REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO HIDRÁULICO EM EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO ATRAVÉS DO PROCESSO DE DIÁLISE

Zeferino, Fernanda Maciel[(1)] (fernandamzeferino@gmail.com), Souza, Edilberto da Silva[(2)] (edilberto-souza@hotmail.com), Franco, Luciano José Vieira[(3)] (lucianov_franco@hotmail.com), Leite, Jussara Fernandes[(4)] (leite.jussara@yahoo.com.br), Oliveira, Erbert Tiago Barbosa de[(5)] (erbertparticular@yahoo.com.br).

[(1), (2), (3), (4), (5)] Fundação Presidente Antônio Carlos (FUPAC); Engenharia Mecânica.

RESUMO: *Para se tornarem competitiva no mercado globalizado de minério de ferros, as mineradoras buscam formas de reduzir seus custos e consequentemente aumentar seus lucros. Uma das formas para que isso ocorra é prolongando a vida útil dos óleos hidráulicos das máquinas e equipamentos. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar o resultado do consumo de óleo hidráulico de máquinas e equipamentos com a utilização de diálise em uma mineradora de minério de ferro da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Esta pesquisa é um estudo de caso com natureza documental, exploratória e explicativa. No desenvolvimento desse estudo, foi realizada a análise do consumo de óleo no período de implantação da atividade de diálise em janeiro de 2016 e comparado com os resultados do ano de 2015. Desta forma, foi apurado que a implementação do processo de diálise de óleo hidráulico proporcionou para a mineradora um redução no custo com óleo hidráulico de 77,5% em 2016 em relação ao ano de 2015; e em volume ocorreu uma queda de 49.173 litros. Portanto, o estudo mostra que a empresa obteve maior lucrativa em seu processo, por consequência, maior competitividade no mercado.*

PALAVRAS-CHAVE: *Diálise. Óleo hidráulico. Consumo.*

REDUCTION OF HYDRAULIC OIL CONSUMPTION IN MINING EQUIPMENT THROUGH THE DIALYSIS PROCESS

ABSTRACT: *To become competitive in the globalized iron ore market, mining companies are looking for ways to reduce their costs and consequently increase their profits. One way to do this is to extend the life of the hydraulic oils of machines and equipment. In this context, this article aims to present the result of the hydraulic oil consumption of machines and equipment with the use of dialysis in an iron ore mining company in the Alto Paraopeba Region of Minas Gerais. This research is a case study with documental, exploratory and explanatory nature. In the development of this study, the oil consumption analysis was performed in the period of dialysis activity in January 2016 and compared to the results for the year 2015. In this way, it was verified that the implementation of the hydraulic oil dialysis process for the mining company a reduction in the cost with hydraulic oil of 77.5% in 2016 in relation to the year 2015; and in volume there was a drop of 49,173 liters. Therefore, the study shows that the company got more profitable in its process, consequently, more competitive in the market.*

Keywords: *Dialysis. Hydraulic oil. Consumption.*

1 INTRODUÇÃO

A competitividade cada vez maior do mercado globalizado de minério de ferro faz com que os custos das operações estejam correlacionados com a sobrevivência da empresa. Essa nova realidade de austeridade de gestão, exige a cooperação entre os pilares da empresa, onde o somatório das ações gera o poder de competição.

A célula de manutenção é uma das principais impactantes quando o assunto é custo nas minerações de minério de ferro. Isso, devido as atividades de operação de uma mina serem realizadas por meio de máquinas e equipamentos que necessitam ser mantidos em adequado estado de operação. Logo, o setor de manutenção é responsável por disponibilizar ativos aos processos de operação.

Nas minerações, as máquinas e equipamentos necessitam de manutenções constantes, uma vez que, encontram-se trabalhando em um ambiente irregular e com excesso de material suspenso no ar (poeira) que pode afetar a vida útil de seus componentes. Um dos componentes que é afetado diretamente devido ao excesso de material suspenso no ar é o óleo hidráulico. Para entendimento, segundo apresentado pela Universal Lubrificantes (2017), a principal função dos óleos hidráulicos, também conhecido como fluído hidráulicos, é transmitir e controlar potência das máquinas e equipamentos.

Importante destacar que o ambiente hostil das minerações afeta a vida útil do óleo hidráulico utilizados nas máquinas e equipamentos, o que acarreta em volumoso consumo, por conseguinte, elevados gastos para a empresa. Desta forma, gestores e funcionários de minerações buscam soluções para reduzir o consumo desse componente que impacta diretamente no custo do seu produto.

Entretanto, é preciso conhecer as causas que afetam o desempenho dos óleos hidráulicos, e para isso as empresas devem realizar análises que identifiquem os índices de contaminação dos óleos. Concomitantemente, devem identificar métodos que possam adequar o processo e reduzir custos.

Uma das formas de reduzir o consumo de óleo hidráulico é reutilizando esse componente. Para isso, a diálise do óleo hidráulico pode agregar ao processo e tornar-se fator essencial para a redução dos custos. Sobre diálise, Teccnew Clean (2017) explica que é um processo que busca o recondicionamento completo do óleo, aumentando o grau de limpeza e reduzindo teores de água, gases, sólidos e borras a níveis similares aos do óleo novo.

Dentro do contexto, a pesquisa tem como objetivo apresentar o resultado do consumo de óleo hidráulico de máquinas e equipamento com a utilização de diálise em uma mineradora de minério de ferro da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais.

1.1 Lavra de Mina

A lavra de mina a céu aberto ou subterrânea é definida legalmente no artigo 36 do regulamento do Código de Mineração como: o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas (BRASIL, 1967).

Em minas a céu aberto, todas as atividades são realizadas por equipamentos de grande porte iniciando pelos tratores de esteira, escavadeiras e motoniveladoras e no carregamento com pás carregadeiras e escavadeiras e no transporte com caminhões traçados e ou caminhões fora de estrada.

As atividades de mineração de minério de ferro ou lavra de mina são caracterizadas por serem atividades de alto custo operacional por requerem de seus equipamentos grandes esforços no exercício das atividades além do contato com poeiras que são pertinentes em todo processo.

A seguir a Figura 1 apresenta o processo de extração de minério de ferro de uma mineradora a céu aberto.

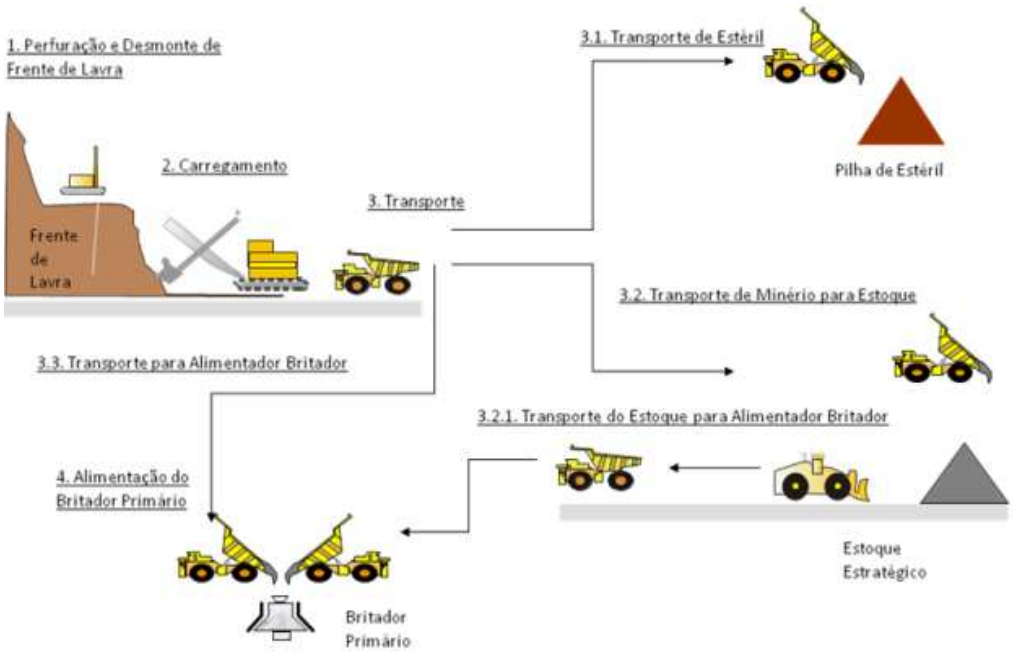

FIGURA 1. Fluxograma do circuito de extração mineral. Fonte: Dados secundários (2017)

Conforme apresentado na Figura 1, o processo de extração de minério de ferro consiste na perfuração e desmonte de frente de lavra, carregamento, transporte e alimentação do britador. Importante destacar, que no transporte, os caminhões realizam transporte de estéril e minério de ferro, esse último pode ser transportado para estoque ou britador.

1.2 Equipamentos móveis de mineração

Os equipamentos móveis utilizados em mineração são de grande porte e responsáveis pelo desmonte e transporte de minério de ferro. Eles são divididos em 3 frotas: carga, transporte e infraestrutura.

Na extração do minério, são utilizados escavadeiras, carregadeiras e caminhões. Um modelo desse tipo de equipamento pode ser verificado na Figura 2 a seguir.

Escavadeira	Carregadeira	Caminhão fora de estrada

FIGURA 2. Escavadeira elétrica, carregadeira e caminhão fora de estrada. Fonte: Dados secundários (2017)

Além das escavadeiras, carregadeiras e caminhões, tratores são outros equipamentos utilizados nas minerações que extraem minério de ferro. Na Figura 3 apresentada a seguir, pode-se verificar modelos de tratores. esteira.

Trator de pneus	Trator de esteiras	Motoniveladora

FIGURA 3. Trator de pneus, trator de esteiras e motoniveladora. Fonte: Dados secundários (2017)

Os tratores são utilizados na mineração para a adequação da infraestrutura da mina.

1.3 Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção é o seguimento dentro do setor de manutenção, responsável pelo desenvolvimento técnico da manutenção através das melhorias, planejamento, controle das atividades de manutenção e controle dos indicadores de performance. Para Pereira (2011), a denominação engenharia de manutenção apareceu entre os anos de 1950 e 1960. No Brasil, ficou mais evidente a partir dos anos 90. Antes disso, os profissionais que executavam esta função recebiam a denominação de analistas, ou técnicos.

Na visão de Nascif e Dorigo (2013), a engenharia de manutenção é a segunda quebra de paradigma na manutenção. Esses autores enfatizam que praticar a engenharia de manutenção significa uma mudança cutural. Nascif e Dorigo (2013) ainda informam em seus estudos que praticar engenharia de manutenção é pensar além da simples manutenção, é procurar por causas básicas e solucionar problemas de desempenho, desenvolver padrões e sistemas, utilizar técnicas modernas e inovadoras, contribuir para melhoria na manutenibilidade, confiabilidade e operacionalidade dos equipamentos.

Segundo Viana (2014), o desenvolvimento tecnológico da manutenção industrial é o objetivo principal da engenharia de manutenção, que busca melhorias da manutenibilidade, aumento de produtividade, eliminação dos riscos ambientais e de segurança no trabalho, além de estar sempre buscando soluções para as dificuldades encontradas nos processos e equipamentos, através de conhecimentos científicos.

Ainda segundo Viana (2014), as atribuições da engenharia começam pela incansável busca de melhorias; a área deverá ser capaz de ver o invisível e buscar de maneira prática a implantação de projetos que atinjam os objetivos traçados pela empresa.

1.4 Tribologia

Sinatora (2005) esclarece que a tribologia reúne os conhecimentos adquiridos na física, na química, na mecânica e na ciência dos materiais para explicar e prever o comportamento de sistemas físicos que são utilizados em sistemas mecânicos. O que unifica a tribologia não são os conhecimentos básicos, mas sim a área de aplicação. Assim como os campos do conhecimento que

formam a tribologia existiam antes dela, os estudos dos fenômenos de lubrificação, atrito e desgaste, que antecedem muito a 1966.

Figueiredo (2015) ressalta que a lubrificação hidrodinâmica é fundamental na tribologia. Consiste de um filme de óleo formado entre as superfícies metálicas em movimento. Este filme é que impede o contato metal-metal, aumentando a vida do equipamento.

Um dos principais focos de estudo da tribologia é o desgaste, que segundo Kato e Adachi (2001), pode ser de quatro modos, conforme apresentado na Figura 4.

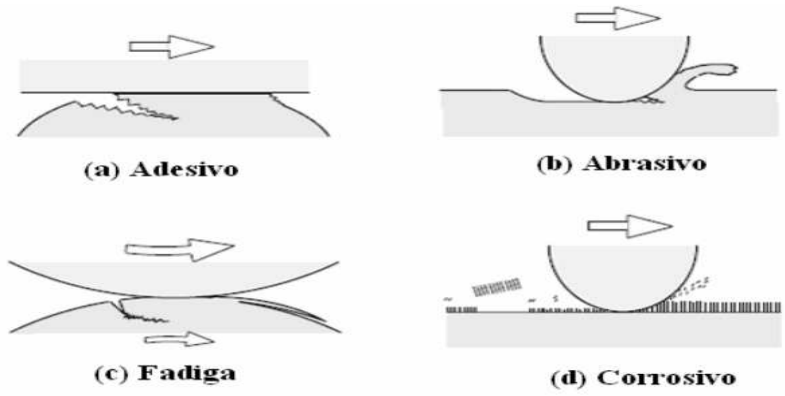

FIGURA 4. Modelos de desgaste. Fonte: Radi *et al.* (2007)

Segundo Kato e Adachi (2001), o desgaste adesivo se dá pela junção localizada no meio de superfícies solidas em contato, o que causa transferência de partículas sólidas de um ponto da peça à outra parte, ou perda de uma dessas partículas. Materiais sólidos tendem a se unir com esse tipo de desgaste.

Kato e Adachi (2001) cita que o desgaste abrasivo é o tipo de desgaste ocasionado por partículas e protuberâncias localizadas nas superfícies dos materiais, que são forçadas umas contra as outras ao longo das superfícies de contato. Logo, a perda de material ocorre devido ao roçamento das partículas com os materiais atritados, que desgastam as superfícies dos mesmos. Kato e Adachi (2001) ressalta que o desgaste abrasivo pode ser de dois tipos:

- Desgaste abrasivo entre dois corpos: ocorre quando as partículas responsáveis pelo desgaste dos materiais se encontram aderidos à superfície dos mesmos. Ou seja, as protuberâncias ainda se encontram junto aos materiais atritados.
- Desgaste abrasivo entre três corpos: 0corre quando as partículas responsáveis pelo desgaste dos materiais não se encontram aderidos à superfície dos mesmos. Ou seja, as partículas se encontram soltas entre as duas superfícies atritadas, fazendo com que o atrito ocorra entre três corpos distintos.

Em relação ao desgaste por fadiga, segundo a norma American Society for Testing and Materials (ASTM E1823-96, 2002), é o processo de mudança localizada, permanente e progressiva na estrutura, que ocorre no material sujeito a flutuações de tensões e deformações que pode culminar em trincas ou completa fratura depois de um número suficiente de flutuações. De forma mais simples, ela é um tipo de desgaste atribuído a carregamentos cíclicos de duas superfícies em contato mútuo e usualmente ocorre sem perdas progressivas de material.

O desgaste por corrosão, conforme Kato e Adachi (2001), acontece por meio da transformação pela interação, química ou eletroquímica de uma superfície em determinados ambientes. Essa transformação acarreta na degradação do material.

1.4.1 Índices de contaminação

Os índices de contaminação são as referências para avaliar e medir o nível de impurezas na composição dos fluidos por meio de laudos, comparando o histórico com os dados atuais.

De acordo com a Lubrimaq do Brasil ([2016?], a *International Standarts Organization* (ISO) desenvolveu a norma ISO 4406, para padronizar o método usado para expressar o nível de contaminações de partículas em óleo hidráulico. Essa norma é conhecida internacionalmente, que não apenas expressa o nível de contaminação do óleo hidráulico por partículas, como também é usada para especificar o nível exigido de limpeza para componentes e sistemas hidráulicos.

Na norma ISO 4406, conforme Lubrimaq do Brasil ([2016?]), encontra-se um sistema de classificação de pureza hidráulica, baseado no número de partículas de contaminação maiores que 2 microns, 5 microns, e 15 microns numa amostra de 1 mililitro do fluído. A Tabela 1 a seguir apresenta a atribuição de números de escala.

TABELA 1. Atribuição de Números de Escala

Nº da Escala ISO	Nº de Partículas por mililitro (ml)	
	Mais de	Até (inclusive)
> 28	2.500.000	
28	1.300.000	2.500.000
27	640.000	1.300.000
26	320.000	640.000
25	160.000	320.000
24	80.000	160.000
23	40.000	80.000
22	20.000	40.000
21	10.000	20.000
20	5.000	10.000

Nº da Escala ISO	Nº de Partículas por mililitro (ml)	
	Mais de	Até (inclusive)
19	2.500	5.000
18	1.300	2.500
17	640	1.300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	0,64	1,3
6	0,32	0,64
5	0,16	0,32
4	0,08	0,16
3	0,04	0,08
2	0,02	0,04
1	0,01	0,02
0	0	0,01

Fonte: ISO 4406 (1999) *apud* Lubrimaq ([2016?])

Uma vez determinados o número e o tamanho das partículas, os pontos são traçados num gráfico padronizado de números na faixa ISO. O formato de classificação ISO 4406 oferece três faixas de números que são separados por uma barra, por exemplo 20/14/12. O primeiro número corresponde ao número de partículas de tamanho superior a 2 microns. O segundo número corresponde número de partículas de tamanho superior a 5 microns. E, o terceiro número corresponde ao número de partículas superior a 15 microns. (LUBRIMAQ DO BRASIL, [2016?]).

1.5 Processo de diálise

O Sistema de Diálise Hidráulica, segundo Oilcheck (2017), é um sistema móvel de micro filtragem desenvolvido para realizar a diálise de óleos lubrificantes, com eficiência no menor tempo possível. A filtragem do tipo diálise tem como objetivo retirar as partículas que contaminam os fluidos e que geram as falhas nos equipamentos. Em verdade, o processo busca o recondicionamento completo do óleo, aumentar o grau de limpeza e reduzir teores de água, gases, sólidos e borras a níveis similares aos do óleo novo.

Para realizar a filtragem do óleo, é utilizado uma unidade móvel de diálise, conforme pode ser verificado na Figura 5.

FIGURA 5. Máquina de diálise de óleo hidráulico. Fonte: Filtromat (2017)

Conforme pode-se verificar na Figura 5, os principais componentes da máquina de diálise são a carcaça de inox, mangueira de sucção e manômetro indicador de saturação.

No processo de diálise de óleos lubrificantes, análises do óleo devem ser realizadas. Para Alenc (2013), a maior parte das amostras de óleo hidráulico enviadas para análise de contaminação por partículas sólidas são avaliadas através de contadores automáticos de partículas (APC – automatic particle counter), cujo padrão de calibração segue a ISO 11171. Um APC típico como o representado na Figura 6, efetua a contagem das partículas na amostra de óleo através do bloqueio de um feixe de luz, sendo o meio mais adotado aquele que utiliza um emissor a laser.

FIGURA 6. Contador de partículas. Fonte: ABH (2017)

Ao passar por este facho luminoso do contador de partículas, as partículas bloqueiam o sinal gerando uma “sombra” na placa receptora que é interpretada como sendo maior ou igual a

alguns tamanhos pré-estabelecidos. As quantidades ordenadas por tamanhos são então registradas na memória do contador.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo é um estudo de caso com natureza de pesquisa documental, exploratória, que tem a finalidade de proporcionar maior familiaridade ao autor com os sistemas de filtragem de óleos; e explicativa, visando identificar variáveis que determinam a razão e ocorrência de um fenômeno, investigando relações de causa efeito.

A pesquisa foi desenvolvida em uma oficina de manutenção de uma empresa mineradora situada na Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais e foram utilizados uma máquina de filtragem e seus periféricos e um contador de partículas. A pesquisa foi direcionada para os equipamentos de carga e transporte e foi realizada no período de janeiro a junho de 2017.

O universo da pesquisa foi de 45 equipamentos, selecionados do setor de carga e transporte sendo estudados 100% dos equipamentos. A escolha da amostra deu-se pelo método de acessibilidade, uma técnica não probabilística, uma vez que um dos autores da pesquisa trabalha na área onde se encontram os equipamentos e tem acesso aos documentos e relatórios do processo de manutenção. A pesquisa foi realizada com a participação de gestores, orientador técnico, lubrificador e um dos autores da pesquisa.

No desenvolvimento desse estudo, foi realizada a análise dos consumos de óleo no período de implantação da atividade de Diálise em janeiro de 2016 e comparado com os resultados do ano anterior. Esses dados possuem natureza quantitativa, foram apresentados e analisados por meio de tabelas e gráficos.

Assim, os dados foram analisados e comparados com o objetivo de verificar a eficiência do método. Por meio dessa comparação, o presente trabalho visou apresentar a redução de consumo de óleo hidráulico. Foram coletados dados referentes ao período de janeiro a dezembro de 2016.

4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

O processo de extração e transporte mineral é feito por meio de equipamentos de grande porte e de modelos diferentes, como caminhões, carregadeiras, entre outros. A particularidade desses equipamentos fica por conta dos sistemas hidráulicos, que apesar dos variados arranjos todos são funcionais devido ao fluido hidráulico. Os fluidos hidráulicos exercem funções diversas, sendo expostos a condições severas que causam elevados índices de contaminações, que aliadas às

horas trabalhadas levam a ocorrência de um simples e prematuro descarte de um elemento que pode ter sua vida útil prolongada.

Neste trabalho, verificou-se que a empresa tinha um grande consumo de óleos hidráulicos no processo de manutenção das máquinas e dos equipamentos de mina. Assim, identificou-se a necessidade de analisar as causas do elevado consumo.

Em verdade, as trocas de óleo hidráulicos em manutenção preventiva realizadas nos equipamentos ocorrem de acordo com os índices de contaminação e com as horas trabalhadas dos equipamentos. Entretanto, mesmo o período de tempo entre as trocas sendo considerada alto, existe ainda o grande volume de consumo de óleo hidráulicos que acarreta um alto custo para a empresa. Um fator que acentua e é prejudicial ao processo, é que devido à condição de operação do equipamento, não existe acompanhamento real do estado do fluido.

O sistema hidráulico é projetado para trabalhar com fluido, este entra em contato com partes internas e orifícios calibrados dos equipamentos, seu funcionamento gera desgaste. Existe contaminação do fluido e posteriores danos aos componentes. Esta situação é recorrente nos equipamentos da carga e transporte de mina. Desta forma, procurou-se identificar formas de analisar o óleo e consequentemente soluções para reduzir os contaminantes existentes no mesmo e aumentar assim a vida útil dos fluidos.

4.1 Análise

Além do descarte indesejado e a consequentemente geração de resíduos, deve-se levar em consideração a quantidade de troca de óleo hidráulico praticada durante o ano, sendo que em condições normais, considerando 12 meses é gerado um volume de 107.892 litros de óleo hidráulico e um custo de R$ 1.214.898,00. Acrescenta ainda, que no processo de manutenção, onde ocorre a troca do óleo, há também o custo de horas trabalhadas dos funcionários, o que aumenta os custos para a empresa.

Neste trabalho, inicialmente, foi realizada análise de óleo para verificação do tamanho e quantidade de contaminantes. Assim, utilizaram-se amostras de óleos que foram retirados das máquinas e equipamentos em troca no período normal de 2000 horas trabalhadas.

Em relação aos resultados da análise do óleo, a Tabela 2 mostra os quantitativos e o número de referência apresentada pela norma ISO 4406.

TABELA 2. Números de partículas encontradas (un/1ml) x Códigos ISO

Tamanhos de partículas por 1ml	Números de partículas encontradas (un/1ml)	Número máximo de partículas desejadas (um/1ml) ISO 4406
4 µm	2600,9	1900,0
6 µm	610,8	320,0
10 µm	18,5	7,0
14 µm	1,4	O,3
21 µm	0,5	0,0
38 µm	0,0	0,0

Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Na Tabela 2, verifica-se o tamanho e número de partículas encontradas em 1 ml de óleo. Com esses resultados, verificou-se que o número de partículas encontradas é superior ao número máximo desejado segundo a Norma ISO 4406. Desta forma, pode-se afirmar que as contaminações são os principais fatores que levam a realizar a troca dos óleos hidráulicos nas máquinas e equipamentos da mineração.

Após a coleta e análise dos dados, realizou-se reuniões com a equipe de engenharia de manutenção para munir-se de informações para explicitar o grande volume de óleo hidráulico consumido. Nesta reunião, sugestões com a finalidade de melhorar o desempenho dos óleos hidráulicos foram levantadas por meio de um *brainstorming.* O Quadro 1 a seguir apresenta as sugestões dadas pela equipe de engenharia de manutenção da empresa.

Sugestões	Status
Aumentar o tempo entre trocas dos óleos hidráulicos	Inviável
Substituir tipo de óleo hidráulico	Inviável
Instalar filtros de maior eficiência	Inviável
Eliminar contaminação por fatores externos	Viável
Realizar diálise do óleo hidráulico	Viável

QUADRO 1. Sugestões da Equipe de Engenharia de Manutenção para melhorar desempenho dos óleos hidráulicos das máquinas e equipamentos de mina. Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Verifica-se no Quadro 1, que seis foram as sugestões apresentadas pela equipe de engenharia de manutenção para melhorar o desempenho dos óleos hidráulicos das máquinas e equipamentos da mina. Em relação às seis sugestões, quatro foram analisadas pelos gestores do processo de manutenção e operação e foram identificadas como inviáveis, sendo elas, aumentar o tempo entre trocas de óleo hidráulico, substituir tipo de óleo hidráulico e instalar filtros de maior

eficiência. Por outro lado, duas foram consideradas viáveis, isto é, eliminar contaminação por fatores externos e realizar a diálise do óleo hidráulico.

Em sequência, passaram a discutir a possibilidade de buscar informações sobre aproveitamento de óleos em outras empresas e fabricantes. Em contatos com outras empresas especializadas, verificou-se que a utilização de diálise dos óleos hidráulicos era viável, uma vez que, evitava o descarte precoce óleos. Além disso, prolongava a vida útil dos óleos hidráulicos e reduziria o custo para a empresa.

4.2 Ações e resultados

Nesta etapa desenvolveram-se ações baseadas na análise detalhada do problema, e foi elaborado um plano de implantação de medidas com o intuito de tornar o processo eficiente e estável. O Quadro 2 apresenta o plano de ação com as medidas que foram implementadas na empresa.

Item	O QUE	ONDE	QUANDO	POR QUÊ	COMO	QUEM
1	Levantar quais empresas realizam diálise de óleo	Setor Engenharia	Out/15	Buscar à que possa melhor atender nossas necessidades	Pesquisa de mercado	Engenharia de Manutenção
2	Reunir com cada uma das 3 empresas contatadas	Setor Engenharia	Out/15	Verificação do trabalho implementado	Reuniões individuais	Engenharia de Manutenção
3	Analisar custo de cada uma	Setor Engenharia	Out/15	O custo é um dos principais objetivos	Através de cotações do mercado	Engenharia de Manutenção
4	Implementar a ação	Setor Engenharia	Nov/15	Definir objetivos do processo	Elaboração de fluxograma	Engenharia de Manutenção
5	Acompanhar/ treinar	Oficina	Nov/15	Dar garantia ao processo	Solicitando a Engenharia	Engenharia de Manutenção
6	Fazer as diálises	Oficina	Nov/15	Dar Início ao novo processo	Nos sistemas hidráulicos	Empresa
7	Acompanhamento da realização da diálise	Oficina	Nov/15	Garantir padronização	Trabalho de campo	Engenharia de Manutenção
8	Compilação dos relatórios ISO	Setor Engenharia	Dez/15	Análise de dados	Analisar antes e depois	Engenharia de Manutenção
9	Enviar amostras para análise laboratorial	Oficina	Dez/15	Garantir a qualidade	Através do programa SOS	Engenharia de Manutenção
10	Analisar laudos Laboratoriais	Setor Engenharia	Dez/15	Comparar resultados	Usar parâmetros dos óleos	Engenharia de Manutenção

QUADRO 2. Plano de ação – Diálise de óleo hidráulico. Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Após a definição do plano de ação, todas as etapas foram cumpridas dentro do escopo, dando credibilidade a funcionalidade do processo. Após, foi verificada a eficácia das medidas, por meio dos resultados das análises do óleo hidráulico, conforme pode ser verificado na Tabela 3.

TABELA 3. Quantidade de partículas contaminantes nos óleos hidráulicos

Tamanhos de partículas por 1ml	Qt. Partículas Antes da utilização de diálise de óleo hidráulico	Número máximo de partículas desejadas (um/1ml) ISO 4406	Qt. Partículas Após a realização de diálise do óleo hidráulico
4 µm	2600,9	1900,0	1713,5
6 µm	610,8	320,0	288,1
10 µm	18,5	7,00	4,00
14 µm	1,4	0,3	0,0
21 µm	0,5	0,0	0,0
38 µm	0,0	0,0	0,0

Fonte: Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Por meio da Tabela 3, pode-se afirmar que a diálise de óleo hidráulico favorece a utilização do óleo hidráulico, uma vez que, os resultados mostram que estão a baixo dos números de referências da norma ISO 4406.

A fim de apresentar os resultados da diálise de óleo hidráulico, um comparativo foi realizado do consumo de litros de óleo hidráulico do ano de 2015, antes da realização da diálise do óleo hidráulico, com 2016, quando a empresa passou a realizar a diálise. O Gráfico 1 apresenta os dados.

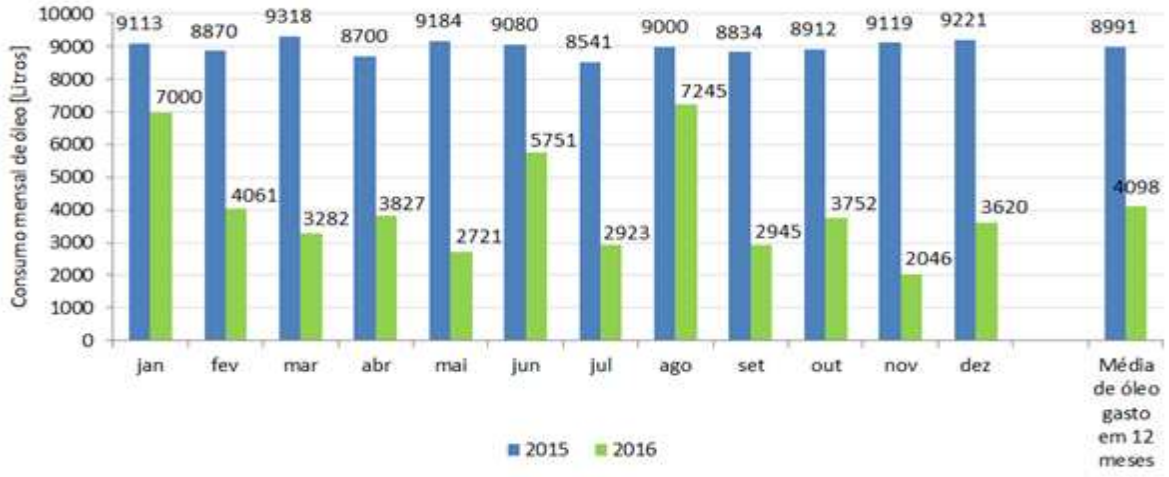

GRÁFICO 1. Comparativo de quantidade de litros de óleo consumidos em 12 meses – Ano 2015 e 2016. Fonte: Dados da pesquisa (2017)

Conforme apresentado no Gráfico 1, pode-se afirmar que, com a utilização de diálise de óleo hidráulico, ocorreu uma redução no consumo anual de óleo hidráulico em máquinas e equipamento da mina de 49.173 litros.

Outro comparativo que foi realizado neste estudo foi dos gastos realizados com o consumo de óleo hidráulicos em máquinas e equipamento da mina no ano de 2015 e 2016. Os resultados podem ser verificados no Gráfico 2.

GRÁFICO 2. Valores gastos em óleo hidráulico em um ano. Fonte: Dados da pesquisa (2017)

No Gráfico 2, percebe-se que o gasto com óleo hidráulico reduziu significativamente no ano de 2016 em relação ao ano de 2015. Assim, pode-se afirmar que a realização de diálise de óleo hidráulico na empresa proporcionou uma diminuição nos gastos de R$ 273.862,00, o que representa uma queda de 77,5%.

Após a certificação da eficácia da ação, apresentou-se os resultados, em uma reunião com o corpo técnico gerencial, obtendo-se a aprovação do processo. Revisou-se o plano de manutenção preventiva de lubrificação, onde agora realiza-se diálise dos óleos hidráulicos, ao invés de fazer o seu descarte.

5 CONCLUSÕES

No desenvolvimento desse trabalho, foi apresentado o consumo e o custo de óleo hidráulico de máquinas e equipamentos do processo de extração de minério de ferro dos anos de 2015 e 2016. Verificou-se que no ano de 2015, a mineradora tinha um volumoso consumo e custo com

esse componente e que em 2016, após passar a realizar a diálise do óleo hidráulico a redução foi significativa para a empresa.

Efetivamente, esta pesquisa teve o objetivo de apresentar o resultado do consumo de óleo hidráulico de máquinas e equipamento com a utilização de diálise em uma mineradora de minério de ferro da Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Assim, nesta pesquisa foi apurado que a implementação do processo diálise de óleo hidráulico proporcionou para a mineradora um redução no custo com óleo hidráulico de 77,5% em 2016 em relação ao ano de 2015; e em volume a redução foi de 49.173 litros.

Conclui-se, desta forma, que a diálise do óleo hidráulico aumenta a vida útil desse fluído e as máquinas e os equipamentos mantêm-se em perfeito funcionamento para realizar as atividades exigidas no processo operacional, uma vez que, não foi identificada nenhuma ocorrência de ineficiência do equipamento. Acrescenta-se que a eficiência do novo processo aplicado na manutenção de lubrificação, demonstrou-se também, que uma solução simples, como a diálise, pode melhorar substancialmente a performance de um fluído.

Portanto, o estudo sobre a diálise do óleo hidráulico mostra que a empresa obteve maior lucrativa em seu processo, visto que, o custo do processo de operação é contido com a redução do consumo de óleo hidráulico. Tudo leva a empresa a obter melhores resultados e, por consequência, maior competitividade no mercado.

REFERÊNCIAS

ALENC, A. P. **Qual a importância do Código de Limpeza ISO 4406:1999 em uma análise de óleo?** Revista MF, Edição Nº 62, Maio/Junho de 2013. Disponível em: http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=857&link=ultima&fase=C. Acesso em: 04/03/2017

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1823-96:** Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing. Philadelphia, 2002.

BRASIL. Decreto Lei nº 227, de 28 de Fevereiro de 1967. **Código de Mineração**. Brasília, 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227compilado.htm. Acesso em: 11/03/2017.

FIGUEIREDO, E. **Você sabe o que é e para que serve a tribologia?** 2015. Disponível em: http://www.engenhariadomovimento.com.br/2015/01/voce-sabe-o-que-e-e-para-que-serve.html. Acesso em: 16/03/2017

http://www.tecem.com.br/wp-content/uploads/2013/03/a-importancia-da-gestao-na-manutencao-parte-i-Tecem.pdf. Acesso em: 15/03/2017.

KATO, K. A, ADACHI, K., **Wear Mechanism: Modern Tribology Handbook**. vol. 1,s.l. Boca Raton. CRC Press, 2001. 291-301p.

LUBRIMAQ DO BRASIL. **Purificação dos Fluídos Industriais.** ([2016?]). Disponível em: http://www.lubrimaq.com.br/filtragem-de-oleo.php. Acesso em: 08/03/2017

NASCIF, J.X.; DORIGO, L.C. **A importância da gestão da manutenção ou como evitar as armadilhas na gestão da manutenção.** TECEM Tecnologia Industrial LTDA. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção 2005, Revisado 2013. Disponível em:

OILCHECK. **Sistemas móvel de diálise.** 2017. Disponível em: http://www.oilcheck.com.br/case-fullcheck/dialise-movel/. Acesso em: 05/03/2017.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção:** Teoria e Prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

RADI, P. A., et al. **Tribologia, Conceitos e Aplicações.** Anais do 13O Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XIII ENCITA / 2007 Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, Outubro, 01 a 04, 2007, Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266485991_TRIBOLOGIA_CONCEITOS_E_APLICACOES. Acesso em: 12/03/2017.

SINATORA, A. **Tribologia**: um resgate histórico e o estado da arte. São Paulo. 2005. Disponível em:https://pt.scribd.com/document/289654528/Tribologia-Um-resgate-historico-e-o-estado-da-arte. Acesso em: 12/03/2017.

TECCNEU CLEAN. **Diálise em óleos hidráulicos**. 2017. Disponível em: http://www.teccnewclean.com.br/sao-luis/dicas-novidades-conteudo/4226/dialise-em-oleos-hidraulicos-. Acesso em: 10/03/2017

UNIVERSAL LUBRIFICANTES. **Óleo para sistemas Hidráulicos.** 2017. Disponível em: http://www.universallubrificantes.com.br/artigos/item/19-oleo-para-sistemas-hidraulicos. Acesso em: 10/03/2017

VIANA, H. R. G. **PCM:** Planejamento e Controle da Manutenção. 6ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.