistema de lubrificação contribui para a segurança das operações industriais e redução dos custos totais com manutenção. É de responsabilidade do profissional o conhecimento do seu campo de trabalho e controle das atuações, de maneira que impossibilite prejuízos com atividades não programadas e seja cobrado por um ciclo produtivo mais eficaz.

2.4 - QUESTÕES AMBIENTAIS

O gerenciamento de um plano de lubrificação é essencial para a garantia do desempenho dos equipamentos nas operações, exigindo o monitoramento das cargas de lubrificantes periodicamente. Mas assim como existe a questão preventiva com os elementos mecânicos, tem de haver também uma gestão adequada com as cargas de óleos lubrificantes usados, de maneira a não causar danos ao meio ambiente. Grande parte dos óleos lubrificantes industriais não são consumidos durante sua vida útil, o que gera responsabilidades para a organização com a destinação após o uso.

A consideração de processos capazes de recuperar estes compostos, viabilizando um ganho econômico e preservando os recursos naturais envolvidos na formação de tais produtos nobres, têm de estar presentes na logística da empresa. Tratamentos de regeneração, finalidades para óleos combustíveis, política reversa com os produtores e importadores, destinação de pontos de coleta e formas de reaproveitamento, podem ser algumas possibilidades. A imprudência só não pode haver com o descarte indiscriminado deste composto no ambiente, interferindo de maneira negativa em todo meio natural com o qual este reage [18].

Os óleos lubrificantes despontam em relação aos impactos ambientais devido aos efeitos significativos produzidos, tanto em sua cadeia produtiva, quanto na sua destinação após o uso. O consumo de recursos naturais para sua produção, o elevado gasto de energia nos processos, os compostos químicos tóxicos acumulados, somados aos metais pesados que o mesmo adquire na sua composição após o uso, acabam se tornando relevantes para uma regulamentação. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua NBR-10004/2004, “Resíduos Sólidos - Classificação”, que tem como objetivo classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente, classifica o óleo lubrificante como resíduo perigoso (classe I), por apresentar toxicidade e possuir potencial poluidor pós-uso. Em toda sua linha os óleos lubrificantes geram emissões de poluentes sólidos, líquidos e gasosos, e a análise com responsabilidade deste setor sempre é válida [8].

O descarte incorreto do óleo lubrificante propriamente dito causa o aumento da carga de poluentes lançados nos rios, solos, lençóis freáticos e mares, impedindo oxigenação e dificultando o tratamento dos efluentes. A fumaça resultante da queima direta do óleo usado contém resíduos tóxicos e provoca problemas respiratórios. A combustão do mesmo também representa a destruição de frações nobres de petróleo que podem ser aproveitadas. Por se tratar de matérias primas retiradas do meio ambiente, a recuperação destes compostos representaria um ganho econômico e menor geração de impactos ambientais, reduzindo significativamente o elevado consumo de energia e recursos naturais para fornecer estes produtos [18].

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que os óleos lubrificantes usados devem ser obrigatoriamente recolhidos e terem destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o meio ambiente, e proíbe quaisquer descartes em solos, rios, mares e em sistemas de esgoto ou evacuação de áreas

residuárias. A legislação define a responsabilidade compartilhada entre os atores da cadeia produtiva e de consumo, e que a reciclagem seja feita pelo processo de rerrefino, ou outro processo com eficácia ambiental igual ou superior [10]. No sentido de reforçar a gestão adequada destes compostos usados foi instituído em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos a lei nº 12.305, que estabelece uma gestão integrada e responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e a logística reversa, sujeitando a observância desta lei todas as pessoas físicas ou jurídicas que participam direta ou indiretamente na geração destes resíduos, para que desenvolvam ações relacionadas a um gerenciamento correto e sustentável [7].

Nesse contexto, destaca-se a importância de se realizar estudos de técnicas e abordagens que contribuam para a recuperação do produto ou atividade durante seu ciclo de vida, conscientizando o consumidor da relevância que contém um sistema de coleta e métodos de recuperação, evitando desperdícios, contaminação e podendo o mesmo usufruir do reaproveitamento.

2.5 - PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO

De acordo com os pesquisadores, os óleos lubrificantes usados possuem parcelas inalteradas do produto formulado a partir do óleo base, o que condiciona reprocessamentos para recuperação destes compostos. O processo de regeneração vai depender dos tipos e grau de contaminação que o mesmo foi exposto durante o uso. A constituição destes produtos usados além de contar com grande parte do óleo base, também apresentam impurezas, tais como produtos de degradação, compostos solúveis e insolúveis originados da oxidação, hidrocarbonetos leves, resto de aditivos, água e partículas metálicas, ocasionadas pelo desgaste das peças em movimento. O acúmulo destes contaminantes é resultante do sistema de lubrificação e das condições de operação que provêm deste sistema, como cargas, temperatura de funcionamento, taxa de circulação e qualidade mecânica [9].

A Tabela 1 apresenta os níveis de contaminação para determinadas aplicações dos óleos lubrificantes em equipamentos específicos.

Grau de contaminação das várias aplicações				
Aplicação	Sólidos	Produtos de deterioração	Água	Diluição
Óleo de circulação	A	A	M	N
Óleo de turbina	A	A	A	N
Óleo de compressor	P	P	A	N
Óleo hidráulico	P	A	P	N
Óleo de engrenagem	A	A	A	N
Óleo para motor	A	M	A	A
Óleo isolante	N	A	A	N
Óleo laminação	A	P	P	N
Óleo de corte	M	P	P	N
Óleo têmpera	M	M	A	N
Óleo transf. Calor	P	A	N	N

P = pouca

A = alguma

M = muita

N = nenhuma

Tabela 1 - Níveis de contaminação do óleo lubrificante em determinadas aplicações [9]

Com relação aos processos de recuperação, dentre aos diferentes métodos de tratamento, se destacam o rerrefino, que se baseia em reconverter o óleo usado em óleo base para reproduzir os óleos lubrificantes, e os processos de tratamento para produzir óleos combustíveis, com destinação a valoração energética. A possibilidade de aproveitamento para fins energéticos como destinação final é admitida em alguns países da Europa, Ásia e nos Estados Unidos, com tratamentos que geram produtos de gásóleo destilado e óleo combustível desmetalizado, destinado a grandes motores marítimos e combustível para aquecimento, com finalidade de queima em alto-fornos e em grandes instalações de combustão. A prioridade é dada às soluções que visam a proteção do meio ambiente contra efeitos nocivos da disposição inadequada e das operações de tratamento destes resíduos, sendo a preparação para a reutilização e reciclagem como principal destinação [18].

No Brasil a legislação considera o processo tecnológico-industrial genericamente chamado de rerrefino como o método ambiental mais seguro para a reciclagem do óleo lubrificante usado, sendo a única destinação final permitida. Contudo, nos deparamos com dificuldades em viabilizar uma coleta de óleos usados em regiões mais afastadas das rerrefinarias. O fato dos custos ambientais terem aumentado e com a queda do imposto único sobre o óleo básico que subsidiava a coleta dos óleos usados, acabou afetando de maneira negativa muitas rerrefinarias e

fez com que as de pequeno porte e com problemas ambientais fechassem, restando poucas rerrefinarias de maior porte em todo o Brasil. Assim, a coleta que já era deficiente acabou se tornando falha, exigindo de muitos autores da cadeia produtiva e de consumo buscar adotar medidas seguras e adequadas ao perfil da organização com a gestão de suas cargas de óleos lubrificantes usados [18].

A questão da ocupação de área industrial com o armazenamento de óleos lubrificantes usados aguardando a coleta é motivo de uma análise buscando uma gestão adequada, de maneira a não ocupar espaço no ambiente de trabalho e visando uma saída, por menor que seja, da parcela do produto que pode ser aproveitada. Processos físicos e químicos são conhecidos e podem ser aplicados no decorrer da rotina das indústrias para usufruírem das vantagens dos métodos de recuperação, desocupando seus galpões com recipientes de óleos usados e trazendo uma economia para sua gestão.

A reciclagem vem a ser um tratamento adequado para os óleos usados permitindo a reutilização em determinadas aplicações. Há um conjunto de processos desenvolvidos de natureza física e química para separar os contaminantes e purificar o produto. Processos estes que podem utilizar as diferenças entre as propriedades físicas dos componentes buscando desvencilhar o produto, e processos que utilizam das reações químicas para livrar-se das impurezas.

Este estudo busca propor uma reutilização do óleo lubrificante industrial usado em máquinas ferramentas de maneira a trazer para a organização um meio de atribuir aquele composto uma finalidade essencial para a saúde das máquinas, mas também contribuindo para um menor descarte do produto e economia. No caso o processo de reciclagem precisa se encaixar na gestão das cargas de óleo e ser atrativo para as partes interessadas.

Em pesquisa nota-se uma disposição a processos físicos que não vão precisar contar com acréscimo de aditivos ou operações complexas para se obter um produto reutilizável, proporcionando a organização um alcance melhor da atividade a ser praticada em questão. Processos como o de sedimentação e filtração se mostram mais plausíveis para a seguinte proposta, e suas análises podem ser praticadas por qualquer consumidor que busca aproveitar aquele produto nobre em outra atividade.

3 - METODOLOGIA, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

O estudo em questão se apresentou como interesse durante o curso de Aperfeiçoamento em Processos de Mecânica Industrial - Programa Futuros Engenheiros, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), onde durante as aulas práticas de Usinagem se dispunha da necessidade de realizar uma manutenção preventiva nas máquinas operatrizes, com a retirada dos resíduos da usinagem, como cavacos e fluído de corte, com auxílio de pincéis e estopas, seguindo da aplicação de uma camada de óleo lubrificante industrial sobre os elementos externos de transmissão, que são os barramentos, fusos e guias, com a finalidade de proteger estes componentes contra futuras ações de oxidação ou de maneira que a ausência da lubrificação necessária possa atrapalhar a operação do equipamento. A consideração do frequente uso de almotolias e pincéis espalhando o produto nos componentes, se utilizando da mesma faixa de óleo que compartilha da lubrificação e transmissão de força na caixa de rosca e avental dos tornos, trouxe a diligência de buscar uma forma em que, ao realizar a troca da carga de lubrificantes no período indicado pelo manual da máquina, tentar reciclar o produto para usá-lo na lubrificação superficial da mesma, visando desta maneira cortar gastos, diminuir o consumo e favorecer a logística com o armazenamento, aguardando a coleta devida.

Com o conteúdo transmitido pelo instrutor de usinagem e a análise do tema, veio o interesse em buscar uma solução palpável, já que a instituição demonstrava certo incômodo com os galões de óleos lubrificantes usados ocupando espaços no galpão aguardando a coleta do fornecedor. Como toda demanda de insumos, nem sempre se faz necessário a solicitação de mais produtos ou recolhimento na frequência em que existe a troca, fazendo-se inevitável a gestão e alocação deste óleo usado.

Este capítulo descreve a pesquisa, estudo e análise da metodologia aplicada para o trabalho apresentado, pretendendo uma forma de reciclar o lubrificante em questão e trazer para as partes interessadas uma orientação do que fazer com este produto nobre que muitas vezes é ignorado, sem considerar uma futura necessidade que se faz aplicável no setor industrial.

3.1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Como citado no início do capítulo, este trabalho se utilizou de um torno convencional juntamente com um tipo específico de óleo lubrificante industrial recomendado para aplicação em sua caixa de rosca e avelal. A escolha da análise e estudo se baseiam nestes dois itens por ser o modelo de máquina-ferramenta de maior disponibilidade na instituição, mais utilizado entre os alunos e o que possui maior periodicidade na troca das cargas de óleo.

Abaixo segue a imagem registrada da máquina operatriz em questão instalada em seu devido ambiente de trabalho.



Figura 6 - Torno Mecânico do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora

O óleo lubrificante industrial em destaque ao qual se baseia a proposta do estudo é um óleo mineral fabricado por uma indústria química nacional que tem forte atuação no mercado, tanto na área automobilística, quanto siderúrgica e metal-mecânica. Este lubrificante foi encontrado através de pesquisas de mercado realizadas pelos instrutores responsáveis pela organização e manutenção do

laboratório, sendo uma marca brasileira que preza pela coleta e reciclagem dos resíduos industriais.

Vale destacar que o Brasil não possui o petróleo mais adequado para a obtenção do óleo lubrificante básico, o que se faz necessário a importação de um tipo de petróleo especial ou do próprio óleo lubrificante mineral, tornando este produto uma matéria-prima nobre que compõe o processo do rerrefino, sendo relevante a recuperação, como a redução da geração de resíduos. Muitos dos óleos lubrificantes novos que se encontram no mercado contém em sua composição óleo do rerrefino, de maneira que isto não altera a qualidade do produto [21].

O manual do usuário do equipamento possui uma descrição técnica tangível e específica direcionando a lubrificação geral de cada conjunto da máquina e indicando o lubrificante recomendado para todos os pontos. De acordo com o documento, o óleo indicado para o avental que compartilha da transmissão de movimento com as guias, varas e fusos, se baseia em um óleo DIN 51502 CLP 150.

A norma do Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão para Normatização) possui padrões técnicos com a finalidade de garantir a qualidade de produtos industriais e científicos na Alemanha. O Brasil se molda a esta norma através da Organização Internacional para Padronização (ISO - International Organization for Standardization), que realiza as mesmas funções, buscando padronizar a qualidade de seus produtos e serviços.

No caso, esta norma DIN 51502 é referente a fluidos recomendados para guias e barramentos de máquinas industriais. O documento estabelece um sistema de designação, marcação de recipientes, equipamentos de lubrificação e pontos de lubrificação, com o objetivo de evitar danos devido ao uso incorreto de lubrificante para uma aplicação específica [12].

De acordo com a tabela que indica os códigos e símbolos de letras usados para designar óleos lubrificantes, as letras CL denotam o tipo de lubrificante e sua aplicação, estando no grupo de Óleos minerais (óleos lubrificantes e óleos especiais).

Onde:

- C óleos lubrificantes (sistemas de circulação de óleo);
- L óleos (tratamento térmico);

Table 1. Letter codes and symbols used for designating lubricating oils, special oils, fire-resistant hydraulic fluids and synthetic or semisynthetic fluids

1	2	3	4	5		6
Number	Group Name	Type of lubricant (application)	Letter code	Relevant standard	Type (s) specified	Group symbol
1	Mineral oils (lubricating oils, special oils)	AN lubricating oil (normal applications)	AN	DIN 51501	L-AN ¹⁾	□
		Automatic transmission fluids (ATF)	ATF	—	—	
		B lubricating oils	B	DIN 51513	BA, BB, BC	
		C lubricating oils (circulating oil systems)	C	DIN 51517 Parts 1 to 3	C, CL, CLP ²⁾	
		CG lubricating oils (slideways)	CG ²⁾	—	—	
		D lubricating oils (pneumatic tools)	D	—	—	
		F oils (air filters)	F	—	—	
		FS oils (mould release)	FS	—	—	
		H hydraulic oils	H	DIN 51524 Parts 1 and 2	HL, HLP	
		HV hydraulic oils	HV	DIN 51524 Part 3	HVLP ²⁾	
		HD lubricating oils (internal combustion engines)	HD	—	—	
		HYP lubricating oils (automotive gears)	HYP	—	—	
		J oils (electrical insulation)	J	—	JA, JB	
		K oils (refrigeration)	K	DIN 51503 Part 1	KA, KC	
		L oils (heat treatment)	L	—	—	
Q oils (heat transfer applications)	Q	DIN 51522	—			

Tabela 2 - Parte da tabela com os devidos códigos e letras designando os óleos lubrificantes da norma DIN 51502 [12]

A letra P se refere ao aditivo contido no produto e é atribuída a lubrificantes com aditivos antifricção e antidesgaste para operação em faixa de fricção mista ou para aumentar a capacidade de carga, como é descrito na tabela de código de aditivos.

Table 3. Code letter identifying the additive(s) contained in lubricants (except for lubricating oils for engines and gears, and fire-resistant hydraulic fluids)

1	2
Code letter	Type of lubricant
D	Lubricating oils containing detergent additives (e.g. HLPD hydraulic oil)
E	Water-miscible lubricating oils (e.g. water-miscible cooling lubricants, such as SE lubricant)
F	Lubricants containing a solid additive such as graphite and molybdenum disulfide (e.g. CLPF lubricating oil)
L	Lubricating oils with corrosion-inhibiting additives that increase the resistance to ageing (e.g. DIN 51 517-CL 100 lubricating oil)
M	Water-miscible cooling lubricants containing mineral oil (e.g. SEM cooling lubricant)
S	Water-miscible synthetic lubricants (e.g. SES cooling lubricant)
P	Lubricants with anti-friction and anti-wear additives for mixed-friction range operation or to increase the load carrying capacity (e.g. DIN 51 517-CLP 100 lubricating oil)
V ¹⁾	Lubricants diluted with solvents (e.g. DIN 51 513-BB-V lubricant)
¹⁾ Code letter V may involve marking in accordance with the <i>Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe</i> (German Regulation on hazardous substances).	

Tabela 3 - Quadro com as letras que identificam o aditivo contido nos lubrificantes da norma DIN 51502 [12]

A referência terminada em 150 descreve o número do grau de viscosidade ou índice de viscosidade do óleo a 40°C, definindo uma variação da resistência interna do fluido ao deslocamento, ou seja, viscosidade cinemática. Esta viscosidade é medida em mm²/s ou cSt (10⁻² Stokes) e ela possui intensidade de variação de acordo com a alteração da temperatura de trabalho. Quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade com que o fluido se movimenta.

Table 2. Viscosity grade numbers

1		2			3
ISO viscosity grade as in DIN 51 519	Viscosity grade number ¹⁾	Kinematic viscosity ²⁾ , in mm ² /s			Dynamic viscosity ³⁾ , in mPa · s at 40 °C
		at 20 °C	at 40 °C	at 50 °C	
ISO VG 2	2	≈ 3,3	2,2	≈ 1,9	≈ 2,0
ISO VG 3	3	≈ 5	3,2	≈ 2,7	≈ 2,9
ISO VG 5	5	≈ 8	4,6	≈ 3,7	≈ 4,1
ISO VG 7	7	≈ 13	6,8	≈ 5,2	≈ 6,2
ISO VG 10	10	≈ 21	10	≈ 7	≈ 9,1
ISO VG 15	15	≈ 34	15	≈ 11	≈ 13,5
ISO VG 22	22	—	22	≈ 15	≈ 18
ISO VG 32	32	—	32	≈ 20	≈ 29
ISO VG 46	46	—	46	≈ 30	≈ 42
ISO VG 68	68	—	68	≈ 40	≈ 61
ISO VG 100	100	—	100	≈ 60	≈ 90
ISO VG 150	150	—	150	≈ 90	≈ 135
ISO VG 220	220	—	220	≈ 130	≈ 200
ISO VG 320	320	—	320	≈ 180	≈ 290
ISO VG 460	460	—	460	≈ 250	≈ 415
ISO VG 680	680	—	680	≈ 360	≈ 620
ISO VG 1000	1000	—	1000	≈ 510	≈ 900
ISO VG 1500	1500	—	1500	≈ 740	≈ 1350

Tabela 4 - Tabela com o número do grau de viscosidade dos óleos lubrificantes da norma DIN 51502 [12]

Com a informação do manual do usuário somado as descrições caracterizadas na norma DIN, tem-se a indicação de um óleo lubrificante mineral, de aplicação em sistemas de circulação, deslizantes e com algum tratamento térmico, além de possuir aditivos antifricção e antidesgaste para operação em faixa de fricção mista ou para aumentar a capacidade de carga, com um índice de viscosidade de 150. Logo, estas características denotam um óleo com propriedades distintas e aprimoradas, específicas para as devidas aplicações, tornando relevante sua recuperação.

3.2 - GESTÃO DO PRODUTO

Os órgãos ambientais reguladores definem que o destino para o óleo usado é a coleta e o envio obrigatório para uma rerrefinaria, por se tratar de um resíduo

perigoso que pode causar danos ao meio ambiente e a saúde, consistindo também em uma importante fonte de matéria-prima nobre, que é o óleo básico. O fato é que não são todas as regiões do país que dispõem de uma coleta presente e seletiva, e algumas organizações ainda contam com dificuldades para viabilizar o destino adequado deste produto, retendo suas cargas de óleo usado enquanto aguarda o contato com o fornecedor.

O papel dos consumidores e geradores do óleo lubrificante usado é a base para alcançar o objetivo de recuperar o máximo do produto básico, contribuindo para todas as etapas da geração do produto, evitando gastos de recursos e processos que afetam o meio. Efetivamente as organizações procuram se adaptar às suas reais condições, sempre buscando a melhor solução para a armazenagem e manuseio deste resíduo, sem desconsiderar qualquer legislação. A questão é que o conhecimento de técnicas de reciclagem ou mesmo armazenamento do produto podem otimizar a rotina da empresa, sendo capazes de trazerem benefícios.

Na instituição aplicada a armazenagem ocorre de maneira devida, mantendo os óleos usados separados em galões de origem, que se encontram em bom estado e que possuem a mesma faixa de lubrificante, sem haver a mistura ou qualquer outro tipo de contaminação que prejudique a reciclagem. Os recipientes estão sempre suspensos em calços de madeira (pallets), sem contato direto com o chão, evitando qualquer corrosão. O ambiente de alocação dos galões é fresco e arejado, com piso impermeável e fica distante de qualquer poeira. Com estas condições, o almoxarifado de lubrificantes permite que o óleo não sofra variações de temperatura, preservando o ar interno dos tambores contra gradientes de pressão que possam originar qualquer umidade no meio indesejada.

A legislação atribui ao fornecedor exercer a relação entre os geradores e os agentes da cadeia de recuperação do óleo lubrificante usado, evitando que seu produto tenha uma gestão inadequada e dando todo o suporte à coleta segura e autorizada. Fornecendo base a esta relação, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) disponibiliza em seu site a relação das empresas autorizadas a exercer a atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado nas regiões. No entanto, ao seguir a consulta de coletores autorizados disponíveis pela Superintendência de Distribuição e Logística (SDL) não encontra nenhuma empresa autorizada no município de Juiz de Fora, registrando apenas dois coletores

no estado de Minas Gerais, na cidade de Sete Lagoas e Varginha, que se localizam a uma distância considerável do município em questão [1].

Passando para a demanda do rerrefino, estas mesmas empresas citadas possuem a qualificação de rerrefinarias, o que justifica suas licenças de coletoras pela ANP para exercer a atividade. O quadro abaixo registra o número de agentes autorizados em cada especificidade no país de acordo com o Boletim de Lubrificantes da SDL disponibilizado pela ANP no ano de 2019, mostrando que não são muitas as empresas que se integram a este critério.

Qualificação	Agentes
Importadores de Óleo Lubrificante Acabado	210
Produtores de Óleo Lubrificante Acabado	116
Total Importadores + Produtores de Óleo Lubrificante Acabado	279
Rerrefinadores de Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado	13
Coletores de Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado	22
Total Rerrefinadores + Coletores de Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado	23

Tabela 5 - Número de agentes autorizados para cada qualificação de acordo com o Boletim de Lubrificantes da SDL [6]

Somado a este quadro, na Figura 7 tem-se o arranjo das bases de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado autorizadas à operação, notando uma disposição maior de instalações na região sudeste, contudo, um cenário distante da Zona da Mata Mineira.

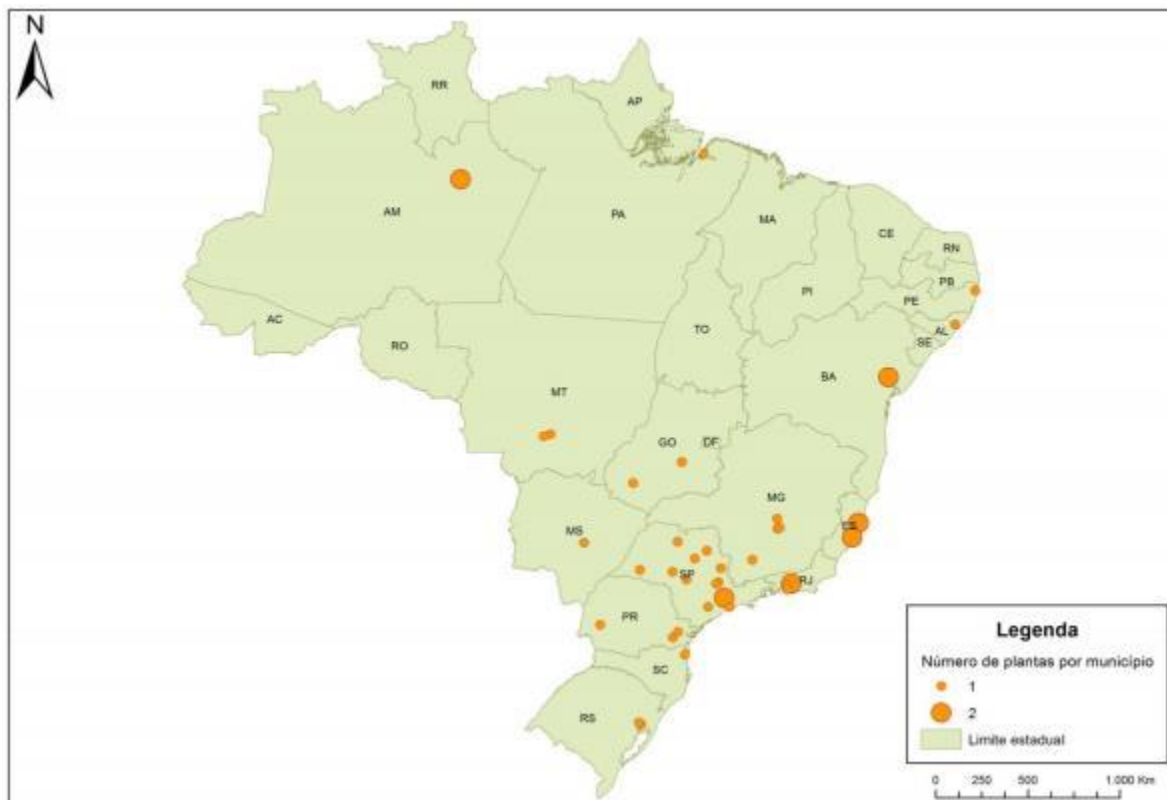


Figura 7 - Bases de coleta de óleo lubrificante usado no Brasil de acordo com o Boletim de Lubrificantes da SDL [6]

Para os municípios que não contam com um serviço regular de coleta, os responsáveis devem armazenar o resíduo seguindo as boas práticas e orientações do fornecedor, aguardando um próximo contato ou buscando comunicação com um coletor autorizado quando tiver um volume razoável reservado.

A gestão adequada é devida e o estudo não busca se opor a qualquer regularização vigente, no entanto, a questão da análise de recursos de reciclagem embasados em técnicas de tratamentos pertinentes pode ser oportuna para a situação.

3.3 - TÉCNICAS DE RECICLAGEM

Como citado nos processos de recuperação, a reciclagem pode ser um tratamento desenvolvido pela instituição buscando uma finalidade para a faixa de óleo em questão. Acrescentando ao estudo, a análise de técnicas físicas que são mais

pertinentes a uma aplicação prática, pode solucionar uma demanda que vem a ser interessante para as indústrias.

Abaixo segue os dois processos pesquisados que podem ser desenvolvidos pelas partes interessadas de acordo com suas instalações e dependências, como uma maneira de atestar uma proposta de reutilização e gestão de tal produto nobre.

3.3.1 - Sedimentação

A técnica de sedimentação é um processo que se apoia na separação das impurezas pela ação da gravidade sobre o líquido em repouso dentro de um tanque de fundo cuneiforme, onde com o passar de um tempo e podendo se utilizar de métodos que aceleram o processo, se consegue remover as impurezas sólidas que venham a prejudicar o destino do produto analisado.

Com a utilização de um tanque de material resistente e inoxidável, em um formato e volume que atende a demanda das cargas de óleos lubrificantes retiradas dos tornos, é possível empregar a sedimentação seguida da decantação após houver o depósito de boa parte das impurezas no fundo do tanque, obtendo a separação da faixa de óleo admissível para reutilização na proteção das partes externas das máquinas operatrizes.

A Figura 8 representa uma instalação de um tanque de decantação que pode ser projetado pela instituição visando a aplicação do método, de maneira a aproveitar parte da faixa de óleo lubrificante usado e que venha a ser aplicável na cobertura dos equipamentos industriais.

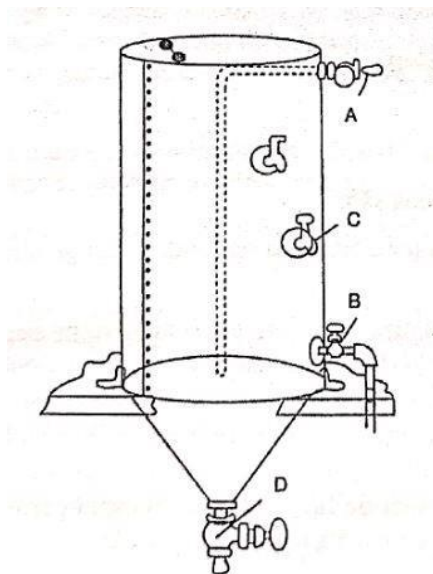


Figura 8 - Modelo de tanque de decantação com tubulação interna: (A) Tubulação de interna, (B) Saída do óleo limpo, (C) Saída de prova e (D) Saída de impurezas [9]

O acréscimo da tubulação na parte interna onde permite atribuir água ou vapor com temperaturas variando entre 70 a 80 °C pode favorecer o deslocamento das impurezas mais leves para o fundo do tanque, somando as mais pesadas e tornando menor o período de sedimentação. Vale ressaltar que não é favorável manter o aquecimento do fluido na tubulação durante um período longo, pois pode gerar correntes de agitação no óleo que dificultariam a sedimentação.

Esta técnica vai depender dos fatores de contaminação no lubrificante e é compreensivo que as impurezas que possuem a mesma densidade do óleo não serão removidas. A questão é que por se tratar de um produto que não fica exposto a condições extremas de operação, contaminação e gradientes de temperatura, favorece sua reciclagem e reaproveitamento em outras atribuições que não são permanentes.

3.3.2 - Filtração

O processo físico de filtração pode ser pertinente visando garantir reter qualquer partícula sólida do óleo lubrificante usado, de maneira a não conter materiais indesejados que podem acabar causando danos nas superfícies das máquinas ferramentas. Este método consiste em submeter o fluido a atravessar materiais que são arranjados de modo a impedir a passagem de impurezas, contendo as mesmas.

Muitos equipamentos já contêm telas nas vias de adição de óleo com o intuito de proteger a entrada de partículas grossas que venham a causar danos internamente no sistema mecânico de lubrificação, impedindo também o operador por qualquer descuido ou acidente comprometer o mecanismo. O estabelecimento destas telas não é diferente nos tornos, que possuem malhas de tamanho adequado nas vias de entradas de óleo para o propósito de obstrução. A questão é que durante a operação o óleo lubrificante fica exposto ao contato com elementos de transmissão que podem desprender pequenas partículas metálicas do desgaste do trabalho, partículas estas que não são interessantes para a aplicação posterior do produto.

Filtros resistentes com fibras sintéticas, de vidro e naturais podem ser utilizados nestas aplicações, conseguindo reter impurezas mensuráveis em 50 a 60 microns (10^{-6} m), impedindo a passagem de matérias na casa centesimal do milímetro, sem haver a necessidade de retenções menores, visto que o óleo possui uma viscosidade média. O emprego de filtros com telas metálicas feitas de aço inox ou galvanizados também podem ser vantajosos, pelo fato de ser um material mais duradouro, que não apresenta problemas relacionados a oxidação, lavável e reutilizável, contribuindo assim com a redução de resíduos gerados no processo [9].

Aparelhos feitos com suporte de aço fundido ou liga de alumínio, que são mais leves e flexíveis, acrescidos de filtros com superfícies de arranjos verticais e horizontais de fibras ou telas de malhas micrometricamente adequados que permitem a passagem do óleo podem ser fabricadas para esta metodologia.

Esta ação pode ser empregada antes do processo de sedimentação, visando diminuir o período de decantação e a deposição de impurezas no fundo do tanque. Uma análise do óleo após a filtragem também pode ser válida para atestar a eficiência do recurso e a necessidade da sedimentação ou não, se fazendo apenas este procedimento no caso.

3.4 - MÉTODOS DE ANÁLISES

Processos de avaliação da qualidade dos óleos lubrificantes após as técnicas de reciclagem são importantes antes do emprego do produto nos equipamentos. Ensaio físicos para se medir a viscosidade, aderência e pureza do óleo usado e

recuperado, características importantes para a posterior aplicação e que precisão ser diagnosticadas, podem validar as reais condições do produto.

Assim como as técnicas de recuperação utilizadas precisão ser adaptáveis as dependências e instalações das indústrias, os métodos de análise também precisam ser práticos, mas que permitam uma avaliação precisa do estado do lubrificante.

A avaliação da aparência do óleo lubrificante reciclado em comparação com o comercializável, como coloração, homogeneização e presença de partículas através de observações claras e contra a luz, garantem a uniformidade do produto. Um teste de aderência do composto sobre uma superfície metálica suspensa avaliando se ocorre o gotejamento do lubrificante também é interessante, buscando avaliar sua adesividade nas superfícies dos elementos. E como teste primordial dos lubrificantes, a utilização de um viscosímetro para medir o tempo de escoamento através da passagem do óleo reciclado por um tubo capilar de vidro, fazendo-se uma análise comparativa com o produto comercializável, consegue reportar a eficácia do produto. Vale destacar que estes ensaios podem simular as condições de aplicação do lubrificante, mas apenas seu comportamento do serviço é capaz de validar a atribuição.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao atual cenário, onde não é possível o estudo presencial e segue o Ensino Remoto Emergencial até a presente data, foi impossibilitado qualquer análise mais aprofundada das técnicas de reciclagem em questão. No entanto, todos estes métodos e análises descritos na proposta metodológica estão presentes em bibliografias específicas do tema de lubrificantes, tendo os mesmos embasamento teórico.

Todo óleo lubrificante tem seu ciclo de vida e em certas condições que o mesmo é exposto se faz necessário a utilização de processos mais complexos, que seja preciso instalações e tecnologias disponíveis apenas em rerrefinarias ou usinas que fazem tratamentos com destinação energética. Contudo, no caso analisado em questão, onde o produto não é exposto a condições críticas de cargas e temperaturas, sem contato direto com contaminantes e sendo a proposta da sua aplicação na proteção dos elementos externos das máquinas ferramentas, destino a qual não é permanente, havendo consumo e substituição da carga de óleo, é apropriadamente devido a reutilização do produto visando reduzir os custos das empresas com demandas de lubrificantes, otimização da gestão, espaço físico e impactos ambientais.

Sobre a proporção de produto recuperado, temos a caixa de rosca com um volume de 1,3 litros acrescentando o avental com 0,5 litros, com seus períodos de trocas de cargas de 1200 horas trabalhadas ou 6 meses, e 400 horas trabalhadas ou 2 meses respectivamente, conseguindo o reaproveitamento de mais de 2,5 litros por semestre em cada máquina, quantidade considerável para a posterior aplicação de proteção e armazenamento do produto.

Outro ponto relevante é a utilização em outras máquinas operatrizes e instalações metais-mecânicas presentes nas oficinas, como furadeiras, fresadoras e mesas de apoio, equipamentos e aparelhos que após a limpeza com a retirada dos cavacos, passagem de pincel e estopa, se faz necessário a ação de uma camada de óleo para proteger os elementos contra a possível oxidação. As imagens abaixo mostram os elementos externos dos equipamentos aos quais poderiam usufruir desta carga de óleo reciclada, sem interferir no gasto econômico da instituição com mais óleos lubrificantes industriais de proteção.



Figura 9 - Elementos externos do torno mecânico do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora



Figura 10 - Fresadora Universal do Laboratório de Usinagem do Centro de Formação Profissional José Fagundes Netto em Juiz de Fora

Como se pode observar nas Figuras 9 e 10, muitos componentes ficam expostos a ação de oxidação, sendo necessária a aplicação de uma fina camada do óleo de cobertura nos mesmos.

Vale ressaltar que as técnicas de reciclagem abordadas não vão interferir na composição e características do produto, mantendo um óleo para sistemas deslizantes e de proteção. Estes processos utilizam de métodos físicos que aproveitam da diferença entre as propriedades físicas do óleo lubrificante usado para

haver a separação dos constituintes desejados, sem modificar as características físicas e químicas do composto.

A qualidade do óleo lubrificante industrial se dá no requisito de desempenho, que só pode ser comprovada após aplicação e avaliação do seu comportamento na execução do serviço. Por se tratar de um produto já utilizado neste propósito, fica em análise a eficiência das técnicas de reciclagem por sedimentação e filtração, controlando a uniformidade do óleo e mantendo sua composição e características que estão diretamente ligadas ao desempenho. Convém mencionar que os ensaios de laboratório conseguem avaliar as condições de aplicação, mas somente a realização da prática demonstra a performance.

5 - CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho descreve como o produto analisado se baseia em um composto nobre que compartilhou de muitos estudos e processos para contar com as propriedades que dispõe. Propriedades estas que detém de grande importância nos sistemas mecânicos e permitem a realização de trabalhos com eficiência, proporcionando às máquinas maior tempo de vida e contribuindo para seu melhor desempenho.

O fato do petróleo brasileiro não ser o mais apropriado para a obtenção do óleo básico, destaca a importância de uma gestão adequada no sistema de coleta e recuperação do produto, evitando perdas, contaminação e obtendo ganho econômico, por se tratar de um composto regenerável.

Os órgãos reguladores definem a responsabilidade ambiental e econômica da gestão do óleo lubrificante sobre os produtores e importadores. Contudo, este comprometimento foi reforçado em 2010 pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e logística reversa a todas as partes envolvidas na geração deste resíduo, adotando um sistema único para reciclagem, sendo ele o rerrefino.

No que se refere à estrutura da gestão e logística, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis fornece uma disposição de coleta que visa melhorar o desempenho na destinação do óleo lubrificante usado. Mas o caso de o sistema de coleta não ser tão presente em determinadas regiões, onde algumas instituições precisam aguardar a demanda do fornecedor para haver a recolha, abre a possibilidade de analisar aplicações pertinentes do produto.

A Universidade é um grande centro gerador de conhecimento e pesquisa em soluções, inovando e contribuindo para a comunidade. Buscando atender as necessidades do mercado de lubrificantes e as indústrias que se localizam em áreas distantes de grandes centros de coletas ou rerrefino, foi proposto processos físicos de reciclagem que podem se encaixar na gestão das cargas de óleo lubrificante usado, aos quais qualquer empresa pode praticar enquanto aguarda a coleta devida ou contato com o fornecedor. Esta ação pretende diminuir uma parcela da disposição das áreas com a ocupação de recipientes do produto usado, otimizar a logística da empresa com o material e usufruir dos benefícios da reciclagem em relação aos custos com demandas de lubrificantes.

A aplicação do óleo lubrificante industrial reciclado, sendo ela superficial nos elementos externos, pode ser atrativa para as partes interessadas, que podem usar deste produto em ações mais simples de proteção das superfícies dos elementos contra futuras oxidações, prezando pela preservação do equipamento.

Quanto a futuros estudos, propõe-se a análise da eficiência dos processos físicos de reciclagem com a qualidade do lubrificante após sofrer estas ações. Acrescentando o propósito, uma análise comparativa da aplicação nos elementos externos entre o produto comerciável e o reciclado como uma forma de avaliar a performance do conjunto é conveniente, visto que o desempenho de um lubrificante só é comprovado após o estudo do seu comportamento no serviço.

REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: Relação de agentes autorizados, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/lubrificantes/relacao-de-agentes-autorizados>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- [2] A LUBRIFICAÇÃO desde o Antigo Egito. In: “A Lubrificação desde o Antigo Egito”. Rio do Sul: Duas e Quatro Rodas, 2016. Disponível em: <https://www.2e4rodas.com/a-lubrificacao-desde-o-antigo-egito/>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- [3] AMONTONS, G. “*La resistance causée dans les machines.*” [S.l.]: French Royal Academy of Sciences, 1699.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR1004: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- [5] BHUSHAN, B. “*Introduction to tribology*”. New York: John Wiley & son, Inc, 2002.
- [6] BOLETIM de Lubrificantes: Superintendência de Distribuição de Logística. Boletins ANP, 2019. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 14 dez. 2020.
- [7] BRASIL. Lei nº 12.305. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em mai. 2020.
- [8] CARRETEIRO, R., BELMIRO, P. “*Lubrificantes & Lubrificação Industrial.*” Interciência. Rio de Janeiro, Interciência 2006.
- [9] CARRETEIRO, Ronald P.; MOURA, Carlos S. R. “*Lubrificantes e Lubrificação.*” 1. ed. São Paulo: Milton Mira de Assumpção Filho, 1998. 495 p.

- [10] CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 362/2005. Regulamentação da Coleta, Transporte, Armazenamento e Destinação Adequada dos óleos lubrificantes usados e contaminados, 2005. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res36205.xml>. Acesso em jun. 2020.
- [11] COULOMB, C. “*Théorie des machines simples.*” [S.l.]: Memoires de Mathematiques et de Physique de la Academie des Sciences, 1785.
- [12] Deutsches Institut für Normung DIN 51502: Designation of lubricants and marking of lubricant containers, equipment and lubricating points. DEUTSCHE NORM, 1990.
- [13] EFEITOS Rotacionais no Atrito Não Linear de um Dímero Deslizando sobre um Substrato Periódico Unidimensional. *In: Efeitos Rotacionais no Atrito Não Linear de um Dímero Deslizando sobre um Substrato Periódico Unidimensional.* 2011. Tese (Doutorado) - UFRGS, Porto Alegre, 2011.
- [14] Erhan, S.Z.; Sharma, B. K.; Liu, Z.; Adhvaryu, A. “*Lubricant Base Stock Potential of Chemically Modified Vegetal Oils.*” *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 8919-8925.
- [15] KRIM, J. *Surface science and atomic-scale origins of friction: what once old is new again.* *Surface Science*, Amsterdam, v. 500, n. 3, p. 741–758, Dec. 2002.
- [16] LUBRIFICAÇÃO Industrial: Dos Conceitos às Aplicações em Diferentes Indústrias. *In: OLIVEIRA, Rafael Tavares; TYNDALL, José. “Lubrificação Industrial: Dos Conceitos às Aplicações em Diferentes Indústrias.”* Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://inovacaoindustrial.com.br/material-gratuito/ebook-lubrificacao-industrial-dos-conceitos-as-aplicacoes-em-diferentes-industrias/>. Acesso em: 12 dez. 2019.

- [17] Moretto, E.; Alves, R. F.; “*Óleos e Gorduras Vegetais: processamento e análises*”, Editora UFSC, Florianópolis, 1986.
- [18] ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL. *In: ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL*. Orientador: Alessandra Magrini. 2013. Tese (Doutorado) - UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.
- [19] PERSSON, B. N. J. “*Sliding friction. Physical principles and applications.*” Berlin: Springer-Verlag, 1998.
- [20] PROCESSO Fischer-Tropsch. *In: Processo Fischer-Tropsch*, 2018. Disponível em: <https://www.hisour.com/pt/fischer-tropsch-process-41110/>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- [21] SOHN, Hassan. “*Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados*” - Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte - APROMAC, 2007.
- [22] STOETERAU, R. L.; Leal, L. C. “*Apostila de Tribologia. Departamento de Engenharia Mecânica*” - Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.
- [23] YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo. “*Física: Sears & Zemansky.*” 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 4 v. ISBN 9788543005683 (v.1).