



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO DE ÓLEOS
LUBRIFICANTES E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA-AMBIENTAL
EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

EMERSON DE JESUS DA SILVA BRAGA

**Tucuruí – PA
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B813e Braga, Emerson de Jesus da Silva
Estudo e análise do processo de regeneração de óleos
lubrificantes e sua viabilidade econômica-ambiental em uma
empresa de mineração / Emerson de Jesus da Silva Braga. — 2019.
50 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Me. Maciel da Costa Furtado
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de
Engenharia Mecânica, Campus Universitário de Tucuruí,
Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2019.

1. Práticas sustentáveis . 2. Regeneração . 3. Tratamento de
óleo . 4. Viabilidade econômica . 5. Viabilidade ambiental. I.
Título.

CDD 620



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO DE ÓLEOS
LUBRIFICANTES E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA-AMBIENTAL
EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

EMERSON DE JESUS DA SILVA BRAGA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador:
Profº Me. Maciel da Costa Furtado

**Tucuruí – PA
2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO DE ÓLEOS
LUBRIFICANTES E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA-AMBIENTAL
EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

EMERSON DE JESUS DA SILVA BRAGA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica do Campus de
Tucuruí, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Maciel da Costa Furtado

Orientador: Profº Me. Maciel da Costa Furtado
FEM/CAMTUC/UFPA

Walter dos Santos Sousa

Membro Interno: Profº Me. Walter dos Santos Sousa
FEM/CAMTUC/UFPA

Victor Henrique Oliveira Viana

Membro Externo: Eng. Mecânico Victor Henrique Oliveira Viana
CARAJÁS/VALE

Conceito Excelente

Tucuruí, 14 de Dezembro de 2019.

“Se você pode sonhar, você pode fazer”.

(Walt Disney)

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pelo dom da vida, pela saúde e forças para atingir meus objetivos.

A minha família que sempre me incentivou e torceu junto para realização dos meus sonhos, especialmente os meus pais José Emerson e Edilene Serrão e ao meu irmão Vinicius Serrão pelo apoio incondicional e amor durante todos esses anos. Sou eternamente grato a todos vocês, pois foram a minha base para me manter na linha nos momentos mais difíceis.

A minhas avós, Maria Zolima e Socorro Cordeiro, pelo amor e carinho de sempre. São exemplos de mulheres batalhadoras e guerreiras.

Aos meus tios e tias, Jederson Braga, Suzilene Braga, Jakeline Braga, Neto Braga, Leide Braga, Jesus Padilha, Pilar Carneiro e Edinilza Serrão.

A minha amiga, parceira e namorada Shirlene Rodrigues que sempre esteve ao meu lado aturando minhas chatices, ouvindo, aconselhando e apoiando em todos os momentos.

Aos meus amigos, principalmente João Henrique, Lucas Batista, Índio e Dalva que sempre se preocuparam e me apoiaram nos estudos.

Aos meus professores desde o fundamental até o ensino superior, graças a vocês tive o suporte necessário para minha formação profissional e como pessoa. Um abraço especial aos professores Bruno Wallacy e Socorro Nabiça, na qual sou eternamente grato e tenho enorme admiração.

A UFPA/CAMTUC, pela oportunidade de fazer o curso com uma boa estrutura e um time de funcionários ótimos.

Ao professor Maciel Furtado, pela orientação, apoio e confiança. Um exemplo de profissional e boa conduta.

Ao professor Walter Sousa e Victor Viana por aceitarem o convite de participar da banca de defesa deste presente trabalho.

A família Esquadro, na qual sou muito grato por ter feito parte dessa empresa. Aprendi muitas coisas com vocês, principalmente o verdadeiro significado das palavras união e empatia.

Aos meus amigos e colegas da faculdade, na qual compartilhamos vários momentos e aprendizagens durante esses cinco anos de estudo que levarei comigo para sempre.

Quero deixar meus sinceros agradecimentos a todos que de alguma maneira, seja diretamente ou indiretamente, me ajudaram durante essa caminhada.

ESTUDO E ANÁLISE DO PROCESSO DE REGENERAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA-AMBIENTAL EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO

RESUMO

Com a crescente preocupação relacionada aos danos ambientais causados por resíduos, como óleo lubrificante usado ou descartado, as empresas vêm cada vez mais desenvolvendo práticas sustentáveis dentro de suas instalações. Dessa maneira, esse trabalho tem como objetivo estudar o processo de regeneração e avaliar a sua viabilidade econômica e ambiental em uma mineradora do sudeste do Pará. Através das entrevistas e visitas técnicas foi possível compreender de maneira detalhada toda a logística do processo de tratamento do óleo. Além disso, por meio de estudos e análises foi possível identificar que o óleo regenerado não está oferecendo a viabilidade econômica desejada, uma vez que se detectou uma falha em uma das etapas da logística de tratamento de óleo. A partir disso, foram apontados as causas e soluções para extinguir tal problemática. Apesar disso, o processamento de óleo regenerado gera uma boa viabilidade ambiental para mineradora, uma vez que constrói a imagem de empresa sustentável e auxilia na valorização de seu valor no mercado e na sua relação com sociedade e clientes.

Palavras chaves: *Práticas sustentáveis, Regeneração, Tratamento de óleo, Viabilidade econômica, Viabilidade ambiental.*

STUDY AND ANALYSIS OF THE LUBRICANT OIL REGENERATION PROCESS AND ITS ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL VIABILITY IN A MINING COMPANY

ABSTRACT

The growing concern over environmental damage solid waste such as used or discarded lubricating oil are imposing companies to increasingly developing sustainable practices within its facilities. Thus, this work aims to study the regeneration process and evaluate its economic and environmental viability in a mining company in southeastern Pará. Through interviews and technical visits it was possible to understand in detail all the logistics of the oil treatment process. Besides that, through studies and analysis it was possible to identify that the regenerated oil is not offering the desired economic viability, since a failure was detected in one of the stages of oil treatment logistics. From that, the causes and solutions were pointed out to extinguish such problem. Nevertheless, the processing of regenerated oil generates good environmental viability for the mining company, since it builds the image of a sustainable company and helps to value its market value and its relationship with society and customers.

Keywords: *Sustainable Practices, Regeneration, Oil Treatment, Economic Viability, Environmental Viability.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Classificação SAE dos óleos lubrificantes.	20
Figura 2. Segmentos da PNRS.	23
Figura 3. Caminhões de coleta e seus painéis de sinalização.	26
Figura 4. Certificado de coleta de óleo usado.	26
Figura 5. Processos de tratamentos dos óleos usados.	27
Figura 6. Fluxo do processo de regeneração do óleo lubrificante.	28
Figura 7. Fluxo da trajetória percorrida pelo óleo lubrificante.	29
Figura 8. Bombona de 1000 litros.	29
Figura 9. Processo de reutilização do óleo lubrificante.	32
Figura 10. Processo de regeneração.	32
Figura 11. Centrifuga.	33
Figura 12. Etapa de remoção de água e particulados: a) Termovácuo e b) Desarenador.	33
Figura 13. Filtros nominais.	34
Figura 14. Aditivos e óleo lubrificante básico.	35
Figura 15. Filtros absolutos.	35
Figura 16. Caminhão basculante Scania.	36
Figura 17. Estabelecimento de tratamento do óleo lubrificante.	36
Figura 18. Área de manutenção da mineradora.	37
Figura 19. Entrevista com o funcionário da empresa da oficina de manutenção.	37
Figura 20. Laboratório de pesquisa.	38
Figura 21. Tratativas no OLUC gerado.	40
Figura 22. Armazenamento do OLUC na área de manutenção.	41
Figura 23. Quantidade e tipos de óleos regenerados.	42
Figura 24. Quantidade de óleo lubrificante consumido VS Regenerado.	43
Figura 25. Economia na compra do óleo SAE 30W.	44
Figura 26. Economia na compra do óleo SAE 10W.	45
Figura 27. Economia na compra do óleo SAE 60W/ISO 68.	45
Figura 28. Economia total na compra do óleo lubrificante.	46
Figura 29. Simulação do custo do óleo lubrificante.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos de óleos e suas características.....	176
Tabela 2. Comparação entre características de óleos básicos parafínicos e naftênicos	21
Tabela 3. Funções dos aditivos.....	21
Tabela 4. Tipos de contaminação	22
Tabela 5. Base normativa atual do sistema de gestão de OLUC	24
Tabela 6. Faixa admissível das propriedades dos óleos regenerados	30
Tabela 7. Resultados dos testes laboratoriais realizados no lote 5263 do óleo SAE 30W	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

API – Instituto Americano de Petróleo

APROMAC – Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte

Art. – Artigo

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CMD – Centro de Materiais Descartados

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ISO – *International Standards Organization*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

OLUC – Óleo lubrificante usado ou contaminado

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PPM – Partes por milhão

SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos

SINDIRREFINO – Sindicato Nacional da Indústria do Refino de Óleos Minerais

SLR – Sistema de Logística Reversa

TBN – índice de basicidade total

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Por cento

> – Maior que

< – Menor que

$\geq$ – Maior e igual à

°C – Grau centígrado

μm – Micrometro

Ca – Cálcio

cst – Centistokes

H₂O – Fórmula química da água

h – Horas

m² – Metros quadrados

mgKOH/g – Miligrama de hidróxido de potássio por grama de óleo

mmHg – Milímetros de Mercúrio

nº – Número

P – Fósforo

ton – Toneladas

US\$ - Euros

XX – Número ordinal vinte

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 GESTÃO AMBIENTAL	16
2.2 ÓLEO LUBRIFICANTE.....	16
2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES	18
2.4 CLASSIFICAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE	19
2.5 ADITIVOS	21
2.6 ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO	22
2.7 BASE NORMATIVA	24
2.8 COLETA DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO	25
2.9 TRATAMENTO DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO	26
2.9.1 Processo de regeneração	27
3 ETAPAS PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DO ÓLEO LUBRIFICANTE .	29
3.1 PROCESSO DE REGENERAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE	32
4 METODOLOGIA.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
6.1 CONCLUSÕES.....	48
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental tornou-se um tema amplamente debatido em todos os países e meios de comunicação. Tal preocupação está associada a degradação do meio ambiente que a cada ano vem crescendo no mundo. Dentre as principais fontes de contaminação do meio ambiente têm-se as ocasionadas pelos óleos lubrificantes. Essa grande fonte de contaminação atinge principalmente mares e rios, afetando todo um ecossistema e causando a morte da fauna e flora aquática.

De acordo com o jornal O Globo (2019), do dia 21 de outubro de 2019 constatou-se no litoral nordestino manchas de óleo que se espalharam e atingiram 5 (cinco) estados brasileiros e mais 250 (duzentas e cinquenta) praias nordestinas trazendo uma série de danos ao meio ambiente, à sociedade e ao ecossistema aquático. O principal suspeito desse derramamento de óleo é uma empresa grega que transportava óleo da Venezuela através do navio Boubolina.

Relatos de casos de danos ambientais e sociais associados a óleos lubrificantes ainda são frequentes em todo o mundo, entretanto medidas estão sendo tomadas para reverter essa situação. A base normativa a respeito do tratamento e destinação de resíduos se estruturou ao longo dos anos, como por exemplo com a criação da Lei 12.305/2010 que implementou a PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) que combate o manejo inadequado de resíduos sólidos.

A Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 362/2005, estabelece que todo resíduo de óleo lubrificante gerado deve ser armazenado e encaminhado ao rerrefinador para que seja devidamente tratado. No entanto, existem outras formas de tratamento desse óleo e uma delas é o processo de regeneração.

O resíduo gerado como consequência do desgaste dos óleos lubrificantes de máquinas e equipamentos representam hoje uma oportunidade de economia. O processo de regeneração visa que os óleos lubrificantes contaminados ou usados sejam tratados para uma futura reaplicação. Além do mais, os óleos lubrificantes são recursos caros, não renováveis e essenciais para o desenvolvimento econômico e industrial. Portanto, do ponto de vista econômico, é relevante e estratégico para a política nacional de manejo de derivados do petróleo garantir que os óleos lubrificantes descartados (contaminado) sejam devidamente coletado para que suas propriedades sejam recuperadas (NYCZ, 2008).

Dessa maneira, neste trabalho será realizado um estudo a respeito do processo de regeneração de óleos lubrificante praticado em uma empresa mineradora do estado do Pará e uma análise sobre sua viabilidade do ponto de vista econômico e ambiental durante o período de janeiro a outubro de 2019.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar e analisar o processo de regeneração de óleos lubrificantes e a sua viabilidade econômica e ambiental.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analisar as tratativas realizadas nos resíduos de óleos lubrificantes.
- Avaliar os fatores que impactam e influenciam no processo de regeneração de óleos lubrificante;
- Fazer uma análise comparativa entre o óleo regenerado e óleo consumido;
- Descrever o processo de regeneração dos óleos lubrificantes a ser proposto.

Portanto, o presente trabalho está dividido em sete capítulos, a saber:

O primeiro capítulo é a introdução, onde realiza uma apresentação a respeito do assunto abordado e os objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica que fundamentam o assunto tratado. O terceiro capítulo descreve a maneira como o óleo lubrificante gerado na mineradora é processado. O quarto capítulo é apresentado à metodologia do trabalho onde é descrito as etapas para realização da análise e estudo da temática em questão. O quinto capítulo são apresentados os resultados e discussões. O sexto capítulo é a conclusão do trabalho e no sétimo capítulo são abordadas as referências bibliográficas que serviram como base para a realização deste presente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO AMBIENTAL

No século XX até meados da década de 70, os impactos ambientais gerados pelas atividades econômicas das grandes empresas eram negligenciados. As atividades voltadas para a diminuição desses impactos eram vistas apenas como gastos adicionais que impactaria diretamente nos lucros das empresas e por isso poucas vezes eram realizadas (CASTRO,2011).

No entanto, a Conferência de Estocolmo em 1972 alertou o mundo para os sérios impactos ambientais que as atividades industriais vigentes ocasionariam se algumas medidas não fossem tomadas. A partir disso, a preocupação das indústrias com as questões de sustentabilidade cresceu cada vez mais. Até os dias atuais, as grandes organizações buscam gradativamente conciliar o crescimento econômico com práticas sustentáveis (ADISSI e CAMARGO, 2013).

Diante disso, o Brasil nos últimos anos vem tomando algumas medidas com objetivo de minimizar os impactos ambientais e garantir o desenvolvimento econômico e sustentável. Essas medidas correspondem a criação de leis mais rígidas e mais fiscalizações. No entanto, ainda é frequente registros de danos ambientais associados às atividades econômicas dos processos produtivos. Na busca pela redução desses impactos, empresas de grande e médio porte têm apostado cada vez mais em departamentos especializados em gestão ambiental, como um instrumento que auxilia nas tomadas de decisões para a realização de práticas sustentáveis (JÚNIOR et al, 2005).

Segundo Castro (2011), o estabelecimento de meios para prevenir os impactos ambientais relacionados às atividades de produção de bens e serviços que seguem as regulamentações vigentes é uma das maneiras mais seguras e competitivas para implantar a gestão ambiental. Por isso, a importância das empresas que utilizam uma grande quantidade de máquinas e equipamentos mecânicos aplicarem uma gestão ambiental em seus processos, pois esses maquinários geram um volume considerável de resíduos, tais como óleo lubrificante usado ou contaminado, que precisam de uma destinação adequada.

2.2 ÓLEO LUBRIFICANTE

Os óleos lubrificantes são substâncias líquidas com determinado valor de viscosidade que são usadas em máquinas e equipamentos para reduzir o desgaste e a temperatura provocados pelo atrito das partes móveis do sistema. Além do mais, os óleos lubrificantes possuem as funções de vedar, isolar, transmitir força mecânica e proteger os componentes mecânicos. Entretanto, apesar das suas inúmeras aplicações e diversidades, todos os óleos

lubrificantes são derivados de um óleo lubrificante básico (CAMARGO, 2003). A Tabela 1 apresenta os principais tipos de óleos básicos usados na indústria.

Tabela 1. Tipos de óleos e suas características

Tipos de óleo	Descrição
Óleo lubrificante básico	Os óleos básicos são utilizados como matéria prima principal para a fabricação de óleos lubrificantes acabados. Eles podem ser de origem mineral ou sintética.
Óleo lubrificante acabado	Proveniente do óleo lubrificante básico, ao qual para tornar-se acabado é acrescido um pacote de aditivos dependendo do processo de cada empresa produtora.
Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC)	Corresponde ao óleo lubrificante acabado após o seu uso.

Fonte: Adaptado de Falcão (2012).

Segundo Falcão (2012), cerca de 80% a 90% da composição do produto final dos óleos lubrificantes é formado por óleo lubrificante básico, o remanescente corresponde a utilização de aditivos. Conforme a Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte - APROMAC (2017), os óleos lubrificantes básicos podem ser de dois tipos: o sintético e o mineral. O óleo mineral é adquirido a partir do refino do petróleo e o sintético é produzido em laboratórios através de reações químicas.

Segundo Falcão (2012), no Brasil cerca de 70% do óleo lubrificante acabado é destinado para a indústria automobilística e 30% são distribuídos pelas demais áreas incluindo o setor da mineração. Todos esses óleos lubrificantes necessitam ser registrados e devem atender as especificações técnicas de segurança e qualidade estabelecidos pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis).

A Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) – 362/2005 estabelece que:

Art. 1º, parágrafo 5º: Reciclagem de óleo lubrificante usado ou contaminado: consiste no seu uso ou regeneração. A reciclagem via uso envolve a utilização do mesmo como substituto de um produto comercial ou utilização como matéria-prima em outro processo industrial. A reciclagem via regeneração envolve o processamento de frações utilizáveis e valiosas contidas no óleo lubrificante usado e a remoção dos contaminantes presentes, de forma a permitir que seja reutilizado como matéria-prima. Para fins desta Resolução, não se entende a combustão ou incineração como reciclagem.

Art. 2º, parágrafo único: Todo o óleo lubrificante usado ou contaminado será, obrigatoriamente, recolhido e terá uma destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o meio ambiente.

Várias indústrias no mundo consomem bastantes óleos lubrificantes e consequentemente, geram um grande volume de resíduos. Os tipos mais comuns de resíduos provocados pela utilização de óleos lubrificantes são: resíduos oleosos, óleos lubrificantes usados ou contaminados e emulsões (CAMARGO, 2003).

Segundo Júnior (2005), em função dessa elevada geração de OLUC que surgiu essa necessidade de criar medidas para minimizar os danos causados pelos resíduos de óleo lubrificante. O rerrefino, a regeneração e a reutilização, são exemplos de alguns métodos aplicados no Brasil. O objetivo desses métodos é restabelecer uma aplicabilidade para esses resíduos de óleo lubrificante através de processos físicos e químicos. Essas práticas trazem benefícios para o meio ambiente e também minimizam os custos de aquisição de óleo lubrificante, visto que o mercado de reciclagem de óleo é mais rentável que a compra de um óleo novo.

2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

De acordo com ANP (2017), para atender as especificações do fabricante do equipamento, os óleos lubrificantes devem possuir uma determinada combinação de propriedades físicas e químicas. Segundo Guimarães (2006), as principais características físico-químicas dos lubrificantes, são:

- **Viscosidade:** indica a resistência do fluido ao escoamento. Quanto maior for a viscosidade do lubrificante, maior é a restrição ao escoamento. Possui uma grande importância em diversos segmentos industriais, uma vez que essa propriedade influencia diretamente em todos os aspectos do processo de lubrificação.
- **Índice de viscosidade:** representa a variação da viscosidade do lubrificante em função da mudança de temperatura. Quanto maior for esse índice, menor é a variação da viscosidade. Na maioria dos casos, deseja-se que o óleo lubrificante mantenha sua viscosidade em uma ampla faixa de temperatura para que estenda a sua área de aplicação.
- **Ponto de fulgor:** também conhecida como ponto de inflamação, é a menor temperatura capaz de vaporizar o lubrificante em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar através do contato com uma fonte externa de calor.
- **Ponto de fluidez:** representa a menor temperatura que um óleo consegue fluir. É uma propriedade bastante importante para óleos lubrificantes aplicados em condições de baixas temperaturas.

- **Resíduo de carbono:** representa a tendência do óleo lubrificante em formar resíduos de carbono quando submetidos a elevadas temperaturas. O ideal é que o teor de resíduos de carbono seja inferior à 2%.
- **Corrosividade ao cobre:** indica o grau de corrosividade do óleo lubrificante. O procedimento consiste em inserir uma lâmina de cobre polida em uma amostra de óleo a 100°C durante o período de 3h. No final do procedimento, conforme a coloração da lâmina, é determinado um número acompanhado de uma letra. A norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) fornece uma tabela com as especificações do grau de corrosividade em função da coloração da lâmina de cobre.
- **Cor:** conforme a coloração do óleo é possível identificar indícios de contaminação ou oxidação. Quanto mais escuro for a coloração do óleo, maiores são as chances desse óleo estar contaminado.
- **TBN:** também conhecido como índice de basicidade total ou número básico é um parâmetro essencial para avaliar a eficiência do óleo lubrificante em neutralizar substâncias ácidas que se formam durante a sua utilização. Segundo a ASTM D 974, o valor atribuído ao TBN indica a quantidade de ácido em mgKOH/g (miligrama de hidróxido de potássio por grama de óleo) necessário para neutralizar toda a composição de alcalinos presente no óleo lubrificante.
- **Estabilidade a oxidação:** indica a resistência do óleo ao processo de oxidação quando submetido ao longo tempo de armazenamento.
- **Emulsão:** é a mistura de dois líquidos imiscíveis. Neste caso água e óleo, também conhecido como óleo emulsionado.
- **Perda por Evaporação:** também chamado de *Noack*, mensura a quantidade de hidrocarbonetos perdidos quando o óleo é submetido a temperatura de 250°C e a pressão de 1,5 mmHg (milímetros de mercúrio) durante 1h. O ideal é que a perda por evaporação seja inferior a 5%.

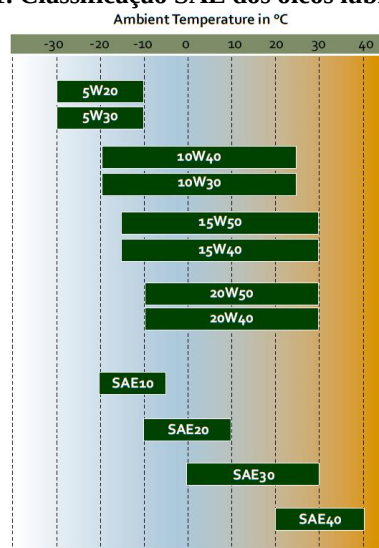
2.4 CLASSIFICAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE

Segundo APROMAC (2017), devido às inúmeras propriedades dos óleos lubrificantes surgiu a necessidade de estabelecer uma padronização a fim de permitir que diferentes empresas forneçam o mesmo tipo de produto e facilitar a comparação entre dois produtos. Entre as várias classificações existentes, há três sistemas bastante utilizados:

- **Classificação SAE:** desenvolvida pela Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos (*Society of Automotive Engineers*). Neste sistema os óleos lubrificantes

são classificados em função da sua viscosidade através de um número. Quanto maior for esse número, maior é a viscosidade do lubrificante. Além disso, os lubrificantes são divididos em três categorias: altas temperaturas (verão), baixas temperaturas (inverno) e multiviscoso (ano todo). Para viscosidade em baixas temperaturas, os lubrificantes são classificados através dos indicadores que variam entre 0W à 25W. Os indicadores de 20 a 60 estão associados a viscosidade em altas temperaturas e os indicadores com códigos duplos compatíveis com os anteriores, como 20W40 e 20W50, são para classificar lubrificantes multiviscosos, conforme ilustrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1. Classificação SAE dos óleos lubrificantes.



Fonte: APROMAC (2017).

- **Classificação API:** desenvolvida pelo Instituto Americano de Petróleo (*American Petroleum Institute*). Neste caso, os óleos lubrificantes são classificados através de duas letras com base na sua aplicação e desempenho. A primeira letra pode ser “C” (*Compression Ignition* ou *Commercial*) ou “S” (*Spark Ignition* ou *Service*) que identifica se o óleo está sendo aplicado em equipamento ciclo Diesel ou ciclo Otto, respectivamente. A segunda letra vem do alfabeto e quanto mais próxima estiver da letra “Z”, maior é o nível de desempenho do lubrificante.
- **Classificação ISO:** desenvolvida pela *International Standards Organization*, esse sistema de classificação baseia-se na viscosidade do óleo lubrificante na unidade de medida cst (centistokes) à temperatura de 40°C. Os números estão relacionados ao valor da viscosidade do óleo e podem variar entre 2 a 1500 cst com tolerância de 10%. Por exemplo, um óleo ISO 100 significa que possui uma viscosidade entre 90 e 110 cst à 40°C.

Além disso, existem os óleos lubrificantes básicos que podem ser classificados de acordo com a sua composição química em parafínicos e naftênicos. Na Tabela 2 abaixo é apresentado as principais características desses óleos básicos.

Tabela 2. Comparação entre características de óleos básicos parafínicos e naftênicos

Propriedades	Parafínicos	Naftênicos
Índice de viscosidade	Alto	Baixo
Ponto de fluidez	Alto	Baixo
Volatilidade	Baixa	Alta
Resistência a oxidação	Boa	Média
Carbono naftênico, % típico	20	40

Fonte: ANP (2017).

2.5 ADITIVOS

De acordo com o Grupo Lwart Lubrificantes, uma multinacional que atua na produção de óleos básicos de forma sustentável, os aditivos são substâncias aplicadas nos óleos lubrificantes básicos com objetivo de melhorar e atribuir determinadas propriedades conforme a sua aplicação. A Tabela 3 apresenta os principais tipos de aditivos utilizados no óleo lubrificante básico a fim de produzir um óleo lubrificante acabado.

Tabela 3. Funções dos aditivos

Tipo de aditivo	Função	Substância Usadas
Antioxidantes	Retardar a oxidação dos óleos lubrificantes, que tendem a sofrer esse tipo de deterioração quando em contato com o ar, mesmo dentro do motor.	Ditiofosfatos, fenóis, aminas
Detergentes / Dispersantes	Impedir a formação de depósitos de produtos de combustão e oxidação, mantendo-os em suspensão no próprio óleo e permitindo que sejam retirados pelos filtros ou na troca do lubrificante.	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
Anticorrosivos	Neutralizar os ácidos que se formam durante a oxidação e que provocam a corrosão de superfícies metálicas.	Ditiofosfatos de zinco e bário, sulfonatos
Antiespumantes	Minimizar a formação de espumas que tendem a se formar devido a agitação dos óleos lubrificantes e prejudicam a eficiência do produto.	Silicones, polímeros sintéticos
Rebaixadores de ponto de fluidez	Impedir que os óleos “engrossem” ou congelem, mantendo sua fluidez sob baixas temperaturas.	_____

Melhoradores de índice de viscosidade	Reduzir a tendência de variação da viscosidade com a variação de temperatura.	_____
---------------------------------------	---	-------

Fonte: APROMAC (2017).

2.6 ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO

Com o passar do tempo, o óleo lubrificante perde alguns aspectos relevantes de suas propriedades iniciais devido contaminações e/ou processos de deterioração. Por esse motivo, o óleo deixa de atender as especificações requisitadas pelo fabricante e exige a sua substituição para garantir o bom funcionamento do equipamento. Esse óleo lubrificante substituído passa a ser um resíduo perigoso, chamado de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC). Entretanto, segundo o Grupo Lwart Lubrificantes, apesar de ser um resíduo perigoso, o OLUC ainda pode ser tratado através dos processos de regeneração e reutilização, por exemplo. Na Tabela 4 são apresentadas as diferentes formas de contaminação do óleo.

Tabela 4. Tipos de contaminação

Tipos de Contaminação	Origens Típicas	Problemas Eventuais
Partículas Metálicas	Desgaste de Motor	Abrasão contínua, fadiga, falha do lubrificante
Óxidos Metálicos	Desgaste de Motor e Corrosão	Abrasão, fadiga e corrosão
Areia e pó	Fuga de gases de combustão	Abrasão e fadiga
Fuligem	Fuga de gases de combustão	Degradação do lubrificante, depósito falha de viscosidade
Combustível	Fuga de gases de combustão	Degradação do lubrificante, depósito falha de viscosidade
Água	Fuga de gases de combustão	Corrosão e degradação do lubrificante
Ácidos	Fuga de gases de combustão e falhas do lubrificante	Corrosão e degradação do lubrificante

Fonte: Assis (2009).

No dia 2 de agosto de 2010, a Lei Federal nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com o objetivo de estabelecer diretrizes e ações relacionadas à gestão de resíduos sólidos. Essa política nacional representou uma ferramenta essencial para auxiliar no desenvolvimento social, econômico e ambiental do país. A Figura 2 a seguir apresenta os segmentos da PNRS.

Figura 2.Segmentos da PNRS.

Fonte: Adaptado de Adissi e Cardoso (2013).

Segundo Adissi e Cardoso (2013), os principais objetivos da PNRS são: a não geração, a redução e o tratamento de resíduos sólidos provenientes do uso doméstico, das atividades industriais e agropecuárias e entre outras. Além disso, essa política busca estabelecer a destinação correta desses resíduos sólidos e o aumento de sua reciclagem no país. A PNRS impõe que todas as empresas que geram resíduos sólidos devem possuir um plano de tratamento e destinação de seus resíduos sólidos.

De acordo com Adissi e Cardoso (2013), juntamente com a PNRS deve ser adotado o Sistema de Logística Reversa (SLR). O SLR estuda a viabilidade técnica e econômica e o potencial de impacto a saúde pública e ao meio ambiente. Dessa forma, no Art. 33º da Lei nº 12.305/2010, a PNRS definiu os seis tipos de resíduos sólidos voltados para a aplicação da logística reversa, tratamento e destinação correta, são eles:

- Pilhas e baterias;
- Pneus;
- Lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e luz mista;
- Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- Produtos eletrônicos e seus componentes.

As composições químicas dos óleos lubrificantes contêm inúmeras substâncias nocivas, como: cromo, cádmio, chumbo e arsênio, que em grandes concentrações causam sérios danos ao meio ambiente e a saúde humana (FALCÃO, 2012). Segundo a PNRS (2017), as principais consequências relacionadas a destinação irregular do OLUC são:

- O óleo lubrificante não é biodegradável e por esse motivo o lubrificante leva dezenas de anos para desaparecer da natureza;
- Quando descartado no solo gera a infertilidade do mesmo;
- Um litro de óleo descartado na água pode atingir uma área de cerca de 1000 m²;
- O óleo lubrificante quando despejado em esgotos compromete o desempenho do funcionamento das redes de tratamento de esgotos.

Por esses fatores, os órgãos ambientais, como CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e MMA (Ministério do Meio Ambiente), aliada com os órgãos regulamentadores da indústria de petróleo, combustíveis e derivados, como ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e MME (Ministério de Minas e Energia), estabeleceram que o OLUC deve ser coletado e encaminhado para um refinador para remover os contaminantes e recuperar o máximo de óleo lubrificante básico possível (APROMAC, 2017).

2.7 BASE NORMATIVA

Segundo a APROMAC (2017), o sistema normativo que fundamenta a gestão dos óleos lubrificantes usados ou contaminados passara por diversas transformações até chegar ao seu estágio atual. Na Tabela 5 é apresentado a configuração atual desse sistema normativo no Brasil.

Tabela 5. Base normativa atual do sistema de gestão de OLUC

Ato Normativo	Data	Conteúdo
Lei nº 12.305	02/08/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Resolução CONAMA nº 362	23/06/2005	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, fixando os fundamentos do sistema e sendo sua norma orientadora.
Resolução ANP nº 16	18/06/2009	Estabelece as regras para a comercialização de óleo lubrificante básico e os requisitos necessários ao cadastramento de produtor e importador desse produto.
Resolução ANP nº 17	18/06/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de importação de óleo lubrificante acabado e a sua regulação.
Resolução ANP nº 18	18/06/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de produção de óleo lubrificante acabado, e a sua regulação.
Resolução ANP nº 19	18/06/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado, e a sua regulação.
Resolução ANP nº 20	18/06/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado e a sua regulação.

Portaria MMA n° 31	23/02/2007	Institui Grupo de Monitoramento Permanente para o acompanhamento da Resolução CONAMA n° 362, de 23 de junho de 2005.
Portaria Interministerial MME/MMA n° 464	29/08/2007	Fixa os percentuais mínimos de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado para os anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.
Portaria Interministerial MME/MMA n° 59	17/02/2012	Fixa os percentuais mínimos de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado para os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015.
Portaria Interministerial MME/MMA n° 100	08/04/2016	Fixa os percentuais mínimos de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado para os anos de 2016, 2017, 2018 e 2019.
Resolução ANP n° 669	17/02/2017	Determina que a comercialização no país de óleos lubrificantes básicos de origem nacional ou importados, de primeiro refino ou rerrefinados, deverá observar as regras e especificações que estabelece.

Fonte: Adaptado de APROMAC (2017)

2.8 COLETA DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO

Segundo Costa et al (2011), o tratamento dos óleos lubrificantes proporciona a sua reutilização e a recuperação de suas propriedades iniciais contribuindo assim diretamente na redução de custos. A partir disso, os óleos lubrificantes usados ou contaminados podem ser classificados de três maneiras, que são:

- Emulsões de óleos lubrificantes;
- Óleos lubrificantes minerais usados;
- Resíduos oleosos.

De acordo com a ANP (2017), todas as responsabilidades a respeito das coletas dos resíduos sólidos de óleos lubrificantes usados ou contaminados são das empresas geradoras ou importadoras desses resíduos.

A coleta do OLUC é realizada por empresas licenciadas pelos estados ou municípios e autorizada pela ANP. Essas empresas tem a autorização para coletar os óleos lubrificantes usados ou contaminados em vários pontos de geração, como postos, oficinas, ferrovias, indústrias e entre outros, e encaminha-o a unidades de tratamento. Essa coleta é realizada por caminhões com equipamentos, identificações e sinalizações especiais, conforme é apresentado na Figura 3.

Figura 3. Caminhões de coleta e seus painéis de sinalização.



Fonte: SINDIRREFINO (2008).

Segundo a ANP (2017), no final desse processo, os coletores autorizados devem emitir e entregar do Certificado de Coleta que comprova que a empresa agiu de acordo com lei vigente e com responsabilidade ambiental e social. A Figura 4 apresenta o modelo deste certificado.

Figura 4. Certificado de coleta de óleo usado.

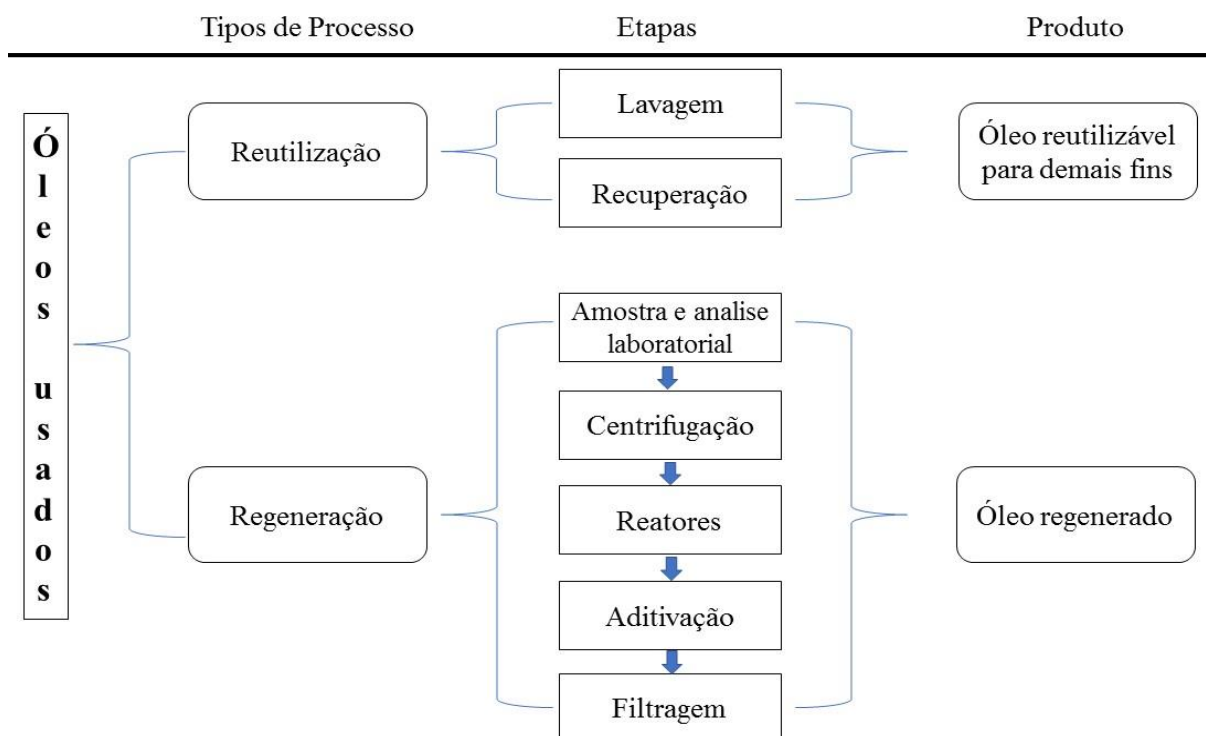
CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO			
 ANP Agência Nacional do Petróleo			
DADOS DA COLETORA		CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO Nº _____	
NOME		Local	UF
Endereço:			
Cadastro na ANP nº		Data / /	
Declaramos haver coletado o volume de óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme discriminado ao lado, do gerador abaixo identificado:		Óleo automotivo	LITROS
		Óleo Industrial	LITROS
		Outros	LITROS
		Soma	LITROS
RAZÃO SOCIAL			
RUA (nome, nº, etc)			
BAIRRO	CIDADE	UF	
CEP	CNPJ		
FONE	FAX		
1ª via (Gerador)		2ª via (Fixa/Contabilidade) 3ª via (Reciclador)	
Assinatura do Gerador (Detentor)		Assinatura do Coletor	

Fonte: ANP (2017).

2.9 TRATAMENTO DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO

Segundo Canchumani (2013), existem várias formas de tratamento do OLUC, no entanto algumas formas de tratamento bastante conhecidas são: a regeneração e a reutilização. A regeneração é um processo que consiste em recuperar as propriedades iniciais do óleo lubrificante usado ou contaminado. E a reutilização é um processo que transforma o óleo usado em um produto que depois possa ser utilizado para outros fins, como combustível para detonação de explosivos. A Figura 5 descreve os processos de tratamentos do óleo lubrificante.

Figura 5. Processos de tratamentos dos óleos usados.



Fonte: Adaptado de Canchumani (2013).

Segundo Costa et al (2011), a reutilização é um método bastante utilizado, principalmente, no tratamento de óleos hidráulicos. E a regeneração possui a finalidade de através da remoção dos contaminantes e correções de viscosidade e aditivos recuperar as propriedades do óleo lubrificante.

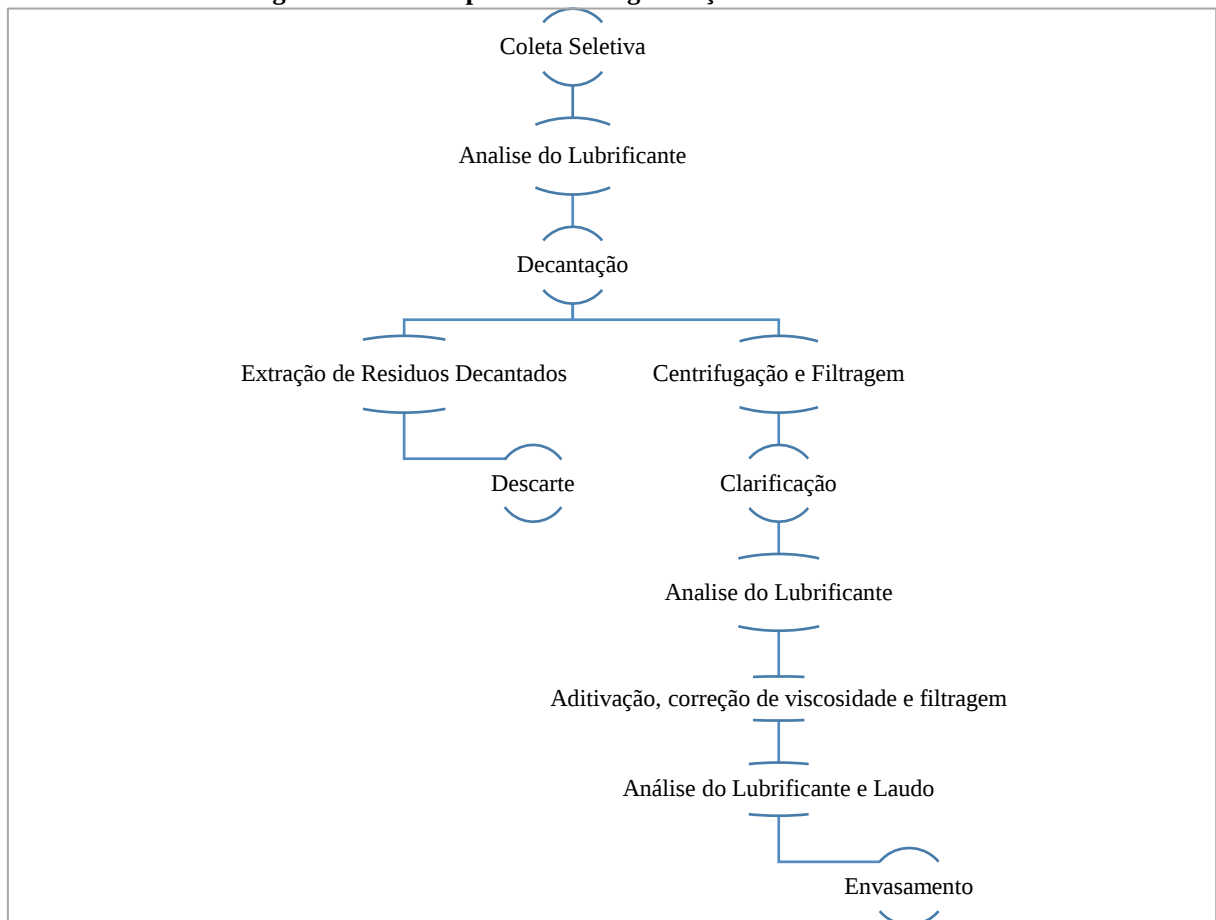
2.9.1 Processo de regeneração

De acordo com a empresa Analub Lubrificantes, a coleta seletiva dos óleos lubrificantes é fundamental para que a eficácia do processo de regeneração. Pois, apesar de todos serem oriundos do óleo lubrificante básico, a mistura de diferentes tipos de óleos pode comprometer o desempenho do processo.

Segundo Costa et al (2011), a manutenção proativa em lubrificantes é denominada de regeneração de óleos lubrificantes. Esse processo é economicamente e ambientalmente viável pois diminui os custos e contribui para a criação da imagem de empresa sustentável. Estima-se que cerca de 80% do volume dos resíduos de lubrificantes pode ser regenerado.

Segundo a empresa Analub Lubrificantes, o processo de regeneração possui o objetivo de recuperar as propriedades físico-químicas do lubrificante através dos processos de centrifugação, filtragem, clarificação e aditivação do óleo. A Figura 6 a seguir apresenta o fluxo do processo de regeneração.

Figura 6. Fluxo do processo de regeneração do óleo lubrificante.

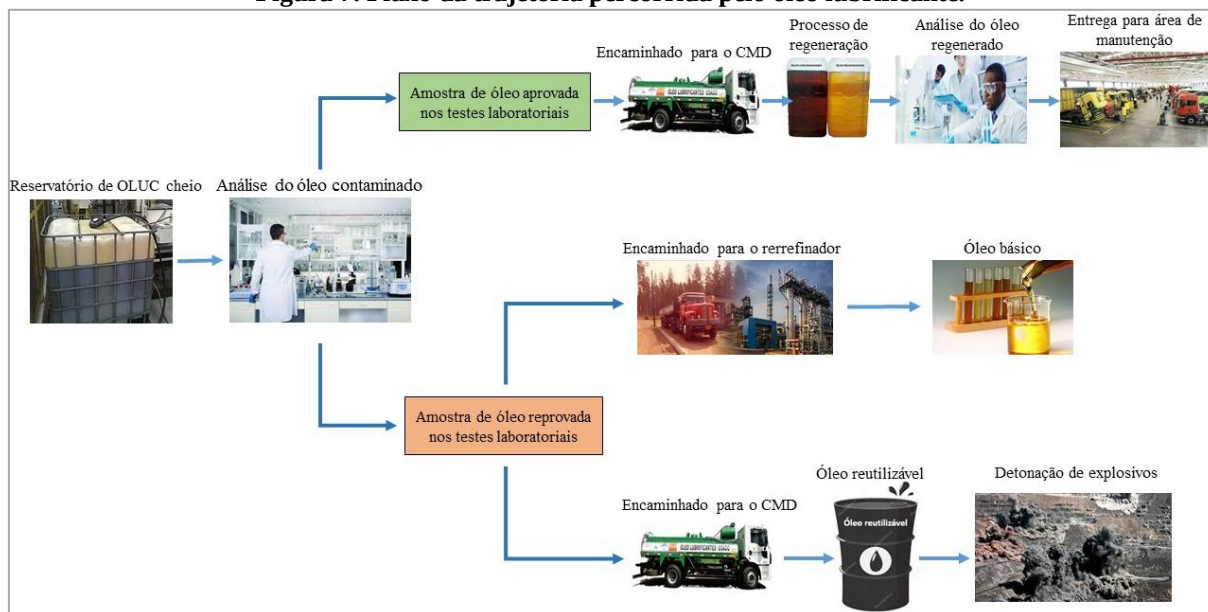


Fonte: Adaptado de Analub Lubrificantes.

3 ETAPAS PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DO ÓLEO LUBRIFICANTE

Para realizar o reaproveitamento dos lubrificantes a empresa de tratamento de óleo lubrificante estudada segue um cronograma de atividades a serem desenvolvidas em conjunto com a mineradora. Esse fluxo de atividades é apresentado na Figura 7 a seguir.

Figura 7. Fluxo da trajetória percorrida pelo óleo lubrificante.



Fonte: Autoria própria.

Conforme ilustrado na Figura 7, os óleos lubrificantes usados ou contaminados são armazenados nas oficinas de manutenção até que cada bombona fique completamente preenchida. Vale ressaltar que cada tipo de óleo deve ser armazenado em uma bombona específica, visto que a mistura de diferentes tipos de óleos pode inviabilizar o processo de regeneração. Por isso, é fundamental o cuidado e atenção ao realizar o armazenamento do OLUC nas oficinas de manutenção. A Figura 8 apresenta o modelo das bombonas distribuídas nas áreas de manutenção dessa mineradora.

Figura 8. Bombona de 1000 litros.



Fonte: Autoria própria.

Quando o reservatório de óleo se encontra completamente cheio é retirada uma amostra e enviado para o laboratório para avaliação da viscosidade. Caso o OLUC atenda aos requisitos mínimos exigidos, a empresa responsável pelo tratamento de óleo envia o seu caminhão coletor para realizar a coleta desse resíduo de óleo e encaminha para o CMD (Centro de Materiais Descartados). Nesse local, a empresa de óleo lubrificante executa o processo de regeneração. Após esse processo, uma amostra é enviada para o laboratório e passa por uma análise criteriosa a respeito de suas propriedades físico-químicas. O laboratório envia os resultados da análise para a empresa que realizou o processo de regeneração. Caso os resultados mostrem que as propriedades do óleo regenerado estão dentro dos limites pré-determinados, esse óleo regenerado é armazenado e enviado para as áreas de manutenção conforme a sua demanda.

O laboratório segue os parâmetros apresentados na Tabela 6 para avaliar a qualidade do óleo lubrificante. Os testes são baseados na aferição da viscosidade da amostra e no TBN (índice de basicidade total) que representa a capacidade do óleo lubrificante em neutralizar resíduos ácidos que podem vir gerados durante a utilização do lubrificante. Além disso, os testes verificam o nível de concentração de água, fósforo e zinco e cálcio.

Tabela 6. Faixa admissível das propriedades dos óleos regenerados

Propriedades	SAE 10W	SAE 30W	SAE 60W	ISO 68
Visc. a 40°C (cst)	35 – 50	97 – 125	310 – 370	63 - 74
TBN (mg KOH/g)	> 6,5	> 6,5	> 6,5	> 6,5
H ₂ O (ppm)	< 400	< 400	< 400	< 400
Ca (ppm)	≥ 2000	≥ 2162	≥ 2409	≥ 35
P (ppm)	≥ 1021	≥ 944	≥ 816	≥ 195
Zn (ppm)	≥ 1346	≥ 1240	≥ 1009	≥ 400

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 7 é apresentado os resultados dos testes realizados em um lote de óleo lubrificante SAE 30W. A amostra 1 corresponde ao teste inicial que determina se o óleo lubrificante será ou não regenerado. Dessa maneira, ao analisar a viscosidade dessa primeira amostra foi constatado que a mesma estava dentro da faixa pré-estabelecida na Tabela 6. Neste primeiro teste é avaliado no laboratório somente a viscosidade do OLUC.

Tabela 7. Resultados dos testes laboratoriais realizados no lote 5263 do óleo SAE 30W

Lote 5263		Óleo SAE 30W					
Amostra	Data da Coleta	Visc. a 40°C (cst)	TBN (mg KOH/g)	H ₂ O (ppm)	Ca (ppm)	P(ppm)	Zn(ppm)
1	17/10/2019	103	-	-	-	-	-
2	21/10/2019	103	5,5	0	1638	839,44	1184
3	23/10/2019	103	6,8	0	2188	1297	1388

Fonte: Autoria própria.

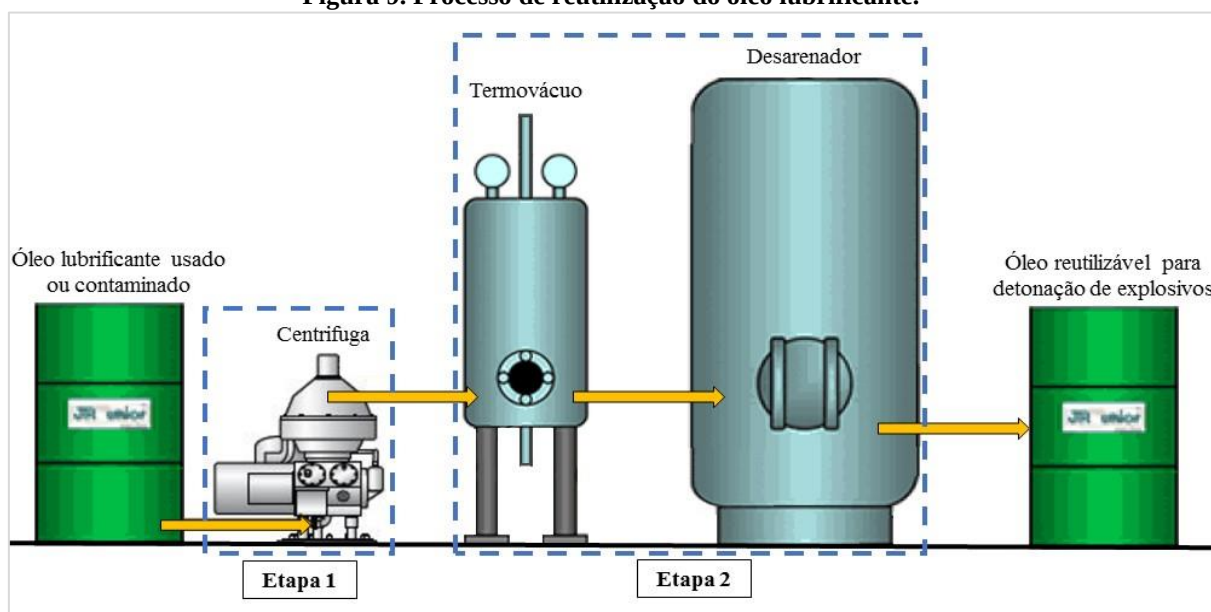
A amostra 2 corresponde ao segundo teste que é realizado na parte final do processo de regeneração que ocorre após o processo de filtração através dos filtros nominais que será explicado de maneira mais detalhada no próximo tópico. Nesse lote específico, constatou-se que as concentrações de hidróxido de potássio por grama de óleo, cálcio, fósforo e zinco estavam abaixo dos níveis aceitáveis se comparado com os parâmetros determinados na Tabela 6. Dessa forma, esse óleo processado é encaminhado para a etapa de correção dos níveis de concentração dos aditivos e um novo teste é realizado.

Na amostra 3 esse novo teste é realizado e foi verificado que todos os requisitos pré-determinados estão dentro da faixa permitida. Após a finalização desses procedimentos, os testes indicam que o óleo regenerado está apto para aplicação nos maquinários da mineradora. É importante destacar que os testes laboratoriais são realizados várias vezes até que o óleo em processo de regeneração atinja as propriedades desejáveis, geralmente são feitos 3 (três) testes, no entanto esse número pode variar dependendo das características do lote tratado.

Além disso, ainda sobre os testes laboratoriais, caso as amostras de óleos lubrificantes usados ou contaminados sejam reprovadas na primeira análise laboratorial existem duas possibilidades de destinação. O primeiro destino corresponde ao encaminhamento de uma grande parte desse resíduo de lubrificante para um órgão externo responsável por realizar o processo de rerrefino que consiste em transformar o OLUC em óleo básico novamente. Esse rerrefino do óleo lubrificante possui um custo bastante elevado se comparado com o processo de regeneração. Por isso, a empresa mineradora somente encaminha esse resíduo de lubrificante que não pode ser regenerado seguindo os procedimentos determinados pelas normas regulamentadoras.

A outra destinação refere-se a aproximadamente 12% do óleo reprovado nos testes laboratoriais que são reutilizados pela mineradora para detonação de explosivos e, por isso, são encaminhados para o CMD pela própria área de manutenção para que sejam tratados. Conforme ilustrado na Figura 9, no CMD esse óleo lubrificante passa somente por duas etapas que consiste em realizar através de uma centrifuga uma pré-filtração e uma desidratação parcial. Em seguida, é feita a remoção da água remanescente da etapa anterior a partir do aquecimento do óleo na câmara de termovácuo. Por fim, o óleo é direcionado para o desarenador para remoção dos particulados sólidos através da reação do óleo aquecido com o pó de argila e então é resfriado para o armazenamento e direcionamento para a equipe de detonação de explosivos.

Figura 9. Processo de reutilização do óleo lubrificante.

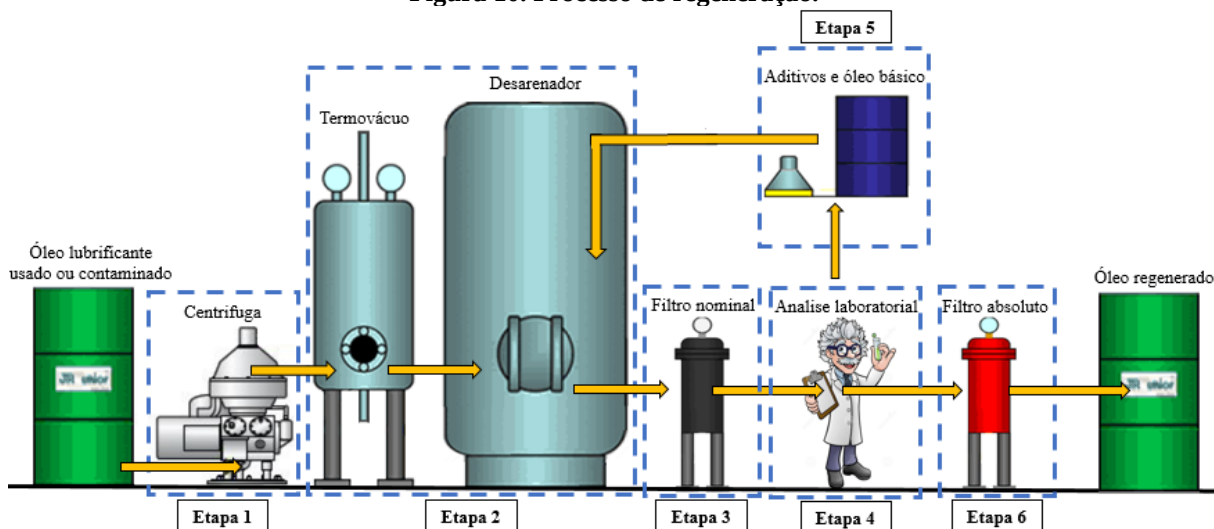


Fonte: Autoria própria.

3.1 PROCESSO DE REGENERAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE

A terceirizada realiza esse processo de regeneração para a mineradora a cerca de 2 (dois) anos. Nesse processo o óleo lubrificante passa por uma série de etapas até recuperar as suas características físico-químicas. A planta possui a capacidade de regenerar 120.000 ton/mês. As etapas do processo de regeneração aplicadas pela empresa de tratamento de óleo lubrificante são apresentadas na Figura 10.

Figura 10. Processo de regeneração.



Fonte: Autoria própria.

1ª Etapa: nessa etapa são removidas partículas sólidas e uma parcela de água presente no óleo lubrificante usado ou contaminado através de um centrifuga. Essa centrifuga permite que através da força da gravidade, os contaminantes sólidos e líquidos de maior densidade se

separem do óleo lubrificante tratado. A centrífuga utilizada no processo é apresentada na Figura 11.

Figura 11. Centrífuga.



Fonte: Autoria própria.

2ª Etapa: nessa etapa o óleo lubrificante pré-filtrado e parcialmente desidratado é bombeado para a câmara de termovácuo. Essa câmara é aquecida até a temperatura de 125°C e elimina a água remanescente. Em seguida, o óleo aquecido é transferido para desarenador, nesse equipamento o pó de argila reage com os produtos derivados da deterioração de aditivos e oxidação formando uma espécie de borra que decanta e é removida. Além disso, no desarenador o óleo é resfriado até a temperatura de 90°C para dar continuidade no processo. O termovácuo e o desarenador utilizados nessa etapa são ilustrados na Figura 12.

Figura 12. Etapa de remoção de água e particulados: a) Termovácuo e b) Desarenador.



Fonte: Autoria própria.

3ª Etapa: nesse estágio o óleo resfriado passa por um conjunto de filtros nominais a fim de remover os contaminantes mais concentrados como: ferrugem, areia, partículas metálicas e outros particulados impróprios. Na Figura 13 são apresentados os filtros nominais utilizados.

Figura 13. Filtros nominais.



Fonte: Autoria própria.

4ª Etapa: amostras são coletadas e analisadas a fim de avaliar as propriedades físico-químicas do óleo e também verificar os níveis de concentração de água e contaminantes no óleo lubrificante tratado. Essas análises são realizadas no laboratório e são gerados laudos que são encaminhados para a empresa de tratamento de óleo lubrificante.

5ª Etapa: a partir dos resultados do laudo são realizadas, caso necessário, a correção de viscosidade e a aditivação do óleo lubrificante seguindo os procedimentos definidos pelas normas técnicas vigentes. Para a correção da viscosidade é inserido o óleo lubrificante básicos parafínicos ou naftênicos. O óleo básico naftênico é utilizado quando busca-se reduzir a viscosidade e o óleo básico parafínico é usado quando deseja-se aumentar a viscosidade do óleo lubrificante. Além disso, para a correção das outras propriedades físico-químicas são adicionados aditivos que geralmente são fósforo, cálcio e zinco. A adição de aditivos sem antes remover os que foram deteriorados ou consumidos pode comprometer o desempenho do processo de regeneração. Na Figura 14 são apresentados os aditivos e óleos básicos utilizados no processo.

Figura 14. Aditivos e óleo lubrificante básico.



Fonte: Autoria própria (2019).

6ª Etapa: após a eliminação da água residual e a correção das propriedades físico-químicas, o óleo passa pela última etapa do processo de regeneração. Essa etapa é caracterizada por uma filtragem minuciosa por meio dos filtros absolutos, conforme ilustrado na Figura 15. Esses filtros absolutos tem a capacidade de filtrar particulados com cerca de $5\ \mu\text{m}$ e são responsáveis por garantir um alto grau de pureza dos óleos regenerados.

Figura 15. Filtros absolutos.



Fonte: Autoria própria.

Todas as etapas do processo de regeneração são monitoradas para garantir o padrão de qualidade exigido para cada tipo de óleo. Esse monitoramento é uma maneira de assegurar o bom desempenho do processo de regeneração e gera economia visto que reduz as chances de retrabalhos causados por falhas operacionais ou humanas.

4 METODOLOGIA

A empresa mineradora estudada localiza-se no sudeste do estado do Pará. Os óleos lubrificantes usados ou contaminados são oriundos dos caminhões e equipamentos utilizados para o desenvolvimento das atividades de mineração. A Figura 16 apresenta um dos caminhões utilizados nessa mineradora.

Figura 16. Caminhão basculante Scania.



Fonte: Autoria própria.

Os trabalhos se concentram em uma abordagem quantitativa e qualitativa no período de janeiro a outubro de 2019. O estudo iniciou-se com a elaboração da revisão bibliográfica abordando os principais conceitos, normas regulamentadoras e processos relacionados ao óleo lubrificante. Posteriormente, realizou-se uma pesquisa de campo que se iniciou com uma visita na empresa terceirizada responsável pela realização do processo de regeneração no OLUC gerado pela mineradora, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17. Estabelecimento de tratamento do óleo lubrificante.



Fonte: Autoria própria.

Nessa visita, através da permissão da empresa terceirizada, foi realizada uma entrevista com os funcionários, os quais informaram detalhadamente a respeito das etapas do processo de regeneração de óleo lubrificante praticados no estabelecimento. Dessa maneira, a etapa foi voltada para o levantamento de informações sobre o funcionamento de toda a logística do

tratamento do óleo lubrificante e para conhecer quais os tipos de óleos são regenerados. De acordo com a empresa terceirizada, os lubrificantes regenerados são os óleos SAE 10W, SAE 30W, SAE 60W e ISO 68 e serão os objetos de estudos na determinação da viabilidade econômica e ambiental do processo de regeneração.

A segunda parte da pesquisa de campo foi visitar a área de manutenção a fim de analisar a forma como os óleos lubrificantes eram armazenados. A oficina de manutenção da mineradora é apresentada na Figura 18. Durante a visita também foi realizado entrevistas com alguns funcionários com intuito de compreender como ocorre esse processo de armazenamento do OLUC e quais eram as suas principais dificuldades, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 18. Área de manutenção da mineradora.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19. Entrevista com o funcionário da empresa da oficina de manutenção.



Fonte: Autoria própria.

Segundo informações da mineradora, os óleos SAE 10W e ISO 68 são óleos aplicados nos sistemas hidráulicos dos maquinários. O óleo SAE 60W é utilizado em sistemas de diferencial e o lubrificante SAE 30W é empregado em sistemas de diferencial e hidráulicos.

De acordo também com informações da própria mineradora, a geração de resíduos de lubrificantes dentro da empresa é em média 2.000 (dois mil) toneladas por ano, na qual as áreas de manutenção são responsáveis por retirar os óleos contaminantes dos caminhões e equipamentos e armazenar em *containers* de bombonas com capacidade de 1000 (mil) litros. Cada bombona de 1000 (mil) litros analisados pelo laboratório representa uma amostra em questão, nesse estudo foram analisadas cerca de 6000 (seis mil) amostras. Todos os dados do processamento, desde a coleta na área de manutenção até a entrega para a mesma, são registrados em planilhas e gerados gráficos através do *Microsoft Office Excel*.

Os resultados das amostras dos óleos lubrificantes foram cedidos pelo laboratório da empresa mineradora. Além disso, os registros fotográficos apresentados neste trabalho foram realizados por intermédio de uma câmera fotográfica de um aparelho de celular. Na Figura 20 é apresentado o laboratório de pesquisas da mineradora.

Figura 20. Laboratório de pesquisa.



Fonte: Autoria própria.

A partir das pesquisas em campo realizou-se um levantamento detalhado da quantidade de óleo lubrificante consumido e regenerado durante cada mês do período estudado (janeiro a outubro de 2019). A terceirizada possui um sistema de monitoramento de todo o seu processo que fornece dados precisos a respeito do volume de cada tipo de óleo regenerado. A mineradora por sua vez conta com uma rede de controle interno que possibilita acompanhar o histórico e a atual demanda do consumo de óleo lubrificante assim como a sua geração de resíduos, incluindo o OLUC. Todas essas informações foram cedidas pelas duas empresas e permitiram analisar o processo de regeneração e avaliar a sua viabilidade econômica e ambiental.

Dessa maneira, nesse presente trabalho a princípio será analisado as tratativas realizadas no OLUC gerado avaliando o volume de óleo reutilizável, regenerado e encaminhado para o rerrefinador. A partir disso, realizará uma análise detalhada acerca do volume e os tipos de

óleos regenerados. Em seguida, será feito um estudo comparativo entre o volume de óleo consumido e regenerado para cada tipo de óleo lubrificante estudado.

Com base no volume de óleo consumido e regenerado se analisará a viabilidade econômica para cada tipo de óleo e em seguida em parâmetros gerais comparando o valor na aquisição de óleo somente novo com custo atual da mineradora que realiza a compra de óleo novo mais o regenerado. A partir desse estudo, será apontado a viabilidade econômica juntamente com as tratativas necessárias para melhorar esses resultados, caso seja necessário.

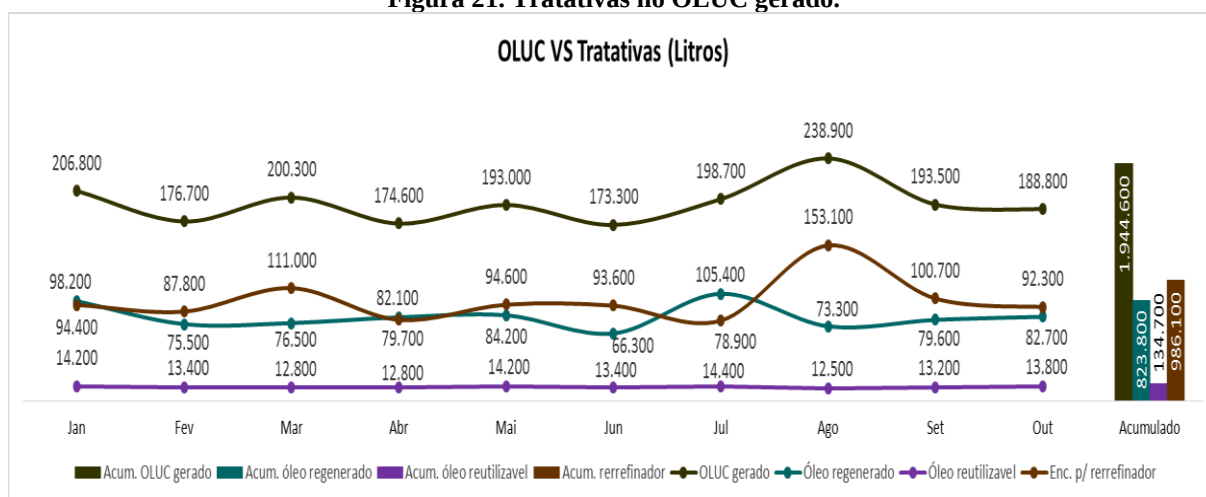
A viabilidade ambiental que o processo de regeneração proporciona a mineradora será avaliada com base no impacto que isso resulta no seu valor de mercado, no seu prestígio e reputação. Para isso, será apresentado o que ocorre com as empresas quando deixam de cumprir suas obrigações ambientais através do exercício de atividades sustentáveis dentro do seu setor produtivo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no referencial teórico, nas pesquisas de campo, entrevistas e dados fornecidos pela mineradora e terceirizada, a seguir serão apresentados e discutidos os resultados acerca da proposta desse presente trabalho.

Na Figura 21 é apresentado o gráfico das tratativas no OLUC gerado. Assim, é possível observar uma tendência ao longo do período estudado. O volume de óleo reutilizável segue um comportamento com poucas variações, pois esse tipo de óleo atende uma demanda praticamente constante destinada a detonação de explosivos. Os resultados a respeito da quantidade de óleo regenerado e encaminhado para o rerrefinador são relativamente próximos e oscilam entre si durante os meses.

Figura 21. Tratativas no OLUC gerado.



Fonte: Autoria própria.

Ainda de acordo com a Figura 21, é possível notar um pico no mês de agosto em relação ao volume de OLUC gerado e encaminhado para o rerrefinador. Tal resultado é explicado pelo fato da empresa terceirizada responsável pelo tratamento de óleo no mês anterior (julho) passar por um processo de reestruturação em sua logística o que ocasionou um acúmulo de OLUC gerado nas oficinas de manutenção e isso resultou em um pico no mês de agosto devido ao acúmulo de OLUC remanescente de julho somando aos resíduos de óleo lubrificante referente ao mês de agosto. Observa-se também que a maior parte do OLUC gerado, que corresponde a cerca de 50%, é encaminhado para o rerrefinador, conforme ilustrado na Figura 21. Esse resultado não é desejado, visto que quanto maior for a quantidade de óleo destinado para o rerrefinador menor será o volume de óleo encaminhado para o processo de regeneração. Uma das causas para isso acontecer são as falhas durante o armazenamento do OLUC na área de manutenção. Foi verificado que alguns operadores das oficinas não armazenavam o resíduo de

lubrificante no reservatório correto. Essa mistura de diferentes tipos de óleos no mesmo reservatório prejudica o processo de regeneração e geralmente torna esse processo inviável.

Em alguns pontos na área de manutenção da oficina identificou-se que os reservatórios de OLUC encontravam-se sem a tampa de vedação, conforme apresentado na Figura 22. Essa ausência de aplicação da tampa do reservatório aumenta as chances de contaminação do lubrificante por partículas sólidas e líquidas. A mineradora está localizada em uma região bastante úmida e dependendo do nível de contaminação por resíduos sólidos e/ou água a aplicação do processo de regeneração se torna inviável.

Figura 22. Armazenamento do OLUC na área de manutenção.



Fonte: Autoria própria.

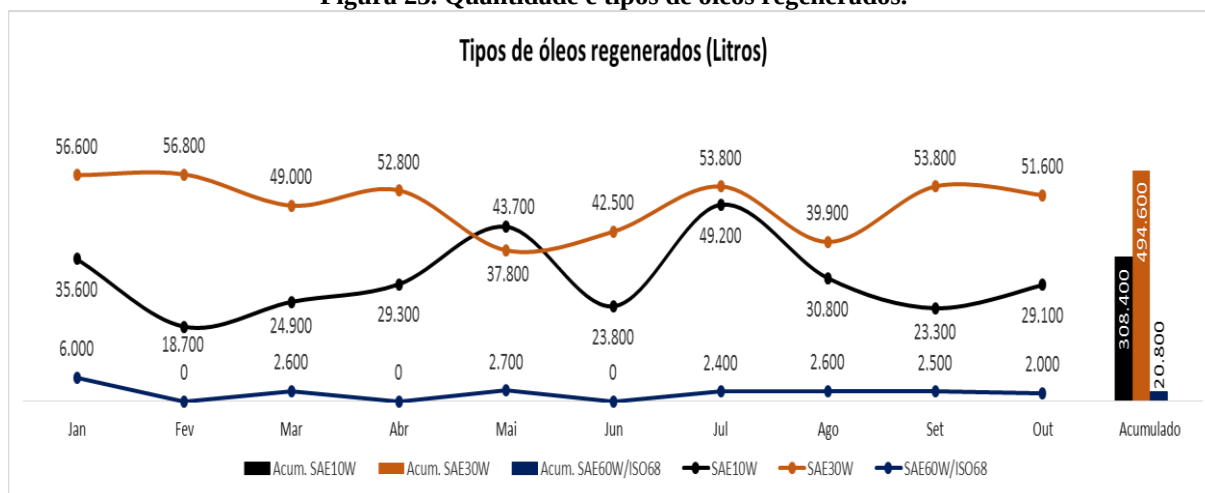
Além disso, outro fator que contribuiu para esse elevado índice de OLUC destinado para o rerrefinador é o elevado consumo de óleo lubrificante no compartimento do motor de combustão das máquinas e equipamentos que compõem a mineradora, uma vez que a terceirizada responsável pelo processo de regeneração não trabalha com óleos lubrificantes de motor devido ao elevado grau de contaminação e deterioração dos lubrificantes ocasionados pelos grandes esforços em altas temperaturas.

De acordo com o Figura 21, nota-se que 823.800 litros de óleo lubrificante foi regenerado até o mês de outubro. Isso significa que aproximadamente 40% do OLUC gerado pela mineradora foram reaplicados em seus maquinários pesados. No gráfico da Figura 21 é identificado também que a quantidade de óleo reutilizável é bastante inferior ao volume de óleo regenerado. Na mineradora a detonação de explosivos necessita de uma demanda muito baixa se comparado com volume de óleo lubrificante consumido pelos ativos da mineradora, por isso somente uma pequena parcela do OLUC gerado é destinado para processamento de reutilização do óleo.

Na Figura 23 são apresentados as quantidades e os tipos de óleos regenerados pela terceirizada. Segundo esse gráfico, o óleo SAE 30W apresentou a maior quantidade de óleo lubrificante regenerado entre os tipos de óleos estudados. A viscosidade desse óleo é o fator que mais favorece o seu processamento, visto que o lubrificante SAE 30W possui propriedades intermediárias se comparado com os demais óleos lubrificantes em questão. Isso significa que

a sua viscosidade não é tão baixa assim como no óleo SAE 10W nem é elevada semelhante ao óleo SAE 60W.

Figura 23. Quantidade e tipos de óleos regenerados.



Fonte: Autoria própria.

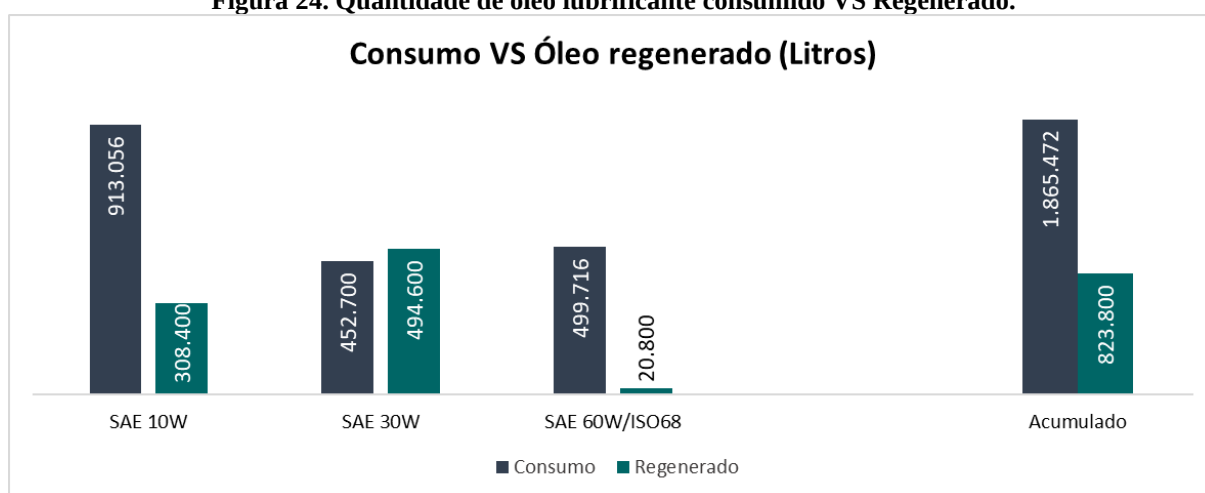
Os lubrificantes SAE 60W/ISO 68 apresentaram baixas quantidades de óleos regenerados durante todos os meses estudados, conforme apresentado na Figura 23. Esses resultados foram ocasionados pela contaminação desses óleos lubrificantes nas áreas de manutenção. Ambos os óleos lubrificantes possuem uma elevada viscosidade e dessa maneira, quando contaminados por partículas sólidas ou líquidas pelos motivos citados anteriormente, na maioria dos casos o processo de regeneração se torna inviável para esses tipos de óleos, uma vez que aumentaria o tempo do processo de regeneração e o consumo de aditivos e óleo básico.

Nos resultados da Figura 23 também é identificado que o óleo SAE 10W é o segundo lubrificante mais regenerado e apresentou dois picos durante os meses de maio e julho, respectivamente. As condições severas de trabalho provocadas pelo período quente na região norte do Brasil aceleraram o processo de deterioração dos óleos lubrificantes, afetando principalmente os óleos de baixa viscosidade. Isso gerou um plano de ação na mineradora que determinou a troca dos óleos lubrificantes hidráulicos de seus maquinários no mês de maio que incluía o óleo SAE 10W. Essa ação, consequentemente, ocasionou uma maior geração de OLUC e contribuiu para um maior volume de óleo regenerado desse tipo de óleo durante esse mês.

No mês de julho houve um aumento do volume de lubrificante SAE 10W e SAE 30W regenerado. Durante esse mês ocorreu o aumento de movimentação na mina com a entrada de novos ativos e caminhões saindo da hibernação que provocaram o aumento o consumo de óleos lubrificantes. Dessa maneira, esse aumento no consumo gerou mais OLUC e consequentemente proporcionou uma maior demanda de óleo regenerado.

A quantidade de óleo lubrificante necessária para atender a mineradora é baseada na projeção de cada mês utilizando como critérios: demanda de óleo dos anos anteriores, quantidade de ativos e histórico de manutenção. A partir disso, a mineradora verifica a quantidade de óleo regenerado que a terceirizada tem a fornecer no mês e com base nisso define o volume de óleo novo que será requisitado. É importante ressaltar que a terceirizada comercializa esse óleo regenerado com a mineradora a um preço de R\$ 3,48 por litro independentemente do tipo de óleo e esse valor é menor se comparado ao preço do óleo novo. Na Figura 24 é apresentado o volume total de cada tipo de óleo lubrificante consumido e regenerado ao longo dos meses estudados.

Figura 24. Quantidade de óleo lubrificante consumido VS Regenerado.



Fonte: Autoria própria.

Conforme ilustrado na Figura 24, o volume de óleo SAE 30W regenerado ultrapassa o seu volume consumido. É importante ressaltar que esse serviço de regeneração vem sendo prestado pela terceirizada a dois anos para a mineradora e isso justifica o fato do óleo regenerado ultrapassar o consumido, pois há óleo remanescente dos meses anteriores referente ao ano de 2018. Esse resultado é excelente para a mineradora, pois representa uma grande redução de custos, visto que a mesma deixa de comprar óleo lubrificante SAE 30W novo e passa a consumir somente o óleo regenerado pela empresa terceirizada. Essa redução de custos é apresentada na Figura 25.

Figura 25. Economia na compra do óleo SAE 30W.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com os resultados do gráfico da Figura 25, a mineradora obteve uma economia de 46% na aquisição de óleo lubrificante SAE 30W. É um resultado excelente que destaca os benefícios do processo de tratamento de óleo quando há um alinhamento em todas etapas de sua logística, principalmente durante o armazenamento do OLUC nas áreas de manutenção.

Entretanto, o mesmo não acontece com os óleos lubrificante SAE 10W, SAE 60W e ISO 68, conforme apresentado na Figura 24. O volume de óleo regenerado é bastante inferior quando comparado com a demanda de óleo consumido pela mineradora. Esses resultados são oriundos também da falha durante o armazenamento do OLUC, uma vez que nem todo resíduo de óleo da área de manutenção é destinado para o reservatório de armazenamento apropriado. Em alguns casos parte desse óleo é despejado em recipientes ou locais inapropriados e por isso, não são coletados para centro de tratamento de regeneração. Outro fator que influencia bastante são as suas viscosidades pelo fato de serem bastante elevadas ou muito baixa, pois torna o processamento de regeneração desses óleos bastante vulnerável quando contaminados por água e particulados sólidos ou quando misturados com outros tipos de óleos no mesmo reservatório. Esses resultados refletem diretamente na redução de custos na aquisição desses óleos, conforme apresentados nas Figuras 26 e 27.

Figura 26. Economia na compra do óleo SAE 10W.



Fonte: Autoria própria.

Figura 27. Economia na compra do óleo SAE 60W/ISO 68.



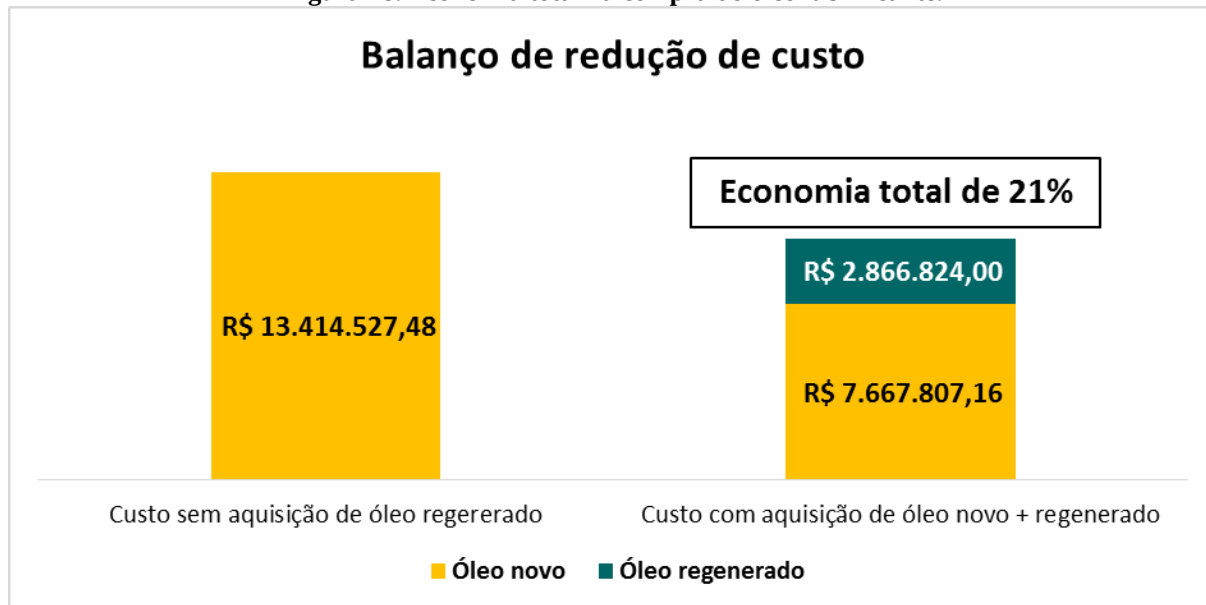
Fonte: Autoria própria.

Diferente do caso do óleo SAE 30W, os demais óleos possuem uma demanda baixa de regeneração embora tenham um elevado consumo. De acordo com as Figuras 26 e 27, a redução de custos desses tipos de óleos foi inferior a 20% sendo bem abaixo do esperado gerando um resultado insatisfatório. Por isso, ainda é necessário a mineradora comprar um grande volume de óleo novo adicionado a pequena parcela de o óleo regenerado o que gera um baixo retorno financeiro a mineradora.

Após os estudos a respeito da redução de custos para cada tipo de óleo, a Figura 28 apresenta essa economia em âmbitos globais para a mineradora. De acordo com esse gráfico,

observa-se que a redução de custo é relativamente baixa, apenas 21%. Apesar dos ótimos resultados obtidos com o óleo SAE 30W, esse resultado é decorrente do baixo volume de regenerado dos demais óleos.

Figura 28. Economia total na compra do óleo lubrificante.



Fonte: Autoria própria.

A principal razão desse resultado é devido a falha no armazenamento do OLUC nas áreas de manutenção. As lideranças dessas áreas devem conscientizar mais os seus funcionários através de reuniões, palestras, campanhas a respeito da correta destinação de resíduos sólidos e apresentação da logística de tratamento de óleo que ocorre dentro da mineradora para mostrar aos empregados a importância do correto armazenamento desse resíduo nas oficinas de manutenção. Além disso, a mineradora deve oferecer e impulsionar a participação de seus funcionários em treinamentos sobre os procedimentos e cuidados no armazenamento do OLUC. Para que assim, casos como misturas de óleos, contaminação por partículas sólidas e líquidas, armazenamento em locais e em reservatórios inadequados sejam extintos.

A Figura 29 ilustra uma situação hipotética que considera que todo óleo consumido é comprado apenas pela empresa de óleo regenerado. Essa simulação supõe que todo óleo SAE 10W, SAE 30W, SAE 60W e ISO 68 consumido são armazenados corretamente e encaminhados para a central de tratamento de óleo regenerado. De acordo com esse gráfico, percebe-se a ótima viabilidade econômica que isso resultaria, uma vez que os custos diminuiriam mais da metade. Isso reforça a importância do correto armazenamento do OLUC e sua influência na viabilidade econômica do processo de regeneração.

Figura 29. Simulação do custo do óleo lubrificante.



Fonte: Autoria própria.

Ao analisar a viabilidade ambiental do processo de regeneração na mineradora, os resultados são satisfatórios. Essa prática sustentável implementada pela sua gestão ambiental valoriza o seu valor no mercado e mostra a preocupação da mineradora com meio ambiente e no cumprimento das normas ambientais. Além disso, cria uma boa imagem perante a comunidade, órgãos públicos e ao mercado financeiro estabelecendo um vínculo de respeito e confiança. Dessa maneira, evitando que venha acontecer situações semelhantes ao que ocorreu em novembro de 2011, no qual houve um grande vazamento de óleo na Bacia de Campos no estado do Rio de Janeiro. O responsável era a empresa americana Chevron. Segundo o *The Waal Street Journal* (2011), após o acidente ambiental a Chevron perdeu US\$ 14,6 bilhões de valor no mercado o que representa uma queda de 7% nas ações da empresa, perdeu o prestígio e gerou grandes impactos ambientais e sociais.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

A implantação do processo de regeneração dentro da mineradora é uma boa iniciativa de sua gestão ambiental e econômica. Apesar de proporcionar uma excelente viabilidade econômica na aquisição do óleo lubrificante SAE 30W, o mesmo não acontece com os outros tipos de óleos regenerados. Em consequência disso, de maneira geral a viabilidade econômica do processo de regeneração se mostrou insatisfatória.

A principal razão para esse resultado abaixo da expectativa é a falha no armazenamento do OLUC nas áreas de manutenção. Primeiro causado pela mistura de diferentes tipos de óleo lubrificante no mesmo reservatório; segundo provocado pela não aplicação da tampa do reservatório, o que aumenta as chances de contaminação por particulados sólidos e líquidos; terceiro ocasionado pelo armazenamento em recipientes e/ou locais inapropriados que fazem que nem todo OLUC gerado chegue a unidade de tratamento de óleo regenerado. Essas falhas são oriundas da falta de atenção, conhecimento e conscientização. Em razão disso, foram levantadas tratativas para reverter essa situação para que assim o funcionário esteja devidamente instruído, compreenda o processo e a importância do correto armazenamento do óleo lubrificante.

Do ponto de vista ambiental, a processo de regeneração trouxe resultados ótimos para a mineradora. Essa atividade sustentável contribui para a valorização de seu valor no mercado. Além disso, estabelece uma imagem de empresa sustentável o que favorece na sua relação com a comunidade e órgãos públicos e em negociações com os seus clientes.

Portanto, os objetivos propostos foram alcançados e apresentados nesse presente trabalho. Destaca-se a importância de práticas sustentáveis e sua influência nos âmbitos econômicos e ambientais, na qual para se manter competitivo no mercado hoje em dia é necessário conciliar desenvolvimento econômico com a redução de danos ao meio ambiente.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise aprofundada sobre a logística de tratamento de óleo lubrificante e propor melhorias para aumentar a sua eficácia e reduzir o tempo de tratamento;
- Estudo do reaproveitamento eficiente de óleos lubrificantes dos motores de combustão interna dos ativos dentro da mineradora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. D. S.; **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

ANP. **Lubrificantes**. Publicado 10 de maio de 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/lubrificantes>>. Acesso em 02 de novembro de 2019.

ANALUB LUBRIFICANTES. **Purificação de Lubrificantes**. Disponível em: <<https://www.analub.com.br/>>. Acesso em 02 de novembro de 2019.

ASSIS, M. **Viabilidade da filtragem dos óleos hidráulicos e das transmissões dos equipamentos de mineração**. DIFL, 2009.

APROMAC. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**. Cianorte: APROMAC, 2017.

CAMARGO, A. **Óleos Lubrificantes e Preservação**. O Mundo da Usinagem. 4. ed. 2003.

CANCHUMANI, G. A. L. **ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE RERREFINO NO BRASIL**. Rio de Janeiro 2013.

COSTA, W. J. V.; GONÇALVES, J. C.; OLIVEIRA, C. N. C.; PINTO, M. J.; **Estratégia e Viabilidade Econômica no Processo de Regeneração do Óleo Lubrificante Mineral Usado em Equipamentos Industriais**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31. Belo Horizonte, 2011.

CASTRO, M. D. G. D. **Caracterização do Processo de Reciclagem do Óleo Lubrificantes Usado em Postos de Combustíveis e Identificação de Desafios Frente à Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Bauru, 2011.

FALCÃO, J. M. D. S. L. **Modelo Multicritério para a Seleção de Fornecedores na Reciclagem do Resíduo do Óleo Lubrificante**. Recife, 2012.

GUIMARÃES, J. **Rerrefino de Óleos Lubrificantes de Motores de Combustão Interna utilizando o Processo de Ultrafiltração e Adsorção**. Rio de Janeiro, 2006.

JUNIOR, J. V. D. S.; TRISTÃO, J. A. M.; TRISTÃO, V. T. V. **Gestão Ambiental de Resíduos de Óleos Lubrificantes: o processo de rerrefino**. Rio de Janeiro, 2005.

Lei nº 12.305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 3ª ed. Brasília, 02 de agosto de 2010.

LYONS, J. Vazamento mancha sonhos do Brasil de enriquecer com petróleo. **The Wall Street Journal**, 20 de novembro de 2011. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/SB10001424052970204452104577060200129263594>>. Acesso em 20 de novembro de 2019.

LWART LUBRIFICANTES. **Coleta e Rerrefino de Óleo.** Disponível em: <<https://http://www.lwart.com.br/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

Manchas de óleo no litoral atingem mais de 500 locais no Nordeste e Sudeste. **Jornal O Globo**, 13 de novembro de 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/desastre-ambiental-petroleo-praias/noticia/2019/11/13/manchas-de-oleo-no-litoral-atingem-mais-de-500-locais-no-nordeste-e-sudeste.ghtml>>. Acesso em 24 de novembro de 2019.

NYCZ, Z. **Óleo Lubrificante Usados ou Contaminados e seus Riscos. Meio Ambiente, Saúde e Economia.** APROMAC, 2008. Disponível em: <https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/oleos_lubrificantes/forum_seminarios/03_palestra_hassan_apromac_1.pdf>. Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

Resolução CONAMA Nº 362/2005. **Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.** Data da legislação: 23/06/2005. Publicação DOU nº 121, de 27/06/2005, págs. 128-130.

SINDIRREFINO - Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais. **Óleo lubrificante usado ou contaminado - destinação legal: rerrefino.** Palestra apresentada durante a 2ª oficina Regional de Capacitação sobre a Resolução CONAMA nº 362/2005. Natal, 11 de julho de 2008.