

Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG
Curso de Engenharia Mecânica

ANTÔNIO CUSTÓDIO NETO

ANÁLISE DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Publicação Nº 03

Goianésia - GO
2023

ANTÔNIO CUSTÓDIO NETO

ANÁLISE DE ÓLEO LUBRIFICANTE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA FACEG

Aprovados por:

Ariane Martins Caponi Lima
Prof. Ma. Ariane Martins Caponi Lima - Orientador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Alessandro Morais Martins
Prof. Me. Alessandro Morais Martins - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Jéssica Nayara Dias
Prof. Ma. Jéssica Nayara Dias - Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Goianésia - GO
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

NETO CUSTÓDIO, ANTÔNIO.

Análise de óleo lubrificante (ENM/FACEG, Bacharel, Engenharia Mecânica, 2023).

ARTIGO – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia mecânica.

- | | |
|-----------------|----------------------------------|
| 1. Óleo | 2. Lubrificação |
| 3. Contaminação | 4. Manutenção |
| I. ENM/FACEG | II. Análise de Óleo Lubrificante |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Custódio Neto, A. **Análise de óleo lubrificante**. Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2023.

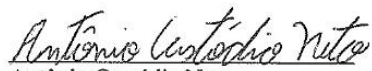
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Antônio Custódio Neto

TÍTULO DO TRABALHO DO ARTIGO: Análise de óleo lubrificante

GRAU: Bacharel em Engenharia Mecânica ANO: 2023

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Antônio Custódio Neto

Endereço: Av: Minas Gerais, N47
76380-000 – Goianésia/Go – Brasil

ANÁLISE DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Aluno: Antônio Custódio Neto¹

Orientador: Ariane Martins Caponi Lima²

RESUMO

O presente trabalho versa acerca da necessidade de análise do óleo lubrificante utilizado em maquinário de metal. A pesquisa foi realizada mediante revisão de literatura e estudo de caso feito em empresa localizada no Vale do São Patrício, município de Barro Alto, no Estado de Goiás. A revisão de literatura permitiu a correta determinação da importância do óleo lubrificante para a vida útil de maquinário metálico em geral, enquanto o estudo de caso acompanhou o processo de coleta de amostras de óleo lubrificante fornecidas pela empresa em períodos de tempo distintos, permitindo a correta interpretação dos resultados enviados pelo laboratório responsável pela análise. O objetivo geral deste artigo é compreender a eficiência da análise de óleos lubrificantes em uma unidade hidráulica. A metodologia utilizada foi mostrar as definições sobre a lubrificação industrial e explicar o processo desde o início da coleta do óleo lubrificante até os resultados obtidos, como ordens de serviço e gráficos, comparando os resultados de um intervalo de tempo em uma unidade hidráulica e fornecendo possíveis soluções para os problemas encontrados. A análise de óleo lubrificante é crucial na manutenção preventiva, detectando problemas como degradação, contaminação e desgaste, sendo sua manutenção capaz de preservar os equipamentos, reduzir custos e prolongar a vida útil do maquinário. Concluiu-se, portanto, que práticas de manutenção adequadas, trocas regulares de óleo e monitoramento são essenciais para minorar maiores danos e avarias. Além disso, em caso de contaminação, é imprescindível a descoberta de sua causa, utilizando métodos atualizados para amostragem correta, papel que deve ser desempenhado somente por profissionais qualificados.

Palavras-chave: Óleo. Lubrificação. Contaminação. Manutenção

¹ Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: antonio-custodioneto@hotmail.com

² Mestre, professor do curso da Faculdade Evangélica de Goianésia. E-mail: arianecaponilima@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A lubrificação industrial é uma forma comum de manutenção preventiva que quando utilizada de forma correta aumenta a vida útil e a disponibilidade de máquinas e equipamentos, definindo-se assim como uma ferramenta eficiente na redução de custos e aumento dos lucros e produtividade das indústrias (MOBLEY, 2008).

Segundo Belmiro e Carreteiro (2006), esse tipo de prática surge como forma de prevenir desgaste de peças e controle de fricção, pois consiste na interposição de substância fluida entre duas superfícies metálicas que se movimentam, evitando o contato direto entre estes metais.

De acordo com SENAI-ES (1997), a falta de lubrificação pode causar sérios problemas, levando a falhas prematuras dos componentes dos equipamentos e máquinas, aumentando o custo de manutenção. A análise de óleo de lubrificação torna possível a verificação das condições de aplicação, pois pode garantir a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos industriais, bem como a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente.

A análise de óleo lubrificante é amplamente utilizada em diversos setores industriais, como petróleo e gás, energia, mineração, transporte e manufatura. A técnica permite que os operadores de equipamentos obtenham informações valiosas sobre a saúde do equipamento e possam programar manutenções preventivas ou corretivas com antecedência, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de reparo. A análise do óleo lubrificante é utilizada com objetivo principal de identificar as condições do óleo e possíveis falhas dos ativos. Aumentando a qualidade da lubrificação, há confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos (HERNANDES P., 2018).

De acordo com Dias *et al.* (2005), os custos de manutenção são compreendidos por recursos humanos, materiais e interferência na produção e perdas no processo. Ele enfatiza que o custo de interferência na produção representa quanto foi deixado de produzir por tempo de parada do sistema produtivo, cujos resultados são convertidos em dinheiro, e que o custo de perdas geradas é referente aos refugos de produção e desperdício de matéria-prima e insumos devido às falhas no maquinário. Os custos de manutenção nas indústrias, devido à modernidade e complexidade de equipamentos, aumentaram as exigências dos responsáveis pela gestão desses ativos. Portanto, para uma maior flexibilidade no planejamento da manutenção, em uma empresa que esteja em plena atividade operacional, devem-se antever algumas condições.

O grande paradoxo da manutenção atual é determinar a máxima periodicidade de manutenção, ou seja, o momento ótimo de se realizar a intervenção em função de uma otimização do processo, ou ao menor custo possível. Quando se trata do estabelecimento da periodicidade das manutenções, o que se busca é minimizar o custo e maximizar a confiabilidade do sistema de modo a se ter o maior aproveitamento desse. E o que se deseja é que as intervenções nos sistemas se dêem na iminência de uma falha, a fim de que não sejam feitas intervenções desnecessárias que incorram em diversos custos adicionais, porém não proporcionem um nível de confiabilidade muito baixo (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

De acordo com Kardec e Nascif (2005) é possível, através de uma análise de custos, disponibilidade e nível de manutenção, determinar o momento ótimo da manutenção. Dessa forma, consegue-se aplicar os melhores métodos, a custos mais baixos e obtendo os melhores resultados possíveis. Assim, a gestão da lubrificação torna-se mais abrangente quando direcionada para a saúde do ativo, melhorando sua eficiência e proporcionando crescimento da taxa de produtividade das empresas (SILVA E WALLBANK, 1998).

Borin (2003) propôs diferentes abordagens para avaliar a degradação dos lubrificantes utilizados. Ele sugeriu metodologias qualitativas para determinar o tipo de lubrificante utilizado e duas metodologias quantitativas para medir contaminantes e parâmetros de qualidade, como viscosidade e número de base total. Essas metodologias têm como base a espectrometria no infravermelho por reflectância total e a quimioterapia, e têm o objetivo de tornar as análises de lubrificantes mais rápidas, práticas, econômicas, seguras e eficientes.

No estudo, para avaliar qualitativamente as condições dos lubrificantes do motor de um ônibus, foram utilizadas cartas de controle multivariadas. Isso permitiu identificar quais lubrificantes ainda estavam em condições de uso, evitando desperdícios e troca desnecessária. Para determinar o tipo de lubrificante automotivo utilizado, foi proposta a utilização da Análise de Componentes Principais. Essa técnica permitiu distinguir claramente quatro tipos diferentes de lubrificantes. Na quantificação de 22 (vinte e dois) contaminantes presentes nos lubrificantes automotivos, como água, etileno glicol e gasolina, foi utilizada a técnica de Infravermelho.

A contaminação do óleo lubrificante pode ocorrer em diferentes níveis e formas. Newell (1999) descreve algumas das causas mais comuns de contaminação e suas consequências para o motor. Entre as contaminações mais frequentes estão a diluição proveniente dos combustíveis, a presença de água e a poeira. A presença de água no óleo do motor pode afetar negativamente a lubrificação e causar problemas de corrosão. Já as diluições presentes nos combustíveis reduzem significativamente a viscosidade do óleo e aceleram o desgaste. A poeira é um contaminante comum que pode surgir devido a uma filtração de ar ineficiente ou más condições de estoque e manuseio do óleo lubrificante. A presença elevada de poeira pode acelerar o desgaste do motor.

Partindo dessa prática, o objetivo desta pesquisa é compreender a eficiência da análise de óleos lubrificantes em uma unidade hidráulica. Tem-se como objetivos específicos mostrar definições sobre a lubrificação industrial e explicar o processo desde o início da coleta do óleo lubrificante até os resultados obtidos, como ordens de serviço, gráficos e comparar os resultados de um intervalo de tempo em uma unidade hidráulica.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 LUBRIFICAÇÃO

A lubrificação está presente na civilização há muitos séculos. Dados históricos confirmam que mais de mil anos antes de Cristo o homem já utilizava processos de diminuição de atrito pela lubrificação, mesmo sem conhecer seus fundamentos teóricos. A lubrificação desempenha um papel muito importante nas máquinas e equipamentos como, por exemplo, a máquina de lavar roupas doméstica, que necessita de lubrificação e de relubrificação ao longo do ciclo de vida (STOETERAU, 2014).

Na década de 1940, a indústria ferroviária começou a utilizar os Programas de Análise de Óleo por Espectrografia (Spectrometric Oil Analysis Program - SOAP) para testar o desgaste através de amostras de lubrificante. Com o surgimento do espectrômetro de emissão atômica, esses métodos SOAP passaram a ser empregados em aeronaves militares e alguns veículos militares com motores a diesel. Os métodos utilizados nos programas SOAP incluem a absorção atômica (AA), espectrografia de emissão atômica (AES), plasma induzido por emissão (ICPE) e raio X por fluorescência (XRF). Entre esses métodos, AES e ICPE são os mais populares devido ao seu custo, velocidade e outros fatores. Esses métodos baseiam-se na detecção da luz emitida pelos elementos presentes nas amostras (LOCKWOOD; DALLEY, 1992).

Outra técnica amplamente utilizada para monitorar o óleo é a ferrografia. Essa técnica consiste em acompanhar o desgaste do equipamento por meio da análise das partículas presentes no óleo lubrificante. (GRANJA, 1999).

Segundo a ALS Tribology (2016), um dos métodos da manutenção preditiva é a análise de fluidos, utilizada para o controle do grau de desgaste dos equipamentos. Este método pode ser feito com um simples exame visual, com lentes de aumento ou sem elas, não obstante existirem diversos métodos profissionais para monitoramento preciso e detalhado das condições de cada peça. Algumas dessas técnicas são: holografia, endoscopia, estroboscopia, molde e impressão.

2.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

O foco da manutenção preditiva está na redução de custos e na maior disponibilidade do maquinário. Segundo a ALS Tribology (2016), a manutenção preditiva possibilita que intervenções possam ser feitas no momento adequado, o que evita perda de algum componente por falha não identificada ou não prevenida e o desgaste dos dois equipamentos. Isso também permite que os equipamentos estejam sempre prontos para serem usados e funcionem com total capacidade, resultando em maior produtividade e rendimento, o que aumenta a confiabilidade.

Quando focada na saúde do ativo, a gestão da lubrificação se torna mais abrangente, trazendo benefícios como o aumento da eficiência e o crescimento da taxa de produtividade das empresas, conforme mencionado por Silva e Wallbank (1998). A análise de óleo é uma técnica utilizada na manutenção preditiva que pode auxiliar as empresas a reduzir os custos de manutenção, minimizar o tempo de parada dos equipamentos e maximizar a vida útil destes.

De acordo com Nascif (2009), a manutenção preditiva tem como objetivo geral justamente prever o momento de falha do equipamento, porém com um grande diferencial: a medição e análise do comportamento da máquina. Desse modo, têm-se uma vantagem sobre a manutenção preventiva, que pressupõe uma retirada pelo tempo de operação da máquina, mesmo quando não se observa tendência a falha.

Ainda conforme Nascif (2009), os benefícios da manutenção preditiva se estendem para outros setores de manutenção e produção. O diagnóstico de uma análise preditiva provê à equipe de manutenção informações úteis na hora de se preparar para o serviço a ser feito na máquina, o que pode diminuir o tempo de reparo e qualidade do trabalho. Além disso, a produção pode se preparar para retirada do equipamento com antecedência, minimizando assim a perda de produtividade na falta do equipamento.

Quando feitas de maneira correta, as análises de manutenção preditiva podem diminuir significativamente o risco de falhas severas que levam à uma substituição precoce de maquinário. Porém, quando o diagnóstico do equipamento demonstra uma quebra iminente, os relatórios de preditiva na máquina podem auxiliar na decisão de substituição. Utilizando o histórico de preditiva num equipamento é possível estimar o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e utilizar essas informações para determinar quando o custo de manutenção e operação da máquina já ultrapassou o seu custo de substituição (COLLACOTT, 1999).

A falta de manutenção adequada no sistema hidráulico pode resultar em uma série de problemas, tais como vazamentos, desgaste dos componentes devido à contaminação do fluido, perda de eficiência, paradas não programadas e até mesmo a perda total de alguns componentes. A fim de evitar esses problemas, é importante implementar medidas de manutenção preventiva e preditiva, bem como utilizar indicadores adequados que contribuam para aumentar a confiabilidade dos componentes. Através da realização de estudos de manutenção com o

objetivo de aprimorar a eficiência do sistema hidráulico, é possível obter grandes benefícios, tais como o aumento da confiabilidade e a prevenção de falhas inesperadas, conforme mencionado por Sousa (2019).

2.3 UNIDADE HIDRÁULICA

O sistema hidráulico é um conjunto de peças e dispositivos hidráulicos que são utilizados para fornecer movimento e força a um determinado equipamento. Ele pode ser aplicado em diversas situações, como, por exemplo, em uma extrusora ou em uma prensa de papel (PARKER, 2001). Seus componentes dependem diretamente de sua aplicação, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Componentes da unidade hidráulica e suas funções

Componente	Função
Motor Elétrico	Responsável por dar movimento à Bomba Hidráulica
Bomba Hidráulica	Enviar óleo para o sistema
Filtros	Filtrar as impurezas no fluido que atua no sistema
Válvulas Direcionais	Direcionar o óleo para um determinado sentido
Válvulas Reguladoras de Pressão e Vazão	Alivia a pressão e regula a velocidade do Sistema

Fonte: PARKER, 2001

Os equipamentos hidráulicos operam com pressões elevadas, velocidades consideráveis e são altamente sensíveis. Por isso, é essencial realizar uma verificação contínua do desempenho e do estado de conservação desses equipamentos, além de manter a limpeza como uma prática obrigatória. A limpeza do local de instalação do sistema hidráulico é crucial para garantir seu bom funcionamento. Isso reduz o risco de contaminação ambiental, eliminando impurezas que poderiam entrar no sistema hidráulico. Além disso, a limpeza também deve ser trançada e aplicada em oficinas, áreas de montagem, manutenção e vestíbulos, que devem ser transparentes em locais onde ocorrem atividades como resistência, pintura e ambientes com acúmulo de poeira, água, vapor e outros (PARKER, 2001)

Para garantir uma instalação e manutenção alinhadas, é essencial dar atenção especial à limpeza do equipamento e da área onde a instalação comandada. Todos os componentes devem ser protegidos e isolados, mantendo essa condição a conclusão da montagem. É importante evitar qualquer tipo de impureza que possa contaminar o circuito hidráulico, pois isso pode causar danos ao sistema. Portanto, é necessário adotar os cuidados necessários para evitar o comprometimento do funcionamento do sistema devido a contaminações (PARKER, 2001).

Determinadas medidas devem ser tomadas regularmente para garantir um desempenho ideal e uma precisão adequada do sistema. Esses cuidados incluem: realizar a limpeza externa mensalmente, trocar os filtros de ar a cada dois meses (para outros filtros e elementos, é importante verificar semanalmente o nível de saturação e agir de acordo com a necessidade de cada tipo específico), sendo necessário verificar diariamente o nível, pressão e temperatura do

óleo, bem como estar atento a ruídos e vibrações durante o funcionamento, avaliando suas consequências, como perda de pressão, vazão e outros parâmetros. Por último, é recomendável realizar análises do óleo, verificando suas propriedades físico-químicas preferencialmente a cada trimestre (PARKER, 2001).

Além destes cuidados, é necessário ter atenção a vazamentos, ao funcionamento da bomba hidráulica, dos atuadores, válvulas, comandos e outros componentes do sistema que devem ser sempre observados, de modo a proporcionar um rendimento e funcionamento adequado do circuito hidráulico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem como metodologia um estudo de caso, que pode abranger análise de exame de registros, observação de acontecimentos, entrevistas estruturadas e não-estruturadas ou qualquer outra técnica de pesquisa. Por sua flexibilidade, é sugerido nas fases iniciais da pesquisa de temas complexos para a construção de hipóteses ou reformulação do problema (GIL, 2006).

Esta pesquisa aborda um estudo de caso prático em indústria de mineração sobre óleos lubrificantes e análise de óleo. A pesquisa bibliográfica se concentrou em livros, artigos técnicos, revistas e sites onde são abordadas temáticas de lubrificação e análise de óleo. O uso da análise de óleo está diretamente ligado à boa manutenibilidade e confiabilidade do ativo, dado que a análise de óleo lubrificante é uma das ferramentas que certificam a boa característica dos componentes internos dos equipamentos.

Os planos de manutenção dos equipamentos são gerados pelo sistema SAP (System Analysis Program Development) e programado pelo planejamento de manutenção para realização das coletas de amostras de óleo lubrificante. Após feita a parte de planejamento e programação é dado o início à execução da atividade. O lubrificador responsável pela coleta deve estar com toda a documentação assinada e autorizada pelos supervisores e responsáveis da área em que irá atuar, após essa etapa é dado início a coleta de óleo. Para realizar a coleta com sucesso, o lubrificador executa os seguintes passos: realiza a limpeza do ponto de coleta, higieniza as mãos, abre o reservatório, insere a mangueira de pressão e a bomba succiona o óleo para o frasco. As ferramentas utilizadas estão listadas conforme Tabela 2.

Com este procedimento, os inspetores e técnicos em mecânica de preditiva analisam o equipamento com dispositivos de medição e com todos os relatórios em mãos. Caso seja observada a presença de anomalia no equipamento, é feita a abertura da ordem de serviço para a manutenção correta deste. Com essas ações, economiza-se tempo e recursos, haja vista serem evitadas trocas desnecessárias de peças e componentes que podem estar em bom estado, independentemente do tempo de uso. Com os devidos cuidados, é possível que os equipamentos tenham uma vida útil além daquela estipulada pelo fabricante.

Tabela 2 - Lista de Ferramentais para coleta de óleo

Item	Quantidade	Descrição	Item	Quantidade	Descrição
1	1	Frasco plástico incolor	2	1	Mangueira incolor

3	1	Embalagem plástica	4	1	Ficha de dados
5	1	Conexão niple	6	1	Bomba de sucção
7	1	Recipiente para drenar óleo	8	1	Toalhas industriais
9	1	Pincel	10	1	Luva látex
11	1	Frasco plástico incolor	12	1	Chave ajustável
13	1	Desengraxante	14	1	Bomba de sucção
15	1	Mangueira de pressão	16	1	Manta absorvente

Fonte: Autoria própria, 2023

3.1 PROCEDIMENTO DE ENVIO DA AMOSTRA

O estudo de caso abrange o sistema de unidade hidráulica com compartimento de óleo para acionamento de pistões e cilindros hidráulicos que comandam o movimento dos eletrodos de forno elétrico, cuja pesquisa foi realizada numa indústria de mineração localizada no município de Barro Alto, no interior do Estado de Goiás. A seguir são descritos os procedimentos para a análise de óleo:

Procedimento de coleta de amostra: A coleta das amostras deve ser executada preferencialmente em tempo seco, evitando possível contaminação externa, com o equipamento em funcionamento. Se houver algum risco de acidente, deve-se solicitar a parada do equipamento juntamente com o bloqueio, certificando-se de que não haverá nenhum risco de acidente e que todas as medidas de segurança foram tomadas. Para iniciar o processo de coleta, alguns itens são necessários, conforme Tabela 2.

Procedimento de envio da amostra: A amostra coletada é entregue aos responsáveis pelo envio das amostras que ficam localizados na sala de planejamento de manutenção da oficina da empresa, onde esta passa por aferição, conferindo se sua qualidade coincide com os planos liberados pelo programa de manutenção. Após esse processo, todas são etiquetadas, cada etiqueta possuindo seu código de barra e seu QR-code para melhor acompanhamento e rastreamento, posteriormente sendo embaladas e enviadas para o laboratório, conforme Figura 1.

Figura 1 – Amostra de óleo pronta para envio



Fonte: Autoria própria, 2023

3.2 RECEBIMENTO DO LAUDO

Recebimento do laudo: Após a chegada das amostras no laboratório, a empresa é comunicada por e-mail para averiguação se a quantidade de amostra enviada está correta, assim como da data de entrega no laboratório. Todos os ensaios são realizados e seus laudos encaminhados via e-mail e por um endereço eletrônico (*link*) de acesso para monitoramento direto no site do laboratório, nos quais são apresentadas todas as informações sobre as análises necessárias para tomada de decisões. A Figura 2 representa o *Dashboard* do *site online* para gerenciamento e acompanhamento dos laudos do óleo lubrificante.

Figura 2 - Dashboard do site online



Fonte: Adaptada TestOil, 2023

3.3 TRATATIVA DOS LAUDOS

Tratativa dos laudos: A interpretação dos resultados é a etapa do processo em que são consolidadas todas as informações obtidas nos diversos testes realizados pelo laboratório, usando como base os relatórios emitidos de cada análise, determinando se o equipamento está em boas condições ou se existe algum problema potencial, ou ainda alguma falha em andamento. São fornecidas diretrizes baseadas nos laudos enviados pelo laboratório diretamente no sistema de manutenção, como criação de ordem de serviço para aquelas análises

que apresentam alguma alteração, baseado nas recomendações indicadas nos laudos para a possível tratativa definida em cada análise.

As análises dos óleos lubrificantes foram baseadas nas ordens de serviços abertas no período compreendido entre 10/2021 a 06/2022 (tabela 3) e as ordens de serviços abertas no período compreendido entre 11/2022 a 06/2023 (tabela 4).

Tabela 3 – Lista de ordens de serviço entre 10/2021 a 06/2022

Item	Quantidade	Descrição da Atividade
1	2	Preventiva Bomba Hidráulica
2	2	Micro filtração
3	2	Efetuar Limpeza Dentro Reservatório
4	4	Trocar Elementos Filtrantes
5	8	Sanar Vazamento Mangueiras e Conexões
6	2	Completar Óleo Lubrificante
7	1	Substituir Óleo Lubrificante

Fonte: Autoria própria, 2023

Tabela 4 – Lista de ordens de serviço entre 11/2022 a 06/2023

Item	Quantidade	Descrição da Atividade
1	1	Preventiva Bomba Hidráulica
2	8	Micro filtração
3	3	Trocar Elementos Filtrantes
4	4	Efetuar Limpeza Dentro Reservatório
5	2	Sanar Vazamento Mangueiras e Conexões

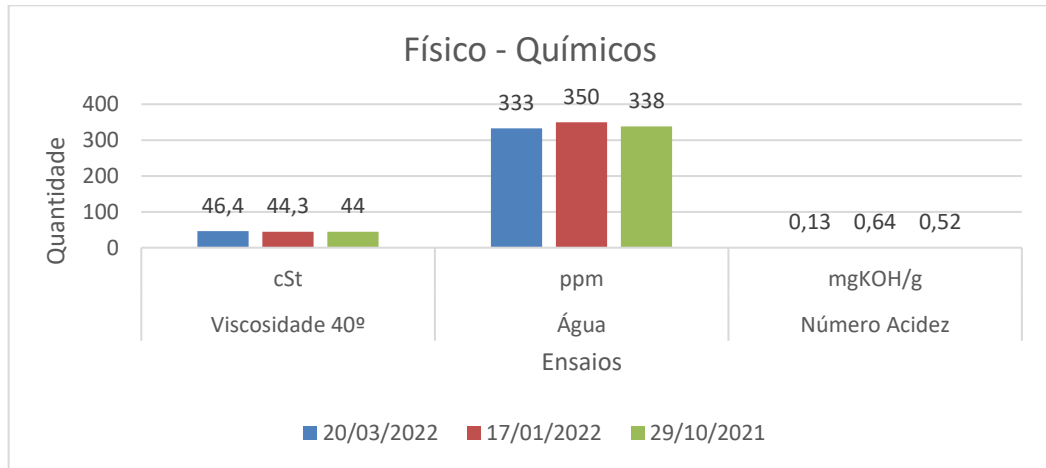
Fonte: Autoria própria, 2023

Também são emitidos relatórios semanais com as criticidades de cada equipamento, juntamente com as ordens de serviço para conhecimento de todos os responsáveis de cada área. Assim, é facilitado o repasse das informações para possíveis tomadas de decisões de acordo com a criticidade que o equipamento se encontra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir da análise de óleo lubrificante são de extrema importância para entender a condição do equipamento e tomar medidas corretivas adequadas. Foi realizada uma comparação entre as análises de óleo lubrificante dos períodos de 10/2021 a 03/2022, como mostrado na figura 3 e 11/2022 a 03/2023, na figura 4.

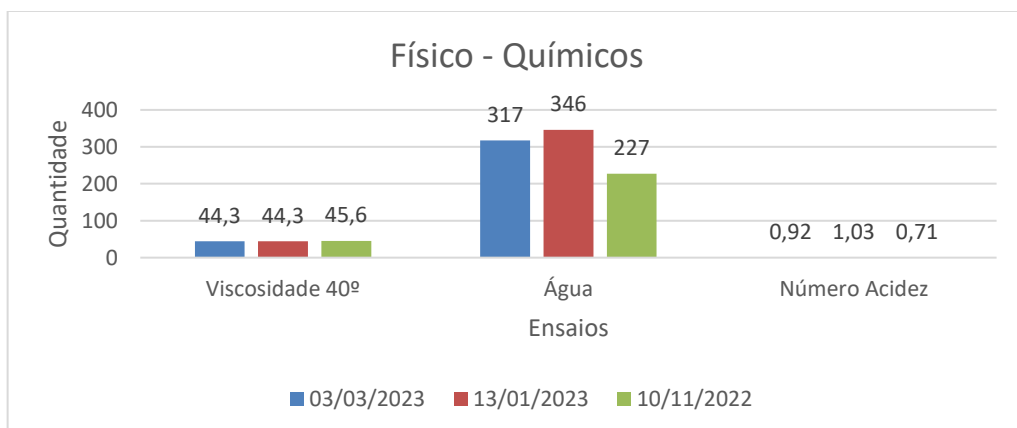
Figura 3 – Ensaio Físico-Químicos dos períodos de 10/2021 a 03/2022



Fonte: Autoria própria, 2023

Segundo a figura 3, houve um pequeno aumento da viscosidade das amostras com o decorrer do tempo, o que pode ter sido causado devido à quebra dos polímeros e degradação térmica (o que explica a variação da acidez da substância lubrificante). O fator de contaminação não é levado em consideração para tal aumento de viscosidade devido à variação do número de partículas não ser tão relevante (PEREIRA, 2015). Visto que houve um aumento na quantidade de partículas de água na análise e posteriormente uma queda, esta indica que as medidas corretivas foram tomadas para resolver o problema de contaminação por água, como: troca de vedações e/ou mangueiras ressecadas.

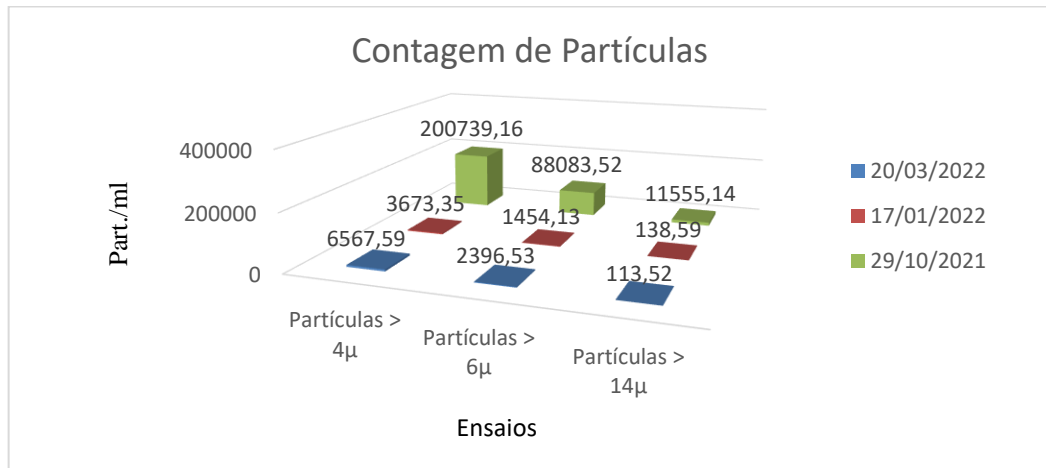
Figura 4 – Físico-Químicos dos períodos de 11/2022 a 03/2023



Fonte: Autoria própria, 2023

Neste segundo ensaio (Figura 4), é notória a contaminação por água após a primeira análise (em verde), dado o aumento significativo de partículas de água nas amostras, não apresentando sinais de degradação térmica, quebra de polímeros, oxidação e acúmulo de aditivos (SOUZA, 2019).

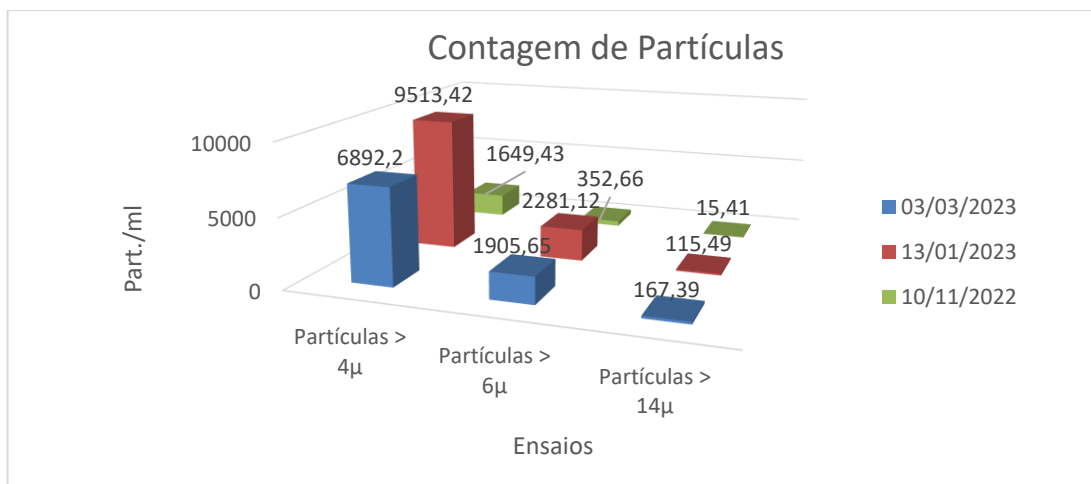
Figura 5 – Contagem de Partículas dos períodos de 10/2021 a 03/2022



Fonte: Autoria própria, 2023

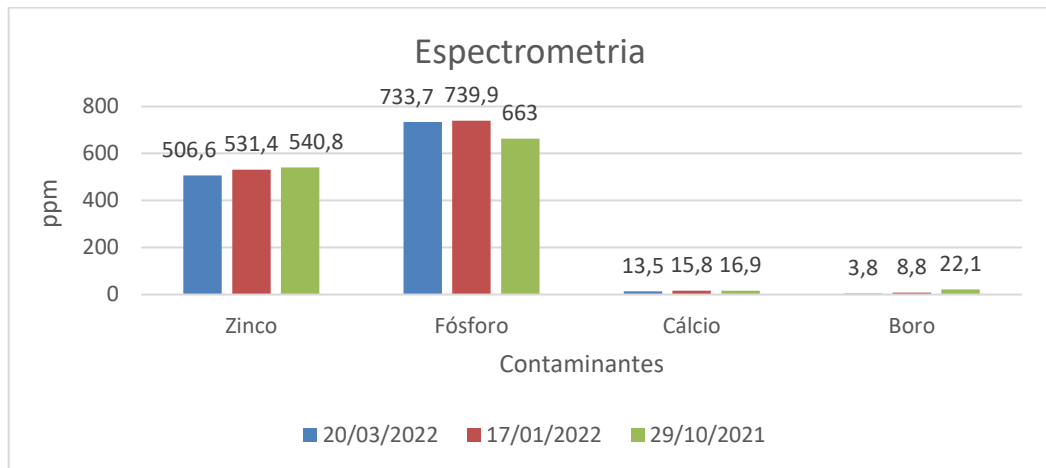
Os dados fornecidos pela figura 5 corroboram a tese de contaminação na amostra apresentada na figura 3, visto que as partículas encontradas são em grande maioria menores que 4µ, permitindo concluir que este é o limite das tramas do filtro do sistema.

Figura 6 – Contagem de Partículas dos períodos de 11/2022 a 03/2023



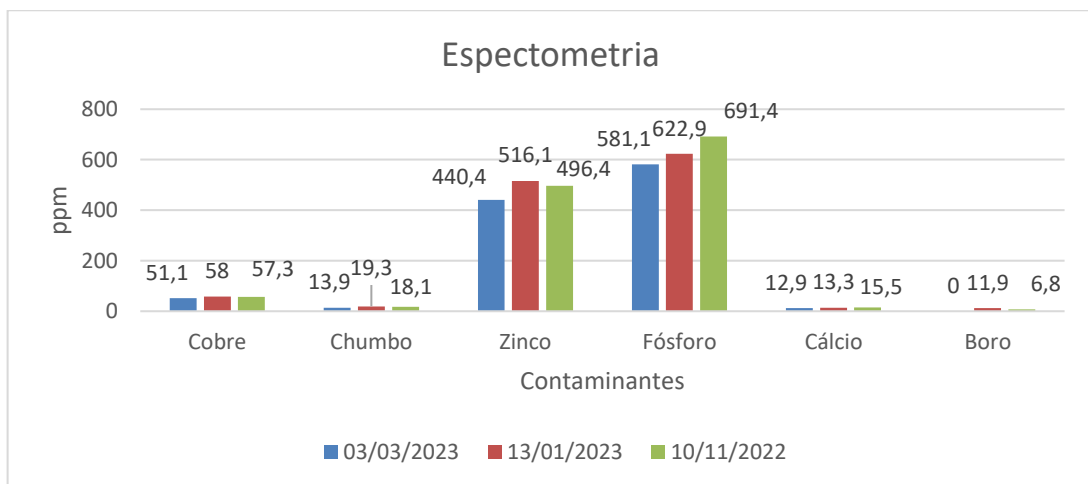
Fonte: Autoria própria, 2023

Resultado similar acontece para as amostras apresentadas na figura 6, onde a maior parte das partículas encontradas são menores que 4µ, permitindo considerar que as tramas do filtro são maiores que o diâmetro apresentado nessa micragem.

Figura 7 – Espectrometria dos períodos de 10/2021 a 03/2022

Fonte: Autoria própria, 2023

A análise espectrográfica apresenta uma grande concentração de partículas de zinco (Zn) e fósforo (P), elementos normalmente encontrados em aditivos específicos adicionados aos óleos lubrificantes para melhorar suas propriedades. No entanto, a contaminação adicional pelos elementos mencionados pode ter sido ocasionada por algumas causas possíveis, tais como: desgaste de componentes, vazamentos, contaminação cruzada ou contaminação durante a amostragem ou análise (POSSAMAI, 2011). É necessária uma análise mais profunda dos componentes presentes no sistema (pistão) para afirmar com exatidão o motivo da contaminação por aqueles materiais.

Figura 8 – Espectrometria dos períodos de 11/2022 a 03/2023

Fonte: Autoria própria, 2023

Entretanto, na espectrometria desta segunda amostra é possível precisar melhorar dois dos materiais contaminantes, no caso o cobre (Cu) e zinco (Zn), os quais formam a liga das buchas de deslizamento (FERREIRA; SANTOS, 2016). Para o fósforo (P), a situação anterior se repete, restando necessária melhor análise do sistema, a fim de determinar a relevância da presença deste elemento no contexto da lubrificação do sistema.

5 CONCLUSÕES

Diante de todo o exposto, resultou demonstrado que a análise de óleo lubrificante desempenha um papel crucial na manutenção preventiva de equipamentos e na detecção de problemas potenciais. O aumento de viscosidade, partículas de água e ácidos nas análises físico-químicas realizadas indica possíveis problemas no sistema de lubrificação, como degradação do óleo, contaminação ou desgaste excessivo. A contaminação por zinco e fósforo em análises espectrométricas pode ter origens variadas, incluindo desgaste de componentes, vazamentos, contaminação cruzada ou até mesmo erros durante a amostragem ou análise.

Portanto, é possível concluir que, de modo a garantir o desempenho adequado e a vida útil dos equipamentos, é essencial adotar práticas de manutenção adequadas, como trocas periódicas de óleo, monitoramento regular das propriedades do óleo lubrificante e identificação precoce de problemas por meio de análises. Além disso, é importante seguir as recomendações do fabricante em relação à qualidade do óleo lubrificante e à utilização de produtos de limpeza apropriados, evitando o uso direto de substâncias químicas como fósforo. Ao manter a integridade do óleo lubrificante e evitar a contaminação, é possível garantir um desempenho eficiente dos equipamentos, reduzir os custos de manutenção e prolongar a vida útil dos componentes.

No entanto, a contaminação por zinco e fósforo não teve sua origem completamente definida, razão pela qual recomenda-se que a empresa realize uma análise mais aprofundada tanto no equipamento quanto no óleo lubrificante analisados, a fim de determinar com precisão o motivo do surgimento destes elementos nas amostras de óleo enviadas para análise.

Esta compreensão permitirá que a empresa realize uma manutenção mais apurada, resultando nos benefícios mencionados no escopo do presente trabalho, como a preservação do equipamento e do meio ambiente, evitando gastos desnecessários e poupando tempo.

A utilização de métodos diferentes de amostragem e coleta por parte da empresa, ou ainda uma melhora no método atual utilizado por esta, pode resultar numa análise melhor por parte do laboratório, razão pela qual é recomendável que a empresa analisada esteja alinhada com toda a estrutura exigida pelos padrões de qualidade tanto da empresa fabricante do óleo lubrificante quanto do laboratório que irá realizar a análise das amostras, dado que erros ou equívocos neste processo necessariamente resultarão em perda de qualidade da amostra e consequente falha na análise por parte do laboratório.

É perceptível, portanto, que a empresa deve assegurar que a amostragem seja realizada da forma correta, com a presença dos profissionais qualificados para desempenhar esta ação, com a documentação atualizada e utilizando-se dos procedimentos mais modernos para sua realização, permitindo que a solução seja encontrada no menor tempo possível.

Em conclusão, o estudo do presente caso permitiu uma melhor compreensão e elucidação da importância do óleo lubrificante como parte indispensável do processo de manutenção e aumento da sobrevida de maquinário metálico. Estruturas metálicas podem ter seus componentes comprometidos de maneira irreversível caso não sejam realizadas as devidas revisões e manutenções, sendo que estas devem ser não somente periódicas, mas sempre que for possível aferir a qualidade de sua lubrificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. T., **Manutenção preditiva: benefícios e lucratividade**. MTA, 2011. Disponível em: <http://www.mtaev.com.br>. Acesso em: 26 março. 2023.

ALS-Tribology, **A importância da manutenção preditiva**. Manutenção preditiva, Disponível em: <https://www.manutencaopreditiva.com/manutencao/importanciadamanutencao-preditiva>. Acesso em: 16 maio. 2023.

BENEDUZZI, Anderson Henrique. **Procedimentos de Coletas de Óleo para Análise Preditiva de Turbinas à Gás**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira-SP, 2012.

BELMIRO,P.N.;CARRETEIRO, R. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. 1a edictal, Rio de Janeiro: Editora Interciencia, 2006.

BORIN, A. **Aplicação de quimioterapia e espectroscopia no infravermelho no controle de qualidade de lubrificantes**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BORLIDO, D.J.A.; LEITÃO, A.L.F. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Universidade do Porto, Portugal. 2017.

CAVALCANTE, C. A. V.; et al. **Sistema de apoio à decisão para o estabelecimento de política de manutenção preventiva**. In: 23º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Anais. Ouro Preto / MG, 2003.

COLLACOTT, R. A. **Vibration Monitoring and Diagnosis – Techniques for Cost effective Plant Maintenance**. 2 ed. New York, John Wiley& Sons, 1999.

DIAS DA SILVA, Ademir.; et al. **Gestão estratégica de manutenção no ambiente de manufatura enxuta**. XXV Encontro Nacional de Engenharia da Produção (ENEGEP). Anais Eletrônicos, 2005.

FERREIRA, A. B. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975.

GIL. Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 2. ed. São Paulo: Atlas 2006.COUTINHO, LEÃO, PAULO, Jorge Luiz Coutinho, Leovaldo Leão, Marcelo José de

Paulo. **Aplicação de Ferramentas da Manutenção Preditiva na Análise de Óleos Lubrificantes.**

HERNANDES, P. Análise de óleo: Tudo o que você precisa saber sobre o assunto. **ALS Global**. Brasil, 11 abril. 2023. Disponível em: <https://www.alsglobal.com/%2Fptbr%2Fnews%2Fartigos%2F2018%2F07%2Fanlise-de-leo-tudo-o-que-voc-precisa-sabersobre-o-assunto>.

Imachine Techplus, **A evolução da manutenção preditiva**. Disponível em: www.imachine.com.br/single-post/2019/11/25/a-evolu%C3%A7%C3%A3o-da-manuten%C3%A7%C3%A3o-preditiva. Acesso: 24 março. 2023.

International Organization for Standardization – **IOS 4406**. Hydraulic fluid power - Fluids - Method for coding the level of contamination by solid particles. Geneva, 1999.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas**. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2007.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2009. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan & NASCIF, Júlio. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2005.

LIMA, Francisco Assis; CASTILHO, João Carlos Nogueira de. **Aspectos da manutenção dos equipamentos científicos da Universidade de Brasília**. 2010. Disponível em: http://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/1327/3/2006_FranciscosLima_JoaoCastilho.pdf. Acesso em 22 de abril de 2023.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção: custos da não-eficácia - a vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993.

MOBLEY, R. Keith ; HIGGINS, Lindley R.; WIKOFF, Darrin J. **Maintenance Engineering Handbook**, 7ed, 2008.

NASCIF, Júlio. **Manutenção Preditiva: Caminho para a excelência**. **TECÉM TECNOLOGIA EMPRESARIAL LTDA**. 2009.

NEWELL, G. E. **Oil analysis cost-effective machine condition monitoring technique**. 51.ed. Wolverhampton: Industrial Lubrication and Tribology, 1999. p. 119-124.

PARKER, **Tecnologia Hidráulica Industrial Trabalho** apostila M2001-2BR. 2001.

PEREIRA, Flávio. **ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE EM MOTORES ALIMENTADOS COM BIODIESEL B100**. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1345/1/CT_PPGEM_M_Pereira%2C%20Flavio%20Marcos%20de%20Melo_2015.pdf. Acesso em 02 abril. 2023.

POSSAMAI, Lisiane. **Eficácia da Análise de Amostras de Óleo Lubrificante por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado na Detecção de Desgaste em Motores Diesel após Amaciamento**. Dissertação de Mestrado. Comissão de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2011.

Salvador. **CAUSA da falha na análise do óleo: análise do óleo**. [S. l.], p. 01, 17 set. 2021. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/a-causa-da-falha-na-analise-de-oleo/>. Acesso em: 02 março. 2023.

SANTOS, Tácio; FERREIRA, Ronaldo. **ANÁLISE DE ÓLEO PELO MÉTODO DE CONTAGEM DE PARTÍCULAS METÁLICAS**. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/T%C3%A1cio%20Teixeira%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em 02 abril. 2023.

SENAI - ES, 1997, **Lubrificação – Mecânica** Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão).

SILVA, M. B; WALLBANK, J. Lubrication and application method in machining. **Industrial Lubrication and Tribology**, n. 50, p. 149 – 152, 1998.

SOUZA, Theodoro Pierri Jean. **MANUTENÇÕES E ANÁLISE DE FALHAS PARA CONFIABILIDADE APLICADO A SISTEMAS HIDRÁULICOS**. 2019. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/36bbb-tcc-jean-pierri-theodoro-de-souza-eng.-mecanica-2019.pdf>. Acesso em 15 de Maio de 2023.

STOETERAU, R. L.; Leal, L. C. **“Apostila de Tribologia. Departamento de Engenharia Mecânica”** - Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

VIANA, L. P. **Técnicas de manutenção**. In: SEMINÁRIO DE MANUTENÇÃO, 3, 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRAMAN, 1991. p.4. 1991. (Trabalhos técnicos- seção regional VII - Paraná e Santa Catarina.).