



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

WEVERTON LEANDRO DA SILVA

**PROGRAMA DE MELHORIA DOS PROCESSOS DE
LAVAGEM E LUBRIFICAÇÃO, DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS,
EM UMA OFICINA AUTOMOTIVA AGRÍCOLA, VISANDO A ELIMINAÇÃO
DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE LUBRIFICANTES**

RECIFE
2024

WEVERTON LEANDRO DA SILVA

**PROGRAMA DE MELHORIA DOS PROCESSOS DE
LAVAGEM E LUBRIFICAÇÃO, DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS,
EM UMA OFICINA AUTOMOTIVA AGRÍCOLA, VISANDO A ELIMINAÇÃO
DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE LUBRIFICANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro mecânico.

Prof. Orientador: Antônio Marques da Costa Soares Júnior

RECIFE

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Weverton Leandro da .

Programa de melhoria dos processos de lavagem e lubrificação, de equipamentos agrícolas, em uma oficina automotiva agrícola, visando a eliminação da contaminação e degradação de lubrificantes / Weverton Leandro da Silva. - Recife, 2024.

89.p : il., tab.

Orientador(a): Antônio Marques da Costa Soares Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. Lubrificação. 2. Manutenção de máquinas agrícolas. 3. WCM (World Class Manufacturing). 4. Processos operacionais. 5. Qualidade. I. Soares Júnior, Antônio Marques da Costa . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

WEVERTON LEANDRO DA SILVA

**PROGRAMA DE MELHORIA DOS PROCESSOS DE
LAVAGEM E LUBRIFICAÇÃO, DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS,
EM UMA OFICINA AUTOMOTIVA AGRÍCOLA, VISANDO A ELIMINAÇÃO
DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DE LUBRIFICANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de engenharia mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro mecânico.

Aprovado em: 10 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antônio Marques da Costa Soares Júnior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Marcele Elisa Fontana (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Justo Emilio Alvarez Jácomo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder saúde, força e a capacidade de adquirir o conhecimento necessário para alcançar este momento. Toda a honra e glória pertencem a Ele.

Sou profundamente grato pelo apoio e incentivo que recebi de meus pais, Joseane Justino e Sebastião Moreira; de meu irmão, Bruno Leandro; e de minha noiva, Monik Soares. Eles desempenharam um papel essencial em minha jornada para alcançar meus objetivos pessoais.

Ao longo desta trajetória acadêmica, contar com o apoio de pessoas que me motivaram, ajudaram e estiveram ao meu lado tornou os desafios acadêmicos mais suportáveis e, muitas vezes, até agradáveis. Agradeço de coração a Francielle Alves, Thais Nicole, Júlia de Oliveira e Carlos Alberto, que foram incrivelmente especiais para mim durante todo este período.

Finalmente, quero expressar minha sincera gratidão ao meu professor orientador, Antônio Junior Soares, por sua dedicação e esforço em garantir que este trabalho fosse desenvolvido da melhor forma possível.

RESUMO

A lubrificação desempenha um papel crucial no desempenho dos equipamentos. Para garantir o bom funcionamento das máquinas que dependem deste processo, é essencial que os lubrificantes estejam em condições ideais de uso. Isso requer a adoção de medidas de controle e proteção na gestão desses produtos. Neste contexto, este trabalho descreve um estudo focado na análise dos processos operacionais do setor de manutenção primária de uma oficina automotiva de máquinas agrícolas, pertencente a uma empresa do segmento sucroalcooleiro. As atividades específicas desse setor incluem a lavagem dos equipamentos e a lubrificação. A relevância deste estudo surgiu da necessidade de direcionar os processos de lavagem e lubrificação de modo a garantir a qualidade dos lubrificantes, tanto os que estão em armazenamento quanto os que já estão em uso nos equipamentos, com a finalidade de assegurar o nível de limpeza necessária para a aplicação nos equipamentos, eliminando ao máximo as possibilidades de contaminação e degradação desses produtos. Com base no desenvolvimento de boas práticas para conter a propagação de contaminação nos lubrificantes, o objetivo principal consiste em desenvolver melhorias utilizando o pilar de organização do posto de trabalho da metodologia WCM. Por sua vez, este pilar define os passos necessários para alcançar a excelência nos processos avaliados que precisam ser aprimorados. Para alcançar os resultados desejados, as etapas foram estruturadas em conformidade com os passos definidos pelo pilar utilizado como base. Através do acompanhamento da rotina operacional no setor, buscou-se entender as relações de causa e efeito presentes nos processos que favoreciam a disseminação de contaminação. Durante a avaliação da condução das atividades, foram identificadas condições que comprometiam a qualidade dos lubrificantes, desde as práticas adotadas até as ferramentas utilizadas. Isso evidenciou a necessidade de promover melhorias no setor. Com base no mapeamento realizado, as ações focadas na padronização dos processos, organização e introdução de ferramentas para manusear os lubrificantes de forma segura e eficiente resultaram em melhorias significativas. Essas melhorias permitiram elevar a qualidade das entregas nas etapas de lavagem e lubrificação do setor de manutenção primária.

Palavras Chaves: Lubrificação; Manutenção de máquinas agrícolas; WCM (World Class Manufacturing); Processos operacionais, Qualidade.

ABSTRACT

Lubrication plays a crucial role in equipment performance. To ensure the proper functioning of machines that depend on this process, it is essential that the lubricants are in ideal conditions of use. This requires the adoption of control and protection measures in the management of these products. In this context, this work describes a study focused on the analysis of the operational processes of the primary maintenance sector of an automotive agricultural machinery workshop, belonging to a company in the sugar and alcohol segment. Specific activities in this sector include washing equipment and lubricating. The relevance of this study arose from the need to direct the washing and lubrication processes in order to guarantee the quality of lubricants, both those in storage and those already in use in the equipment, with the purpose of ensuring the level of cleaning necessary for application to equipment, eliminating as much as possible the possibilities of contamination and degradation of these products. Based on the development of good practices to contain the spread of contamination in lubricants, the main objective is to structure improvements using the workplace organization pillar of the WCM methodology. In turn, this pillar defines the steps necessary to achieve excellence in the evaluated processes that need to be improved. To achieve the desired results, the steps were structured in accordance with the steps defined by the pillar used as a basis. By monitoring the operational routine in the sector, we sought to understand the cause-and-effect relationships present in the processes that favored the spread of contamination. During the evaluation of the conduct of activities, conditions were identified that compromised the quality of the lubricants, from the practices adopted to the tools used. This highlighted the need to promote improvements in the sector. Based on the mapping carried out, actions focused on standardizing processes, organizing and introducing tools to handle lubricants safely and efficiently resulted in significant improvements. These improvements made it possible to increase the quality of deliveries in the washing and lubrication stages of the primary maintenance sector.

Keywords: Lubrication; Maintenance of agricultural machinery; WCM (World Class Manufacturing); Operational processes, Quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	RELAÇÃO ENTRE A FAIXA DA AMOSTRA E A QUANTIDADE DE PARTÍCULAS NA AMOSTRA	33
Tabela 2 -	LEITURA CÓDIGO ISO 4406	34
Tabela 3 -	LEITURA PARA NORMA NAS 1638	35
Tabela 4 -	DADOS DE UMA AMOSTRA PARA LEITURA NAS 1638	35
Tabela 5 -	EFICIÊNCIA EM FUNÇÃO DA RAZÃO BETA	40
Tabela 6 -	CAPACIDADE DOS COMPARTIMENTOS POR EQUIPAMENTOS	67
Tabela 7 -	TEMPO MÉDIO DE LUBRIFICAÇÃO POR EQUIPAMENTO	68
Tabela 8 -	PARÂMETROS DE ESCOLHA DOS FILTROS	71
Tabela 9 -	INFORMAÇÕES DAS PRIMEIRAS MEDIÇÕES ANTES DA FILTRAGEM	74
Tabela 10 -	INFORMAÇÕES APÓS A REALIZAÇÃO DAS FILTRAGENS	74

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Geral	15
1.2.2	Específicos	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	TIPOS DE LUBRIFICANTE	20
2.1.1	Óleos Minerais	20
2.1.2	Óleos Graxos	21
2.1.3	Óleos Compostos	21
2.1.4	Óleos Sintéticos	21
2.2	LUBRIFICAÇÃO	21
2.3	FUNÇÃO DO LUBRIFICANTE	22
2.4	PROPRIEDADES DOS LUBRIFICANTES	23
2.4.1	Viscosidade	23
2.4.2	Densidade	24
2.4.3	Acidez e Basicidade	24
2.4.4	Ponto de Fulgor	25
2.5	CONTAMINAÇÃO EM ÓLEOS LUBRIFICANTES	25
2.6	TIPOS DE CONTAMINAÇÃO.....	26
2.7	CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO	27
2.7.1	Controle Macroscópico da Contaminação	27
2.7.1.1	Armazenagem	27
2.7.1.2	Sistema de Identificação.....	28
2.7.1.2.1	<i>Sistema de identificação de lubrificação (LIS – Lubrication Identification System)</i>	28
2.7.2	Controle microscópico da contaminação	30
2.7.2.1	Escala Micrométrica	31
2.7.2.2	Normas e Padrões de Controle	31
2.7.2.3	ISO 4406	32

2.7.2.3.1	Leitura ISO 4406	32
2.7.2.3.2	Código NAS 1638.....	35
2.7.2.3.3	Medições de Limpeza do Fluido	36
2.7.2.3.4	Filtragem.....	37
2.7.2.4	Eficiência de Filtro Hidráulico	38
2.7.2.4.1	Determinação da razão β	39
2.8	MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL	40
2.8.1	Conceitos dos Pilares do WCM	41
2.8.2	Pilar Organização do Posto de Trabalho - Workplace Organization (WO)	44
2.8.2.1	Os 7 Passos do Pilar Organização do Posto de Trabalho.....	44
2.8.3	Programa 5S	47
3.	METODOLOGIA	49
3.1	PERCURSO METODOLÓGICO.....	50
3.2	CONTEXTUALIZAÇÃO	50
3.2.1	Estrutura Organizacional do Setor da Manutenção Primária	52
3.2.2	Circulação de Equipamentos na Oficina	52
3.2	AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES PARA IDENTIFICAR CORRELAÇÃO COM A CONTAMINAÇÃO NOS LUBRIFICANTES.....	53
3.3	DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	54
3.4	SELEÇÃO DE FERRAMENTAS PARA CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO	55
3.5	ESTRUTURAÇÃO DA SALA DE FILTRAGEM	55
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO	57
4.2	PADRONIZAÇÃO OPERACIONAL	61
4.3	FERRAMENTAS DE MELHORIAS PARA O PROCESSO DE LUBRIFICAÇÃO	69
4.3.1	Economia Gerada com a Extensão do óleo Hidráulico	76
4.4	AMPLIAÇÃO ESTRUTURAL DO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA COM A SALA DE FILTRAGEM.....	79
5.	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	87

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da agricultura brasileira está, sem dúvida, ligado à modernização dos meios de produção, com a utilização de insumos modernos que multiplicam a nossa capacidade de produzir alimentos e fibras a preços competitivos (LINO,2015).

O setor de máquinas agrícolas é um dos que sofreu maior evolução nos últimos anos, com a incorporação de tecnologia antes restrita ao setor automotivo. Os modernos tratores, colhedoras e implementos agrícolas se tornaram máquinas sofisticadas e de alto desempenho, exigindo para o seu uso eficientes lubrificantes de alta qualidade que respondam bem à crescente severidade dos serviços a que estão sujeitos estes equipamentos (LINO,2015).

A lubrificação, é um dos principais itens de manutenção de máquinas agrícolas e deve, portanto, ser entendida e praticada para conservá-las e manter o rendimento delas, aumentando a vida útil das mesmas (LINO,2015).

Estima-se que aproximadamente 80% de todas as falhas dos sistemas hidráulicos e de lubrificação estão ligadas à contaminação do óleo por partículas sólidas e, também, água. Essa contaminação causa o envelhecimento e degradação do fluido, provocando vazamentos internos e externos, perda de eficiência e aumento de calor, podendo trazer prejuízos financeiros à empresa (PARKER,2008).

Item básico da chamada Manutenção Proativa, a contaminação de combustíveis e lubrificantes tornou-se mais preocupante nos últimos anos com o surgimento de uma nova geração de equipamentos, onde os componentes internos possuem folgas a cada dia menores para gerar elevadas pressões de trabalho e maior força aos equipamentos (FOSTER,2002).

Em geral é comum realizar medições em metros, centímetros ou milímetros, mas ao falar de tolerância entre peças, ou partículas contaminantes, temos que pensar em microns. $1 \text{ mm} = 1000 \text{ } \mu\text{m}$ (micras ou microns). Quando se fala de microns, faz-se referência a tamanhos menores do que se pode ver (FOSTER,2002).

De acordo com Aluízio Franco, diretor de Desenvolvimento de Serviços da Sotreq (revendedora autorizada de máquinas e equipamentos da Caterpillar no Brasil), a prioridade não é simplesmente a eventual reutilização e economia

do óleo, a tendência, que ganhou maior força nos Estados Unidos e Europa, é a da descontaminação dos sistemas hidráulicos e do próprio ambiente de trabalho para evitar quebras prematuras e queda de desempenho nos equipamentos.

O desenvolvimento de um plano de controle de contaminação correto para os óleos lubrificantes, utilizados nos diversos elementos de máquinas, é um dos fatores fundamentais que pode aumentar o desempenho operacional do equipamento. Sendo assim, a seleção apropriada e a instalação de dispositivos de controle de contaminação para obter e manter o nível de limpeza pretendido poderá eliminar a causa principal de falhas nesses equipamentos.

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso em um setor específico de uma oficina automotiva de equipamentos agrícolas, focando no setor de manutenção primária, que abrange os processos de lavagem e lubrificação da frota automotiva de uma agroindustrial segmentada na produção de açúcar.

Identificou-se a presença de irregularidades nos processos de lubrificação e lavagem dos equipamentos, além de deficiências na estrutura do posto de trabalho utilizado para essas atividades. Condições estas que, contribuem significativamente para a disseminação de contaminantes nos lubrificantes, comprometendo além do desempenho dos equipamentos, a eficiência e a qualidade das operações.

Em razão disso, surgiu a necessidade de implementar melhorias direcionadas ao maior controle da contaminação dos lubrificantes, com o objetivo de garantir a qualidade desses fluidos até o momento de sua aplicação nos equipamentos.

Parte-se, então, da hipótese de se utilizar o pilar Organização do Posto de Trabalho (WO – Workplace Organization) da metodologia WCM (World Class Manufacturing) para a implementação de um programa de organização do posto de trabalho centrado na agilidade do processo e na eliminação das atividades que causam desperdícios e/ou não agregam valor para o setor da manutenção primária da oficina automotiva agrícola.

1.1 JUSTIFICATIVA

O armazenamento de lubrificantes, bem como seu manuseio, sendo realizado de maneira inadequada pode acarretar em diversos problemas nos equipamentos, assim como na redução da vida útil nos componentes. Uma das principais causas de falhas em equipamentos mecânicos está relacionada com problemas de lubrificação.

A contaminação sólida que ocorre nos lubrificantes devido ao ambiente externo é responsável por grande parte dos problemas de lubrificação (CAMPOS, 2021).

De acordo com (Nascif, 2015), a maioria das falhas, cerca de 76%, está ligada à inadequação da lubrificação. Entre essas falhas, 9% são atribuídas à viscosidade, 1% à umidade, 50% à contaminação e 16% a resíduos de desgaste. Portanto, garantir um processo de lubrificação eficiente é crucial para alcançar melhorias significativas.

A aplicação das melhores práticas de lubrificação pode resultar em impactos positivos, como os listados abaixo:

- Aumento da confiabilidade dos equipamentos;
- Aumento da disponibilidade operacional;
- Aumento de performance e segurança;
- Otimização da vida útil dos ativos;
- Economia com trocas de fluídos desnecessárias;
- Redução de custos com substituição de componentes.

Um ambiente de trabalho bem estruturado, onde os procedimentos operacionais são claramente definidos e os colaboradores estão plenamente conscientes da importância da excelência na execução de suas tarefas, é fundamental para garantir a eficiência das frotas automotivas. Tal ambiente contribui significativamente para aumentar a produtividade e elevar o padrão de qualidade das atividades realizadas no setor em questão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Desenvolver um programa de melhoria, focado na eliminação e redução de fontes contaminantes, nos processos de lubrificação e lavagem dos equipamentos, que comprometem os lubrificantes utilizados no setor da manutenção primária da oficina automotiva de uma empresa agroindustrial do setor sucroalcooleiro, por meio da implementação do pilar Organização do Posto de Trabalho (WO – Workplace Organization) da metodologia WCM (World Class Manufacturing).

1.2.2 Específicos

- ✓ Mapear as condições atuais do posto de lavagem e lubrificação;
- ✓ Aplicar as ferramentas do pilar Organização do Posto de Trabalho (WO) do WCM;
- ✓ Desenvolver e implementar práticas padronizadas;
- ✓ Monitorar e analisar os resultados das intervenções realizadas;

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste trabalho, cada tópico especificado apresenta uma abordagem descritiva detalhada de cada etapa, desde a fundamentação teórica que ofereceu suporte, passando pelo estudo da área modelo, até as intervenções planejadas.

No primeiro capítulo foi apresentado uma visão geral sobre o tema proposto, abordando a compreensão dos fatores que influenciam a confiabilidade da lubrificação, bem como sua relevância atual, especialmente no que diz respeito aos impactos da lubrificação como um componente essencial da manutenção preventiva e do desempenho de máquinas motoras. Além disso, são destacadas as propostas e iniciativas consideradas para validar o estudo em questão.

No segundo capítulo, é apresentado o desdobramento do conteúdo teórico utilizado como base, que direcionou a concretização dos objetivos definidos.

Esses objetivos foram fundamentais para adequar tanto a área quanto os processos, assegurando a eficácia no processo de lubrificação.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia adotada para buscar as respostas ao estudo, com destaque para o acompanhamento diário e presencial da equipe do setor, permitindo um conhecimento detalhado de cada atividade realizada. A partir dessas observações, foram estruturadas as ideias de melhorias a serem priorizadas.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados obtidos, com uma demonstração das implementações realizadas, além do retorno alcançado e de como isso reflete não apenas em termos de produtividade, mas também em parâmetros importantes dentro da manutenção.

Por fim, o quinto capítulo trata das considerações finais sobre o estudo realizado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O assunto central, controle da contaminação presente nos óleos lubrificantes, é amplamente discutido em literaturas acadêmicas, workshops e congressos, com diversos autores explorando diferentes aspectos e abordagens.

Um estudo de caso apresentado no XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, com o tema “controle da contaminação para fluidos lubrificantes”, enfatiza a importância do gerenciamento e análise da contaminação como pilar essencial da manutenção preventiva e proativa, através da adoção das seguintes medidas:

- Estabelecimento de níveis padrão de limpeza do fluido para cada máquina e sistema.
- Seleção de equipamentos de filtragem adequados aos processos, bem como adoção de técnicas de eliminação de contaminantes.
- Monitoramento das condições de limpeza para assegurar os objetivos, ajustando as técnicas de filtragem e eliminação de contaminantes conforme necessário.

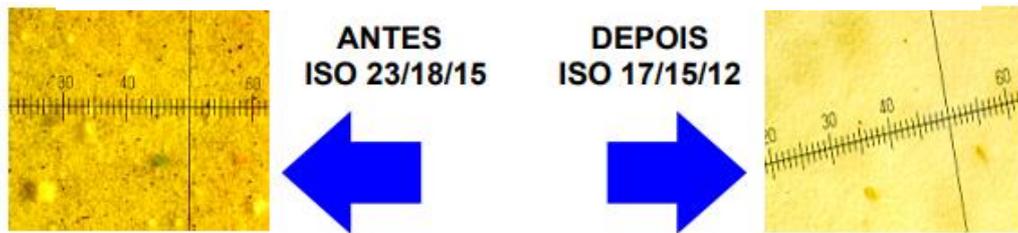
Com a implementação das ações mencionadas, atingiu-se um nível aceitável de limpeza no óleo hidráulico, considerado ideal para o funcionamento adequado das máquinas. Como resultado, as frequentes quebras e trocas constantes de peças foram significativamente reduzidas. Essa constatação é corroborada pelo relato destacado a seguir:

(CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007, P.6)
Trocávamos servo-válvulas a cada 2/3 meses... ao atingir NAS 9 trocávamos todo o óleo. Reduzimos muito o consumo de servo-válvulas (apenas um este ano) ... principalmente devido à melhoria da filtração e o Push-up opera dentro dos parâmetros de controle ... não trocamos mais o óleo.

(CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007, P.7)
Deixamos de trocar o óleo ... antes a vida máxima da Servo válvula, 1 ano ... 8 válvulas ... US\$ 60.000/ano ... desequilíbrio na eletrônica e agarramento dos servos devido à alta contaminação do óleo ... reflexo na produção e na qualidade. Há quase 2 anos que não trocamos mais o óleo e nem servo-válvulas.

As figuras abaixo destacam o nível de limpeza alcançado, o que resultou nas melhorias mencionadas.

FIGURA 1: ÓLEO LUBRIFICANTE ANTES E DEPOIS DO PROCESSO DE LIMPEZA PASSANDO DO PATAMAR NAS 7 (ESQUERDA) PARA NAS 3 (DIREITA).



Fonte: (CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007, P.6)

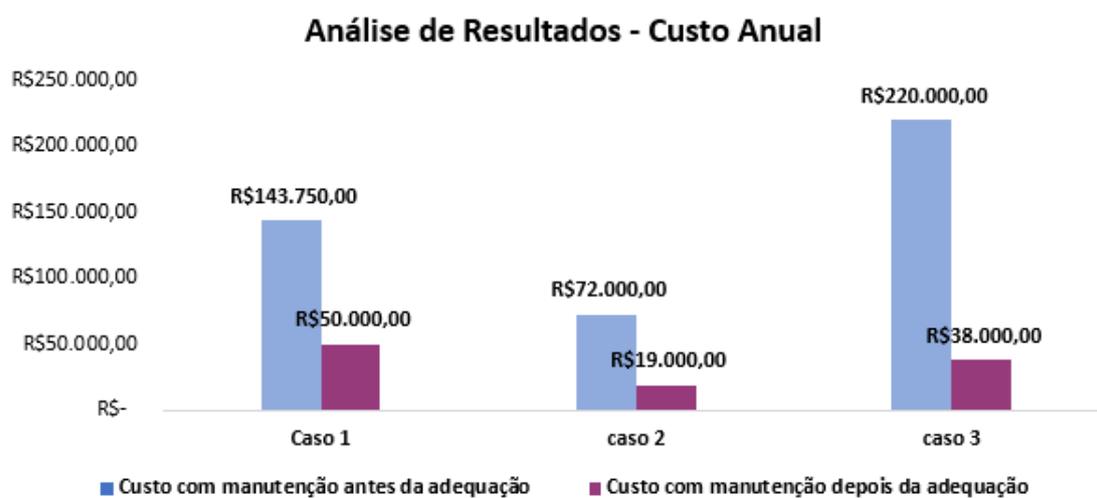
FIGURA 2: ÓLEO LUBRIFICANTE ANTES E DEPOIS DO PROCESSO DE LIMPEZA PASSANDO DO PATAMAR NAS 8 (ESQUERDA) PARA NAS 5 (DIREITA).



Fonte: (CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007, P.7)

Neste trabalho, além dos resultados já citados, outro destacado, foi a redução de custos. Considerando que o foco de qualquer empresa, em termos de processos, é garantir sua funcionalidade com qualidade, eficiência e com o menor custo envolvido, a imagem abaixo apresenta o resultado alcançado.

FIGURA 3: RESULTADOS OBTIDOS COM AS MELHORIAS EXECUTADAS.



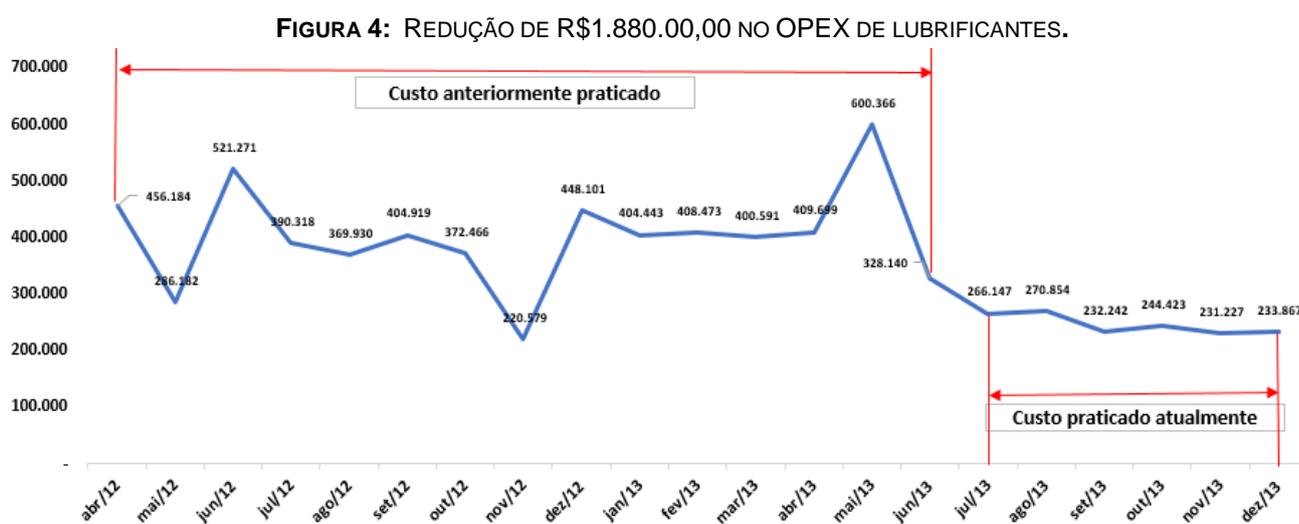
Fonte: (CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007, P.7)

Em outro trabalho apresentado no septuagésimo Congresso Anual da ABM, evento promovido pela Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), com o tema “Busca pela Lubrificação Classe Mundial – O Programa de Lubrificação Confiável na Samarco Ubú”, é destacado os resultados obtidos pela implementação de um programa de Lubrificação Confiável na Samarco, com o objetivo de reduzir custos através da busca contínua por práticas de lubrificação de classe mundial.

O programa abrange desde o recebimento do lubrificante até a manutenção do mesmo nos equipamentos em condições ótimas de trabalho, capacitação da equipe e adoção das melhores práticas de lubrificação.

Para o sucesso da implementação, o autor destaca a importância de ações focadas na rotina, como a prática correta no processo de lubrificação, a garantia da entrega do óleo seco e limpo para os equipamentos, a existência de um galpão de lubrificação estruturado para o tratamento de óleo novo do almoxarifado e óleo usado nos equipamentos, além da gestão do conhecimento voltada para a criação e revisão de procedimentos operacionais, treinamentos e conscientização quanto à importância da lubrificação.

As implementações planejadas e a conclusão das etapas definidas resultaram em uma redução significativa de custos, desde a adoção das novas práticas nos processos, até o custo relacionado ao consumo de lubrificantes, conforme evidenciado nos gráficos representados nas Figuras 4 e 5 abaixo.



Fonte: ABM (2015).

2.1.2 Óleos Graxos

Os óleos graxos são óleos orgânicos, extraídos de gorduras animais ou de óleos vegetais. Eles apresentam grande capacidade de aderência a superfícies metálicas, comportando-se como excelente lubrificante, mas possuem pequena resistência à oxidação.

2.1.3 Óleos Compostos

Os óleos compostos consistem em óleos graxos adicionados a óleos minerais, conferindo a estes maior oleosidade.

2.1.4 Óleos Sintéticos

Os fluidos sintéticos são lubrificantes obtidos a partir de síntese química. Os principais fluidos sintéticos em uso atualmente são os ésteres de ácidos dibásicos, ésteres de organofosfatos, ésteres de silicatos, silicones e compostos de ésteres de poliglocóis.

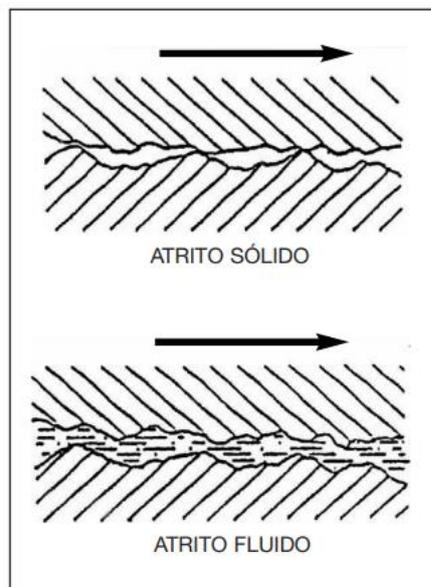
2.2 LUBRIFICAÇÃO

A lubrificação pode ser definida como sendo o fenômeno da redução do atrito entre duas superfícies em movimento relativo de uma sobre a outra, por meio da introdução de uma substância entre as mesmas.

Sempre que uma superfície se mover em relação a outra superfície, haverá uma força contrária a esse movimento chamada atrito. Em consequência deste mecanismo de geração de atrito surgem ainda aquecimento, ruído e desgaste das superfícies envolvidas. (VEDAN, 2020)

A interposição de uma substância fluida entre duas superfícies evitando o contato sólido com sólido, produz o atrito fluido. É de grande importância evitar-se o contato sólido com sólido, pois este provoca o aquecimento das peças, perda de energia pelo agarramento das peças, ruído e desgaste. (PETRONAS, 2008)

FIGURA 7: TIPOS DE ATRITO



Fonte: Petronas (2008).

2.3 FUNÇÃO DO LUBRIFICANTE

Os lubrificantes desempenham uma infinidade de funções nos sistemas mecânicos e hidráulicos, das quais pode-se destacar:

- Controle do atrito, transformando o atrito sólido em atrito fluido, evitando assim a perda de energia.
- Controle do desgaste, reduzindo ao mínimo o contato entre as superfícies, origem do desgaste.
- Controle da temperatura, absorvendo o calor gerado pelo contato das superfícies (motores, operações de corte etc.).
- Controle da corrosão, evitando que ação de ácidos destrua os metais
- Transmissão de força, funcionando como meio hidráulico, transmitindo força com um mínimo de perda (sistemas hidráulicos, por exemplo).
- Amortecimento de choques, transferindo energia mecânica para energia fluida (como nos amortecedores dos automóveis) e amortecendo o choque dos dentes de engrenagens.
- Remoções de contaminantes, evitando a formação de borras, lacas e vernizes.

- Vedações, impedindo a saída de lubrificantes e a entrada de partículas estranhas (função das graxas), e impedindo a entrada de outros fluidos ou gases (função dos óleos nos cilindros de motores ou compressores).

A ausência de lubrificação acarreta uma variedade de problemas nas máquinas. Esses problemas podem ser listados em uma sequência conforme sua ocorrência da seguinte forma:

- Aumento do atrito;
- Aumento do desgaste;
- Aquecimento;
- Dilatação das peças;
- Desalinhamento;
- Ruídos;
- Grimpagem;
- Ruptura das peças.

2.4 PROPRIEDADES DOS LUBRIFICANTES

Os lubrificantes apresentam certas características físicas e químicas que permitem avaliar seu nível de qualidade, bem como o controle de sua uniformidade (PETRONAS, 2008).

As principais propriedades estão relacionadas a seguir.

2.4.1 Viscosidade

A viscosidade de um fluido é a medida da sua resistência ao escoamento. É a principal característica a ser observada na indicação correta do lubrificante a ser utilizado num certo sistema.

De acordo com Maia (2009), a viscosidade é um critério fundamental para qualquer óleo lubrificante, sendo uma medida da espessura do fluido ou sua resistência ao fluxo. Por exemplo, o mel é espesso, enquanto a água é fluída, o que significa que o mel tem uma viscosidade maior que a água.

A viscosidade do óleo deve ser adequada às temperaturas ambiente corretas. Se o óleo estiver muito grosso quando o motor estiver frio, terá dificuldade

em fluir através do motor. Por outro lado, se o óleo se tornar muito fino quando o motor estiver quente, não fornecerá a proteção adequada para as partes do motor. A otimização da viscosidade do óleo contribui para maximizar a eficiência energética, prevenindo o desgaste dos componentes do motor.

2.4.2 Densidade

A densidade é definida como sendo a relação entre a massa e o volume de uma substância numa determinada temperatura.

De acordo com Maia (2009), a densidade de sólidos e líquidos, segundo o Sistema Internacional de Unidades é expressa em quilograma por metro cúbico (kg/m^3), contudo, é comumente utilizada a medida de gramas por centímetro cúbico (g/cm^3) e gramas por mililitro (g/ml).

Diferentemente de grandezas como massa ou comprimento, chamamos a densidade de grandeza derivada, porque é definida através de outras grandezas físicas.

2.4.3 Acidez e Basicidade

A acidez ou basicidade de um óleo podem ser expressas pelos números:

- **Número de Acidez Total (TAN):** É a quantidade de base, expressa em miligramas de KOH, necessária para neutralizar todos os componentes ácidos presentes em 1 g de óleo.

- **Número de Basicidade Total (TBN):** É a quantidade de ácido expressa em correspondentes miligramas de KOH, necessários para neutralizar todos os componentes alcalinos presentes em 1 g de óleo.

Em óleos usados, um acréscimo na acidez pode significar contaminação externa ou um acelerado processo de oxidação, já que essa reação libera produtos ácidos. Já um decréscimo no TBN representa a degradação do aditivo, em virtude do ataque dos componentes ácidos, e o valor do TBN indicará o quanto ainda resta de reserva alcalina.

2.4.4 Ponto de Fulgor

O ponto de fulgor é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em condições padrões, desprende vapores que se inflamam momentaneamente ao contato com uma chama piloto. A contaminação de lubrificantes usados em motores de combustão interna com o combustível resulta na queda acentuada do ponto de fulgor.

2.5 CONTAMINAÇÃO EM ÓLEOS LUBRIFICANTES

Os contaminantes representam influências indesejadas que têm o potencial de comprometer a integridade dos fluidos nos sistemas hidráulicos.

A menos que sejam adequadamente controlados, esses contaminantes podem deteriorar os fluidos lubrificantes, impactando diretamente na vida útil esperada do equipamento.

O controle eficaz dos contaminantes nos fluidos lubrificantes é essencial para garantir que o equipamento atinja sua vida útil planejada (CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007).

Conforme mencionado pela MOBIL (2018), os óleos lubrificantes são projetados para atender a requisitos específicos de serviços. Se não forem manuseados e armazenados corretamente, esses óleos podem sofrer deterioração ou contaminação, resultando em uma lubrificação insuficiente ou até mesmo se tornando resíduos que precisam ser descartados.

As causas comuns de contaminação, deterioração e resíduos de lubrificantes no manuseio e armazenagem são:

- Recipientes danificados
- Condensação de umidade
- Equipamentos de distribuição sujos
- Exposição a poeira ou vapores químicos
- Práticas de armazenagem ao ar livre deficientes
- Mistura de diferentes marcas e tipos
- Exposição a calor ou frio excessivo
- Prazo de validade excedido

A presença de partículas e outros contaminantes, como água e ar, em um sistema hidráulico, tem um impacto significativo na vida útil dos componentes do sistema e frequentemente é responsável por falhas prematuras.

Abaixo, destaca-se a veracidade das falhas atribuídas à contaminação.

Conforme afirmado pela Caterpillar, "a sujeira e a contaminação são, de longe, a principal causa de falhas nos sistemas hidráulicos".

Da mesma forma, a J. I. Case enfatiza que "uma verdade sobre sistemas hidráulicos é que eles devem ser mantidos limpos - impecavelmente limpos - para alcançar a produtividade máxima que são capazes", como destacado por FITCH (1991).

- O Massachusetts Institute of Technology declara que "seis a sete por cento do produto nacional bruto (US\$ 240 bilhões) é requerido somente para reparar avarias causadas por desgaste mecânico". O desgaste ocorre como resultado da contaminação (FITCH, 1991).
- A Oklahoma State University relata que quando o fluido é mantido 10 vezes mais limpo a vida das bombas hidráulicas é aumentada 50 vezes (FITCH, 1991).

O controle de contaminação não apenas promove a limpeza e a confiabilidade do sistema, mas também resulta em uma menor necessidade de trocas de óleo, prolonga a vida útil do óleo e reduz o tempo de inatividade da máquina.

2.6 TIPOS DE CONTAMINAÇÃO

As formas mais comuns de contaminação incluem a presença de água, outros lubrificantes, impurezas e outros produtos.

A contaminação por água resulta na deterioração dos lubrificantes, especialmente em certos tipos de graxas e óleos aditivados. Essa contaminação pode ocorrer devido a recipientes danificados ou até mesmo através da entrada de água pelos tampões dos tambores e baldes, conforme mencionado por CULTIVAR (2015).

Conforme detalhado no artigo (CULTIVAR, 2015), a contaminação dos lubrificantes por outros tipos de lubrificantes é uma possibilidade. Por exemplo, pode ocorrer a contaminação de um óleo de alta viscosidade por um óleo de

baixa viscosidade, o que pode resultar em um aumento do desgaste dos equipamentos devido à lubrificação inadequada.

Além disso, impurezas como poeira, areia e fiapos também têm o potencial de contaminar os lubrificantes. Essas impurezas não apenas deterioram os lubrificantes, mas também podem obstruir tubulações de lubrificação, travar válvulas de sistemas hidráulicos e causar desgaste excessivo das peças devido à presença de materiais abrasivos.

2.7 CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO

Descontaminação dos sistemas hidráulicos e do próprio ambiente de trabalho é decisiva para evitar quebras prematuras e queda de performance nos equipamentos. (FOSTER, 2002).

2.7.1 Controle Macroscópico da Contaminação

A lubrificação é uma atividade que requer excelência na arrumação, organização e limpeza. Esses três conceitos devem andar juntos e serem observados desde o armazenamento dos lubrificantes até chegar nos equipamentos e nos sistemas de lubrificação. (NASCIF,2015).

2.7.1.1 Armazenagem

A maneira com que os lubrificantes são armazenados é extremamente essencial para executar um eficiente e efetivo programa de lubrificação. O ambiente ideal de armazenamento para lubrificantes é um ambiente fresco, limpo e seco. (FALK, 2015).

Os lubrificantes devem ser armazenados em recintos fechados, longe de fontes de contaminação e processos térmicos extremos.

O piso do depósito deve ser firme e não pode absorver derramamentos. Recomenda-se o uso de pallets, racks ou ripas de madeiras no armazenamento de óleos.

Quando os lubrificantes são armazenados em áreas externas, é recomendável cobrir os tambores com materiais impermeáveis para proteção contra

intempéries. Se os tambores forem armazenados na horizontal, é importante colocá-los sobre ripas para evitar o contato direto com o solo.

Além disso, eles devem permanecer paralelos ao solo para reduzir a entrada de umidade e minimizar a perda do lubrificante. No caso de armazenamento na posição vertical, os tambores devem ser inclinados para evitar a acumulação de água e outras impurezas, conforme orientado pela (PETRONAS, 2008).

2.7.1.2 Sistema de Identificação

Há anos, etiquetas para identificação de lubrificantes têm sido empregadas para assegurar a aplicação do lubrificante adequado no local apropriado. Um sistema de identificação eficaz é considerado um elemento essencial de um programa de lubrificação de alto padrão. Atualmente, existem diversas soluções de identificação por cores disponíveis para facilitar esse processo, conforme mencionado por CASH, Wes (2015).

FIGURA 8: ITENS ESSENCIAIS PARA IDENTIFICAÇÃO.

Onde as Etiquetas devem Ser Usadas

- Tanques de armazenamento
- Tambores e baldes
- Pistolas graxeiras
- Galões de abastecimento
- Carrinhos de filtragem
- Tambores de descarte
- Máquinas
- Bombas de tambores
- Mangueiras de transferência
- Funis
- Dispositivos para coleta de amostra

Fonte: Machinery Lubrification (2015).

2.7.1.2.1 Sistema de identificação de lubrificação (LIS – Lubrication Identification System)

Uma solução que provém muitas informações além das etiquetas mais simples é o Sistema de Identificação de Lubrificantes LIS.

No centro do LIS está a ISO 6743. Esta norma explica a formulação, tipo de óleo base e aplicações para a maior parte dos óleos usados. Também

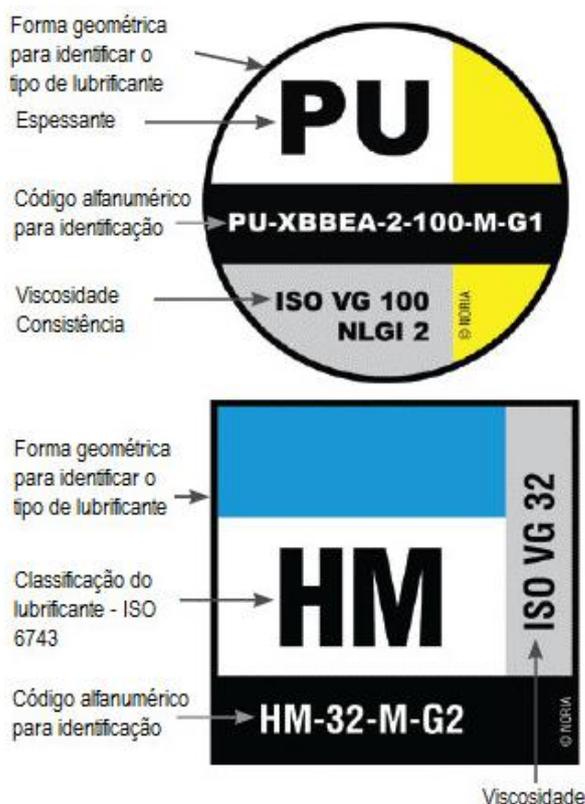
descrito na etiqueta está a viscosidade específica e o óleo base para cada lubrificante.

Além disso, cada viscosidade possui sua própria cor que pode ser padronizada por toda a planta. Para óleos, a etiqueta é um quadrado enquanto para graxas ela é redonda.

O sistema LIS incorpora as melhores práticas de identificação visual e não emprega nomes dos lubrificantes. Isso permite que a etiqueta seja mantida mesmo caso haja a mudança da marca do lubrificante.

O sistema oferece uma especificação genérica do lubrificante que pode ser usada para assegurar que produtos similares sejam usados caso haja a mudança da marca reduzindo, assim, o risco de falha no equipamento pelo uso de um lubrificante que não é recomendado para a aplicação. (CASH, Wes. 2015).

FIGURA 9: SISTEMA LIS DE IDENTIFICAÇÃO.



Fonte: Machinery Lubrication (2015).

2.7.2 Controle microscópico da contaminação

Devido às tolerâncias cada vez menores, os equipamentos hidráulicos tornaram-se mais sensíveis à presença de contaminantes sólidos suspensos nos fluidos, tornando o controle dessas impurezas indispensável para garantir o funcionamento e a durabilidade de válvulas, bombas e motores. Portanto, é crucial estabelecer com clareza e precisão o nível de limpeza que o fluido deve manter para garantir o desempenho ideal dos sistemas hidráulicos.

Por muitos anos, organizações como ISO, NAS e outras têm desenvolvido critérios para determinar o nível de contaminação dos fluidos. Atualmente, as normas internacionais mais reconhecidas para essa finalidade são a ISO 4406 e a NAS 1638. planejada (CONTROLE de contaminação para fluidos lubrificantes [...], 2007).

O que é importante para os sistemas hidráulicos e de lubrificação não é apenas reduzir o nível de contaminação para o patamar exigido e sim manter constantemente o nível de contaminação de acordo com o exigido.

O nível de contaminação depende do controle e do gerenciamento, uma vez que conseguimos abaixar o nível de contaminação do equipamento hidráulico é de extrema importância que dimensionemos um sistema de filtragem para manter o nível no patamar que exigido pela máquina.

Com práticas adequadas de armazenamento e manuseio, um controle eficaz da contaminação requer atenção em todas as fases do ciclo de vida de um lubrificante dentro da planta fabril.

É fundamental entender que óleo novo não equivale necessariamente a óleo limpo. Embora a maioria dos fabricantes forneça óleo de qualidade para as instalações, os desafios associados ao fornecimento de óleo limpo em grandes volumes resultam frequentemente em óleos novos com níveis de limpeza de 2 a 3 classes NAS abaixo do ideal para aplicações críticas. Além disso, é comum que o teor de água no óleo novo exceda em 50 a 200% o necessário para garantir uma confiabilidade ótima. Assim, torna-se essencial pré-filtrar qualquer óleo novo antes de utilizá-lo, conforme destacado pela DES-CASE (2016).

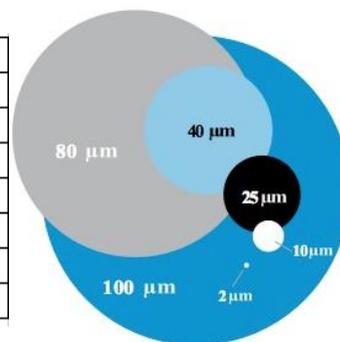
2.7.2.1 Escala Micrométrica

Um micron é igual a um milionésimo de um metro, ou trinta e nove milionésimos de uma polegada. Um único micron é invisível a olho nu e é tão pequeno que é extremamente difícil imaginá-lo.

Para trazer o seu tamanho mais próximo à realidade, alguns objetos de uso diário serão medidos com o uso da escala micrométrica. Um simples grão de sal refinado mede 100 microns. O diâmetro médio de um fio de cabelo humano mede 70 microns. 25 microns correspondem a aproximadamente um milésimo de polegada. O menor limite de visibilidade para o olho é de 40 microns. Em outras palavras, uma pessoa normal pode enxergar uma partícula que mede 40 microns, no mínimo. Isto significa que, embora uma amostra de fluido hidráulico pareça estar limpa, ela não está necessariamente limpa. Muito da contaminação prejudicial em um sistema hidráulico está abaixo de 40 microns. (Parker, 2008).

FIGURA 10: COMPARAÇÃO DE UM MÍCRON COM PARTÍCULAS FAMILIARES.

Tabela comparativa de um Micrômetro com partículas familiares.	
Grão de Sal	100 μm
Cabelo Humano	80 μm
Limite Inferior de Visibilidade	40 μm
Glóbulo Branco	25 μm
Pó de Talco	10 μm
Glóbulo Vermelho	8 μm
Bactéria	2 μm



Fonte: Shoptalk Donaldson (2013).

2.7.2.2 Normas e Padrões de Controle

As normas e padrões no controle da contaminação de óleos lubrificantes são diretrizes estabelecidas para garantir a qualidade e a pureza desses óleos, evitando assim que partículas estranhas, sujeira ou contaminantes prejudiquem o desempenho dos equipamentos e sistemas onde esses óleos são utilizados.

Essas normas são essenciais para manter a eficiência operacional e a durabilidade dos componentes mecânicos e, cumpri-las, é fundamental para manter a integridade dos sistemas mecânicos e maximizar a vida útil dos

componentes, além de minimizar o risco de falhas prematuras devido à contaminação de óleos lubrificantes.

2.7.2.3 ISO 4406

A norma ISO 4406 é uma norma internacional que estabelece diretrizes para a classificação da contaminação de fluidos hidráulicos e óleos lubrificantes com base no tamanho e na quantidade de partículas sólidas presentes nesses fluidos.

Essa norma é amplamente usada em diversas indústrias para avaliar e relatar a contaminação de fluidos, garantindo a qualidade e o desempenho desses fluidos em sistemas mecânicos e hidráulicos.

A ISO 4406 define um sistema de códigos numéricos que representam a concentração de partículas em três faixas de tamanho:

- Partículas maiores que 4 micrômetros (μm).
- Partículas maiores que 6 (μm).
- Partículas maiores que 14 (μm).

Cada faixa de tamanho é representada por um número, e a combinação desses números fornece um código que descreve a classe de contaminação do fluido.

A norma também fornece uma tabela que relaciona esses códigos a intervalos específicos de partículas por mililitro de fluido. Essa classificação ajuda a determinar a pureza do fluido e permite que os usuários compreendam melhor a qualidade do óleo lubrificante ou do fluido hidráulico que estão utilizando em seus sistemas

Em síntese, a ISO 4406 é uma norma essencial para avaliar e comunicar a contaminação de fluidos, proporcionando informações importantes para a manutenção adequada de equipamentos e a prevenção de problemas relacionados à contaminação em sistemas industriais e hidráulicos.

2.7.2.3.1 *Leitura ISO 4406*

A ocorrência de falhas catastróficas em sistemas hidráulicos muitas vezes está associada à presença de partículas grandes, aquelas com diâmetro superior

a 14 micrômetros, no óleo. Por outro lado, falhas de natureza progressiva e gradual, como o desgaste, tendem a ser causadas por partículas de menor tamanho, geralmente na faixa de 4 a 6 micrômetros. Isso é uma das razões pelas quais a norma ISO 4406:1999 estabeleceu como padrão as medidas de referência para partículas de 4 micrômetros, 6 micrômetros e 14 micrômetros.

O código utilizado para classificar os níveis de contaminação com base na contagem de partículas segue uma escala de três números ($1^a / 2^a / 3^a$), permitindo a identificação das dimensões e distribuição das partículas da seguinte maneira:

- O primeiro número indica a quantidade de partículas com 4 micrômetros ou mais por mililitro.
- O segundo número representa a quantidade de partículas com 6 micrômetros ou mais por mililitro.
- O terceiro número corresponde à quantidade de partículas com 14 micrômetros ou mais por mililitro.

Essa classificação detalhada permite uma análise precisa da contaminação do óleo, facilitando a identificação das condições que podem levar a falhas no sistema hidráulico e orientando a manutenção adequada para prevenir problemas.

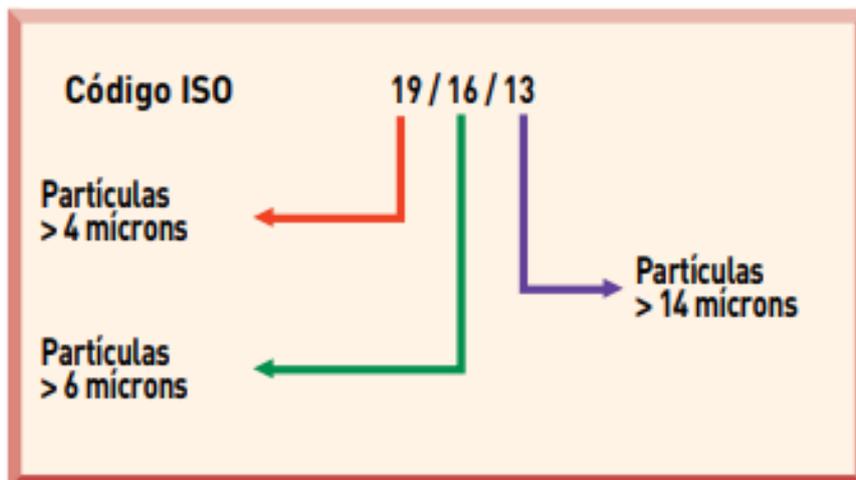
TABELA 1: RELAÇÃO ENTRE A FAIXA DA AMOSTRA E A QUANTIDADE DE PARTÍCULAS NA AMOSTRA

Faixa	Micron	Faixa de contagem
19	4+	2,500 - 5,000
16	6+	320 - 640
13	14+	40 - 80

Fonte: Parker (2019).

Uma classificação ISO de 19/16/13 pode ser definida como:

FIGURA 11: LEITURA DO CÓDIGO ISO 4406.



Fonte: Parker (2019).

TABELA 2: LEITURA CÓDIGO ISO 4406.

Número de partículas	Número de partículas por ml	
	Mais de	Até e inclusive
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
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

Fonte: Parker (2019).

2.7.2.3.2 Código NAS 1638

A norma NAS é um padrão mais antigo, desenvolvido em 1964 para definir a classe de contaminação em componentes de aeronaves e fluidos hidráulicos.

Ela determina o nível de contaminação pela contagem das partículas por 100 ml, em 5 faixas de tamanho.

TABELA 3: LEITURA PARA A NORMA NAS 1638.

Número de partículas por 100 ml														
Micra	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 à 15	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	16.000	32.000	64.000	128.000	256.000	512.000	1.024.000
15 à 25	22	44	89	178	356	712	1.425	2.850	5.700	11.400	22.800	45.600	91.200	182.400
25 à 50	4	8	16	32	63	126	253	506	1.012	2.025	4.050	8.100	16.200	182.400
50 à 100	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1.440	2.880	5.760
Acima de 100	0	0	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1.024

Fonte: Parker (2019).

Para entendimento desta norma, considerando o exemplo abaixo que se refere a uma amostra a qual verificou-se os resultados apresentados, o fluido será classificado como classe 7.

TABELA 4: DADOS DE UMA AMOSTRA PARA LEITURA DA NAS 1638.

Tamanho (μ)	Quantidade	Classe
5 a 15	27.358	7
15 a 25	239	3
25 a 50	65	4
50 a 100	10	3
>100	0	-

Fonte: Parker (2019).

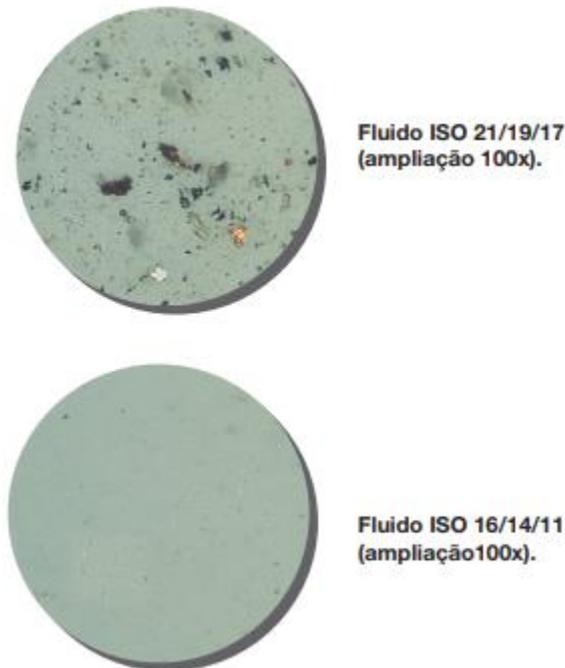
O fluido hidráulico deve atender às recomendações estabelecidas pelas normas NAS 1638 (de 1969) e equivalentes à ISO 4406 (de 2002).

É importante ressaltar que um fluido novo não pode ser considerado automaticamente limpo e adequado para uso nos sistemas hidráulicos antes de passar pelo processo de filtragem, conforme destacado por PARKER (2019).

É geralmente aceito que quanto mais limpo o sistema hidráulico, mais confiável ele é.

A figura 12 ilustra a distinção entre um óleo não filtrado e contaminado e um óleo que passou pelo processo de filtragem.

FIGURA 12: DIFERENÇA NO GRAU DE LIMPEZA APÓS O PROCESSO DE FILTRAGEM.



Fonte: Parker (2019).

2.7.2.3.3 *Medições de Limpeza do Fluido*

Verificações regulares das condições do fluido vão ajudar a garantir que o sistema está trabalhando satisfatoriamente, e que o nível de limpeza especificado estar sendo mantido. Isto pode ser obtido conectando um contador de partículas online ou retirando uma amostra do fluido do sistema e analisando em um laboratório.

No monitoramento da contaminação, as amostras de fluido do sistema são analisadas quanto a qualquer aumento significativo na contaminação por partículas e as ações são prontamente implementadas para corrigir a situação, por exemplo, através da utilização de filtragem hidráulica de alto desempenho,

para melhorar a limpeza do sistema até um nível de limpeza recomendado pre-definido e reduzir o desgaste do sistema no menor intervalo de tempo possível.

Desta forma, serão alcançados os objetivos de operação confiável e longa vida útil dos componentes. OS requisitos para um monitor de contaminação de fluidos são:

- Necessário ter a capacidade de medir concentrações das menores partículas de contaminação, ou seja, $< 10 \mu\text{m}$.
- Necessário medir uma ampla faixa de tamanhos e concentrações de partículas.
- Ser capaz de apresentar os dados em formatos de relatórios padrão reconhecidos na indústria, por exemplo, para sistemas de codificação de limpeza como ISO 4406 ou AS4059 [10].
- Ter precisão, acuracidade e repetibilidade comprovadas.
- Fornecer resultados instantâneos e imediatos ou pelo menos em um curto período de tempo para que as ações corretivas possam ser executadas com o mínimo de atraso.
- Poder analisar uma ampla gama de tipos de fluido, como fluidos hidráulicos, lubrificantes, fluidos de lavagem e solventes.

FIGURA 13: CONTADOR DE PARTÍCULAS.



Fonte: MP Filtri (2022).

2.7.2.3.4 Filtragem

Conforme Tessmann & Hong (2000) destacam, a filtragem refere-se à remoção de partículas contaminantes de um fluido em um sistema.

De acordo com a citação de Fitch (2013), a função principal desse processo é remover e reter contaminantes à medida que o óleo flui através do componente poroso denominado meio filtrante.

Tessmann & Hong (2000) também afirmam que um filtro ideal é caracterizado por oferecer máxima resistência à passagem de contaminantes, ao mesmo tempo em que proporciona uma resistência mínima ao fluxo de fluido.

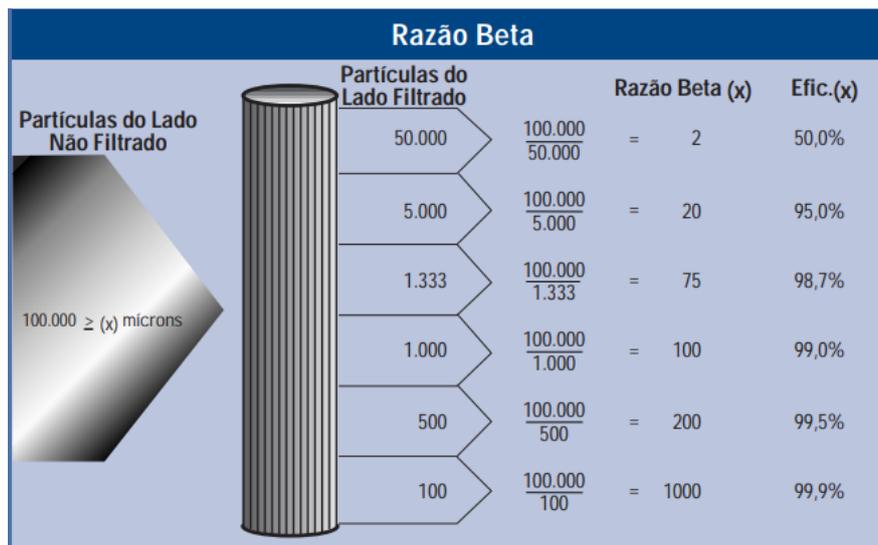
A composição da maioria dos meios filtrantes consiste em poros ou passagens capilares, formadas por um entrelaçado de material fibroso. Há uma retenção de uma fração das partículas presentes no fluido, variando conforme o tamanho delas, a capacidade do meio filtrante e a integridade estrutural do filtro. O processo de captura de partículas pelos meios mencionados é denominado absorção.

2.7.2.4 Eficiência de Filtro Hidráulico

A indústria de filtros usa procedimentos de teste de múltipla passagem (Multi – pass) da ISO 16889 para avaliar o desempenho do elemento filtrante. Durante o teste de múltipla passagem o fluido circula através sob condições controladas e monitoradas com precisão. A pressão diferencial através do elemento testado é continuamente registrada enquanto uma quantidade constante de contaminante é injetada no fluxo antes do elemento. Sensores de partículas a laser on – line determinam os níveis de contaminação do fluxo antes e depois do elemento em teste.

Em atributo de performance (a razão Beta – β_x) é determinada por diversos tamanho de partículas.

FIGURA 14: REPRESENTAÇÃO DO TESTE DE MÚLTIPLA PASSAGEM.



Fonte: Manual de Filtragem Parker (2001).

2.7.2.4.1 Determinação da razão β

O parâmetro mais importante para classificar um elemento filtrante.

$$\beta_x = \frac{n_{antes\ x}}{n_{depois\ x}}$$

x : É o tamanho da partícula Teste de múltipla passagem ISO 16889 (Antiga ISO 4572)

$n_{antes\ x}$: Número de partículas antes do fluxo em relação ao elemento igual a ou maior do que x .

$n_{depois\ x}$: Número de partículas depois do fluxo em relação ao elemento igual a ou maior do que x .

$$n_{antes\ de\ 10} = 10000$$

$$n_{depois\ de\ 10} = 43$$

$$\beta_{10} = \frac{10000\ antes\ 10}{43\ depois\ 10}$$

$$\beta_{10} = 232$$

- **Eficiência E**

$$E = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x 100\%}$$

$$E = \frac{232 - 1}{232 \cdot 100\%}$$

$$E = 99,57\%$$

Essa dedução permite concluir que para valores maiores para razão β , maior será a eficiência do filtro e, conseqüentemente, mais apropriado. A tabela abaixo destaca a relação da eficiência em relação a esse parâmetro.

TABELA 5: EFICIÊNCIA EM FUNÇÃO DA RAZÃO BETA.

Razão Beta/Eficiências	
Razão Beta (a um tamanho de partícula estipulado)	Eficiência de separação (o mesmo tamanho de partícula)
1.01	1,0%
1.1	9,0%
1.5	33,3%
2.0	50,0%
5.0	80,0%
10.0	90,0%
20.0	95,0%
75.0	98,7%
100	99,0%
200	99,5%
1000	99,9%

Fonte: Manual de Filtragem Parker (2001).

2.8 MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL

O WCM surgiu diretamente do Sistema Toyota de Produção e consiste em um conjunto de princípios e técnicas de gestão destinados a otimizar a capacidade produtiva do negócio concentrando-se, especialmente, em criar um ambiente caracterizado pela eliminação total de desperdícios.

De acordo com (PALUCHA, 2012) o WCM representa um modelo de gestão que envolve a implementação de melhorias contínuas nas atividades dentro

do contexto produtivo das organizações. Isso é fundamentado principalmente na busca por alcançar metas como "zero estoque", "zero quebra", "zero defeito" e "zero desperdício", ao mesmo tempo em que se busca o aumento da produtividade, da segurança e a redução de custos.

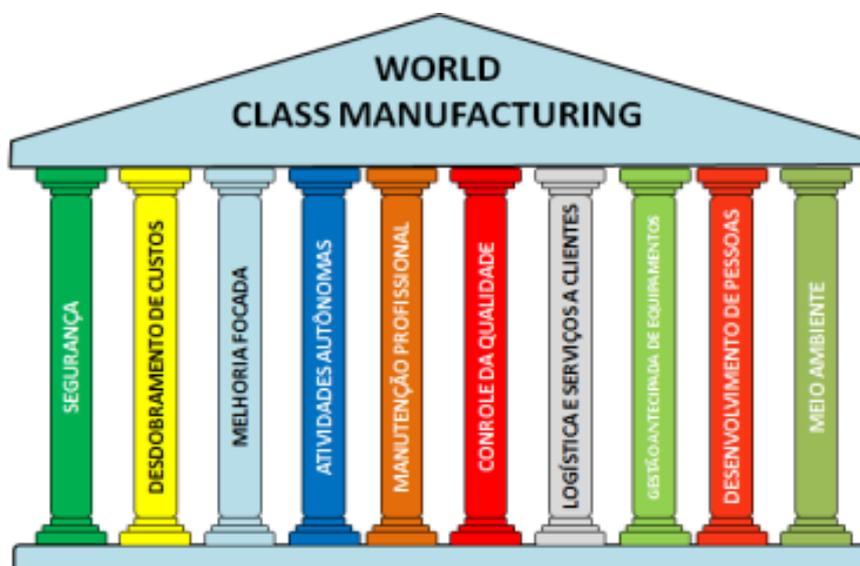
A realização desses objetivos é facilitada por meio do trabalho em equipe e pela capacitação dos funcionários em métodos e ferramentas específicas necessárias para essas equipes.

2.8.1 Conceitos dos Pilares do WCM

O programa do WCM é estruturado pelo aprofundamento das 10 principais áreas integradas da produção conhecidos como pilares técnicos (Figura 15) através do templo do WCM. (PALUCHA, 2012).

De acordo com Arraiz e Susan (2011) o WCM é uma ferramenta clara para identificar e eliminar as principais perdas do processo produtivo e os seus desperdícios através dos 10 pilares técnicos.

FIGURA 15: TEMPLO DO WCM E OS 10 PILARES TÉCNICOS.



Fonte: Palucha (2012).

Do ponto de vista operacional, a estrutura do WCM é apoiada em pilares técnicos e gerenciais, conforme mostrado abaixo.

- **Segurança** - Responsável por promover um ambiente de trabalho totalmente seguro e controlado, com o intuito de assegurar a integridade física e mental dos colaboradores. O foco principal é a eliminação de acidentes, através de um forte trabalho em ações de prevenção.
- **Desdobramento de Custos** – Pilar responsável pela identificação e quantificação financeira de todas as perdas e desperdícios do sistema produtivo, bem como a priorização ao ataque de perdas que ofereçam as maiores potencialidades de redução de custos.
- **Melhoria Focada** – Pilar responsável por dar suporte metodológico adequado ao combate às perdas, de acordo com a priorização do pilar Desdobramento de Custos, além de monitorar o andamento dos projetos através das avaliações do benefício, custo e saving (economia), bem como indicar a utilização de ferramentas mais elaboradas para solução de problemas de maior complexidade.
- **Atividades Autônomas** – Este pilar é subdividido em dois pilares, Manutenção Autônoma e Organização do Posto de Trabalho, os quais devem ser trabalhados em conjunto. O primeiro é focado nas atividades das máquinas e o segundo nas atividades manuais.
- **Manutenção Autônoma** – Tratam-se das atividades básicas de manutenção que podem ser realizadas pelo próprio operador da máquina. Com isso propicia-se ao operador a possibilidade de desenvolvimento profissional aumentando seu conhecimento a respeito do equipamento que utiliza no dia-dia, permitindo a identificação de anomalias, a fim de evitar futuras quebras e problemas de qualidade, as quais podem impactar na eficiência da máquina.
- **Organização do Posto de Trabalho** – Pilar responsável por realizar melhorias nos postos de trabalho através de ferramentas iniciais, tais como 5S e 5T. Eliminação de atividades que não agregam valor (NVAA), e o estabelecimento da golden zone, ou seja, ferramentas e dispositivos necessários ao processo devem estar próximos ao operador, de maneira que se tenha a mínima movimentação.
- **Manutenção Profissional** – Pilar responsável por atuar na restauração das condições originais dos equipamentos, a qual é realizada por

profissionais da manutenção, com o intuito de evitar a quebra das máquinas, contribuindo para o aumento da vida útil dos componentes (aumento do MTBF e redução do MTTR).

- **Controle da Qualidade** – Neste pilar estão inseridos métodos e ferramentas específicas, que podem ser utilizadas no auxílio ao controle e monitoramento das entradas dos processos.
- **Logística** – Este pilar é baseado nas atividades de reorganização dos processos, através do mapeamento do fluxo de valor, além de algumas práticas que asseguram o melhor fluxo, tais como: JIT, Material Handling, Milk Run, e alterações de layout. Estas ferramentas têm como objetivo a redução de estoques, movimentação e transporte. A área de atuação deste pilar pode ir desde o fornecedor, passando pelo processo de produção, até o cliente final.
- **Gestão Antecipada de Equipamento e Produto** – Este pilar está relacionado à sequência de atividades necessárias ao desenvolvimento de um projeto para aquisição de um novo equipamento para a planta. A execução dos trabalhos segundo a ótica deste pilar garante a compra de máquinas com as melhores performances produtivas e de classe mundial, como: produtividade, custos, qualidade e manutenção. Além disto deve-se buscar reduzir o tempo de vertical start-up, que, após a instalação, é o menor tempo possível para obter-se um OEE entre 80% e 90%. Algumas atividades deste pilar são também aplicadas ao desenvolvimento do produto pela organização.
- **Desenvolvimento de Pessoas** – Este pilar visa garantir, através de um sistema estruturado de treinamento, as habilidades necessárias a cada posto de trabalho, de maneira a possibilitar a formação de especialistas como agentes difusores da metodologia WCM para todos os colaboradores da empresa.
- **Meio Ambiente** – Neste pilar são abordados os assuntos referentes ao desenvolvimento da organização no que diz respeito à sustentabilidade ambiental e social, buscando desenvolver a cultura de redução dos impactos ambientais, utilizando o mínimo de recursos necessários para se produzir.

2.8.2 Pilar Organização do Posto de Trabalho - Workplace Organization (WO)

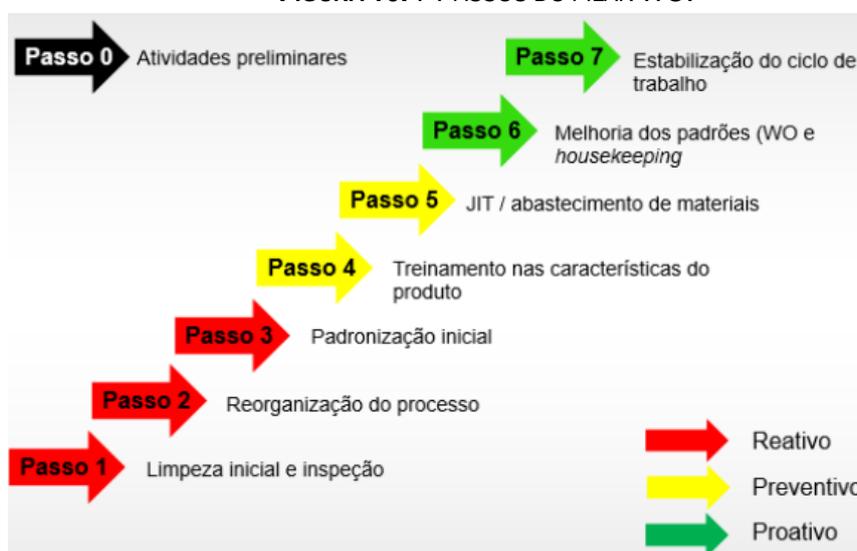
O pilar WO é constituído de um conjunto de critérios técnicos, métodos e instrumentos para criar uma estação de trabalho em condições ideais. Isso está diretamente ligado a realizar ações de restauração e de melhoria contínua com o objetivo de garantir a segurança do ambiente de trabalho com o mínimo de movimentação de materiais, assegurar a qualidade dos produtos/serviços mediante um processo enxuto, e principalmente a melhoria da produtividade, aplicando as ferramentas apropriadas para otimização e criação de padrões de trabalho de modo que o comportamento dos operadores possa garantir a repetibilidade do processo.

O resultado previsto das atividades desenvolvidas através do pilar consiste na redução significativa dos principais tipos de desperdícios que levam a não qualidade do produto/serviço, redução de produtividade, melhoria consistente da ergonomia e na substancial redução de movimentação de materiais (MARTINS,2018).

2.8.2.1 Os 7 Passos do Pilar Organização do Posto de Trabalho

A implementação do pilar WO é realizada através de uma sequência de sete passos, com atividades específicas a serem realizadas em cada etapa.

FIGURA 16: 7 PASSOS DO PILAR WO.



Fonte: Braga (2016).

- **Passo 0:** Atividades preliminares, relacionadas às atividades iniciais necessárias à correta definição da área modelo, e a implementação de maneira eficiente da organização do posto de trabalho (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Classificação das áreas e definição da área modelo, através da análise de custos (Cost Deployment);
- Formação da equipe de trabalho;
- Definição dos indicadores de performance (KPI's) e dos indicadores das atividades (KAI's);
- Utilização da ferramenta Gestão das Etiquetas;
- Definição do Plano mestre do pilar;
- Procedimentos de certificação do passo.
 - **Passo 1:** Limpeza inicial e inspeção, com o intuito de eliminar materiais desnecessários e remover todo tipo de sujeira, para tornar o posto de trabalho limpo e organizado, além de demarcar claramente as áreas para alocação de ferramentas, dispositivos e equipamentos (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Realização de 5S e 5T no posto de trabalho;
- Criação da lista de anomalias e de contaminação, para eliminação;
- Definição do padrão temporário para o tempo de limpeza;
- Cálculo da relação B/C (benefício/custo) do passo 1;
- Certificação do passo.
 - **Passo 2:** Reorganização do processo, com o intuito de melhorar as condições ergonômicas do local, aumentar a produtividade e a qualidade, prevenindo a ocorrência de erros, e evitando que produtos defeituosos sejam encaminhados para os processos subsequentes. Isto é obtido através das análises de MURI, MURA e MUDA (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Minimização ou eliminação de fontes de contaminação (redução do tempo de limpeza);
- Análise e eliminação de MURI (problemas ergonômicos);

- Análise e eliminação de MURA (atividades irregulares);
- Análise e eliminação de MUDA (atividades que não agregam valor);
- Cálculo da relação B/C do passo 2;
- Certificação do passo.
 - **Passo 3:** Padronização inicial, necessária à manutenção dos benefícios alcançados nos passos anteriores (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Definições de padrões visuais (código de cores);
- Implementação de padrões de limpeza e manutenção;
- Padrões de auto inspeções;
- Gestão das auditorias de 5S;
- Rebalanceamento de linha;
- Certificação do passo 3.
 - **Passo 4:** Treinamento dos operadores nas características do produto, com o intuito de melhorar a qualidade e dar suporte aos serviços de manutenção autônoma e profissional. Este passo também tem o objetivo de conscientizar o operador, sobre sua função de controlar o processo. Isto resulta na possibilidade de eliminar problemas potenciais, através da realização de ações preventivas (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Realização de treinamento nas características do produto;
- Classificação dos operadores;
- Análise e eliminação dos problemas de qualidade devido a erros humanos;
- Criação do plano de inspeção do ferramental necessário ao processo;
- Desenvolvimento de Poka Yokes;
- Certificação do passo 4.
 - **Passo 5:** Just in Time (JIT) / abastecimento de materiais, permite o sincronismo das atividades respeitando as regras do JIT, além de possibilitar, na maioria das vezes, o equilíbrio de duração de algumas atividades, básicas e adicionais. O sincronismo flexibiliza a produção de lotes grandes, intercalados com lotes menores (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Otimizar o fornecimento de materiais;
- Avaliação da golden zone e strike zone;
- Realização de estudo dos movimentos do operador;
- Aplicação das 7 ferramentas da engenharia industrial;
- Aplicação do conceito do one piece flow;
- Certificação do passo 5.
 - **Passo 6:** Revisão e melhoria dos padrões iniciais para torná-los mais eficientes, com o intuito de permitir um desempenho operacional mais rápido e fácil (DUDEK, 2013).

Principais ações:

- Prevenir a incidência de problemas da qualidade;
- Minimizar ocorrência de operações irregulares;
- Estabelecer o ritmo da operação de maneira que minimize a fadiga devidos às repetições de movimentos;
 - Desenvolvimento de dispositivos de automação de baixo custo (LCA – Low Cost Automation);
 - Desenvolvimento de habilidades dos operadores (conceito 3.3.3);
 - Certificação do passo 6.
 - **Passo 7:** Estabilização do ciclo de trabalho, implantando a sequência do trabalho padronizado, permitindo a redução na variação da qualidade (DUDEK, 2013). Estabelecer o trabalho padronizado.
 - Flexibilizar o processo a um baixo custo;
 - Desenvolver habilidades específicas aos operadores, voltadas a vertical startup ou implementação de um novo produto na linha;
 - Certificação do passo.

2.8.3 Programa 5S

O programa '5S' nasceu em maio de 1950 no Japão, com o objetivo inicial de combater as perdas e os desperdícios nas indústrias. Tendo como precursores o Dr. Kaoru Ishikawa e colaboradores do Centro de Educação para a Qualidade, é fundamentado em cinco regras básicas que promovem intensa mobilização e educação de todos os envolvidos, aguçando o senso de observação de causas e origens de problemas. (BIASOLI e OLIVEIRA, 2005)

De acordo com (BUCHALLA 2020), a junção do número 5 com a letra S vem das cinco palavras japonesas:

- Seiri – Senso de utilização
- Seiton – Senso de organização
- Seiso – Senso de limpeza
- Seiketsu – Senso de padronização
- Shitsuke – Senso de disciplina

Senso de utilização (classificação, seleção e descarte)

Organizar o que é usado, descartando ou dando outra finalidade ao que não é utilizado. Dessa forma, classificar todos os itens presentes em um ambiente de trabalho e filtrá-los de forma sistemática.

Senso de ordenação, arrumação, organização

Facilitar o acesso aos itens utilizados a partir da organização. O senso visa a determinar um local ideal para cada item, reduzindo espaços, melhorando a comunicação e a acessibilidade.

Senso de limpeza, inspeção, zelo

Manter o ambiente sempre limpo, eliminando as causas das sujeiras e aprendendo a não sujar. A limpeza sistemática deve ser encarada como uma inspeção para que haja bloqueio das causas de sujeira.

Senso de asseio, higiene, saúde e integridade

Deve haver preocupação constante com a higiene para que o ambiente de trabalho seja saudável às atividades desenvolvidas

Senso de autodisciplina, educação, compromisso

Melhorar constantemente, desenvolvendo força de vontade e espírito crítico. Além disso, tornar as rotinas definidas um hábito e cumpri-las.

3. METODOLOGIA

Em termos metodológicos, a pesquisa utilizada para elaborar este trabalho pode ser categorizada como pesquisa explicativa.

Este tipo de pesquisa, também referido como pesquisa causal, tem como principal objetivo compreender as relações de causa e efeito entre variáveis.

A pesquisa explicativa busca explicar por que certos eventos ocorrem e como estão relacionados entre si.

Segundo Babbie, Earl R. (2015), autor de "The Practice of Social Research", a pesquisa explicativa se dedica a responder questões do tipo 'por que' e 'como', buscando entender as relações de causa e efeito entre variáveis, e identificando os mecanismos subjacentes aos fenômenos observados.

A escolha dessa modalidade de pesquisa permite abordar tópicos bastante relevantes para o tema escolhido, destacando-se:

- **Clareza nas causas das fontes:** Vai além da observação da ocorrência, proporcionando a identificação dos agentes causadores.
- **Desenvolvimento de soluções:** Facilita a criação de soluções específicas e eficazes.
- **Prevenção e controle:** Fornece uma base sólida para a implementação de medidas preventivas e melhorias contínuas.

Em paralelo com os conceitos que caracterizam esse tipo de pesquisa e alinhado com os princípios do WCM (World Class Manufacturing), especificamente o pilar WO (Workplace Organization), que trata da busca por um posto de trabalho eficiente em termos de organização dos processos, o desenvolvimento deste trabalho consiste na execução dos passos 00, 01 e 02 do pilar de organização do posto de trabalho na empresa objeto deste estudo.

3.1 PERCURSO METODOLÓGICO

As ações necessárias para promover as melhorias desejadas foram segmentadas conforme o fluxograma abaixo.

FLUXOGRAMA 1: METODOLOGIA A SER SEGUIDA.



Fonte: Autor (2024).

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

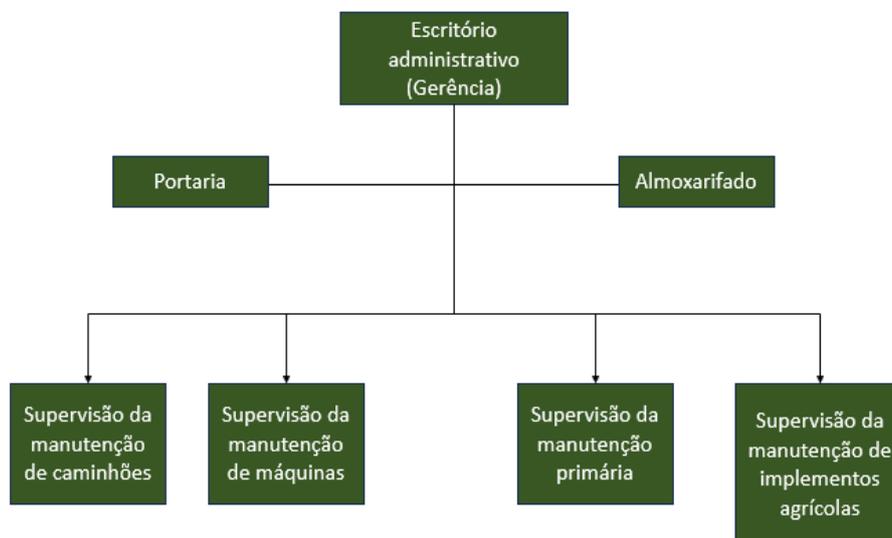
Este trabalho tem como foco de estudo o setor da manutenção primária, parte integrante da estrutura da oficina automotiva de uma Agroindustrial, situada na cidade de Igarassu, PE, sendo uma das principais produtoras de açúcar do estado.

Na oficina automotiva são planejadas e executadas as programações de manutenção preventiva e corretiva das diferentes frotas de equipamentos motorizados, que engloba as classes de caminhões, tratores, máquinas carregadeiras de canas, veículos leves, motocicletas e máquinas de linha amarela (motoniveladoras, retroescavadeiras e Pás carregadeiras).

A organização da oficina é estruturada em vários setores desde escritório administrativo, almoxarifado, setores de manutenção da frota de caminhões,

máquinas, implementos agrícolas e da manutenção primária, este último, sendo também, chamado de “revisão e lubrificação”, além de um laboratório de análise dos óleos, conforme mostrado no fluxograma abaixo.

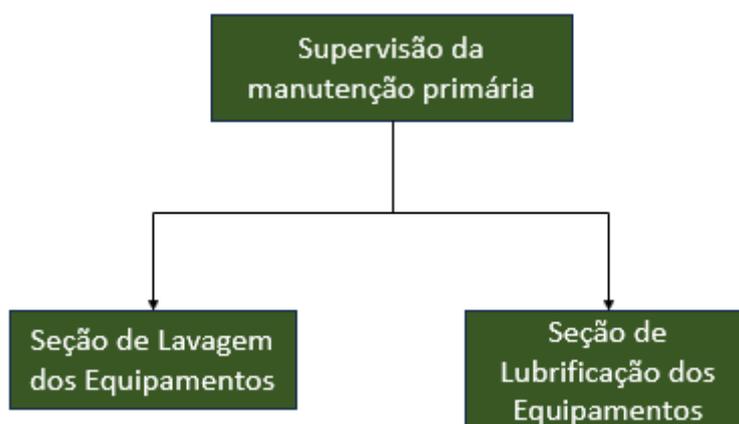
FLUXOGRAMA 2: LAYOUT DA OFICINA.



Fonte: Autor (2024).

A unidade de estudo é composta por duas seções distintas (fluxograma 3): uma destinada para a lavagem dos equipamentos e outra onde são executadas as trocas de filtros e óleos lubrificantes dos sistemas dos equipamentos conforme a programação de serviços descritas nas ordens de serviços.

FLUXOGRAMA 3: DIVISÃO DO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA

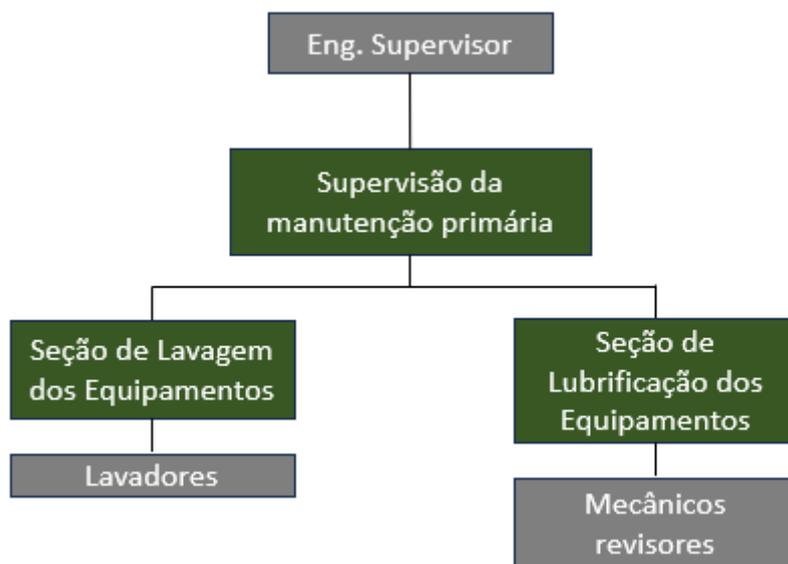


Fonte: Autor (2024).

3.2.1 Estrutura Organizacional do Setor da Manutenção Primária

A divisão de responsabilidades no setor da manutenção primária envolve o líder da área, responsável pela supervisão direta das atividades, os mecânicos revisores, grupo de quatro funcionários encarregados das trocas de óleo e filtros, e os lavadores, quatro empregados, cuja responsabilidade é a lavagem dos equipamentos.

FLUXOGRAMA 4: DIVISÃO POR FUNÇÕES NO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA

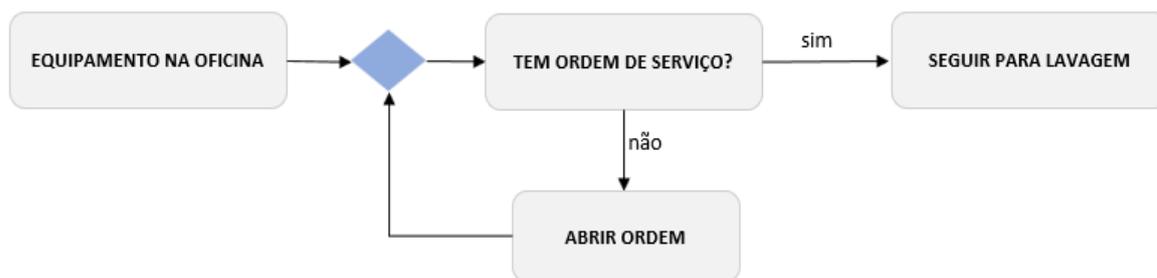


Fonte: Autor (2024).

3.2.2 Circulação de Equipamentos na Oficina

A movimentação dos equipamentos na oficina se inicia a partir de duas condições que justificam sua parada para a realização de alguma intervenção mecânica: parada não programada para uma ação corretiva ou parada planejada para a execução da revisão preventiva. Em ambos os casos, o equipamento segue o fluxo descrito no fluxograma 5 abaixo. Vale ressaltar que a liberação e autorização para acesso à oficina se dá com uma comunicação prévia na portaria que abre a ordem de serviço especificando a causa da entrada.

A compreensão dessa movimentação inicial é fundamental para entender a dinâmica operacional na manutenção primária, visto que o primeiro contato com o equipamento ocorre neste setor.

FLUXOGRAMA 5: FLUXO DE MOVIMENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NA OFICINA.

Fonte: Autor (2024).

3.2 AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES PARA IDENTIFICAR CORRELAÇÃO COM A CONTAMINAÇÃO NOS LUBRIFICANTES

Inicialmente, buscou-se entender, através do acompanhamento da rotina das equipes, a realização das atividades nos equipamentos quando estes se encontravam no respectivo setor, considerando as ações específicas executadas em cada seção.

Na seção de lavagem dos equipamentos, observou-se a maneira como os equipamentos eram expostos aos jatos de água de alta pressão e como isso poderia comprometer os componentes sensíveis ao contato com água, visto que o mau funcionamento desses componentes poderia resultar em falhas ou quebras dos equipamentos por diversos fatores.

Na seção de lubrificação dos equipamentos, o foco foi direcionado para as ações que envolviam o armazenamento, transporte e manuseio dos lubrificantes, tanto os que estavam sob controle do estoque gerido pelo almoxarifado quanto os que já estavam em uso na seção.

Em conformidade com o passo 01 do pilar de organização do posto de trabalho, que se refere à limpeza e inspeção do local selecionado, as ações realizadas foram:

- **Lista de anomalias e contaminação**

Utilizando o Excel, foi elaborada uma planilha na qual foram registradas condições que pudessem favorecer a contaminação nos processos acompanhados nas duas áreas, desde os recursos disponíveis até a forma de conduzir a execução das tarefas.

- **Conscientização para prática do 5S**

Nessa abordagem, a finalidade foi esclarecer à equipe a importância da implementação do 5S e seu impacto na produtividade das atividades. O foco principal consistiu em realizar uma varredura no local, identificando materiais e práticas consideradas improdutivas ou inapropriadas, que poderiam comprometer a qualidade das entregas.

3.3 DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Com a compreensão de como as demandas são realizadas, conforme observado anteriormente, a medida seguinte consistiu em estabelecer uma padronização para os casos avaliados. Ou seja, no contexto da lavagem, definir como realizá-la de forma eficiente e segura. Na lubrificação, como estabelecer um sistema de armazenamento, transporte e manuseio ideal que garanta que os níveis de limpeza dos lubrificantes sejam controlados.

Em conformidade com o passo 02 do pilar de organização do posto de trabalho, que se refere à reorganização e padronização dos processos, as ações realizadas foram:

- **Análise e eliminação de atividades irregulares (MURA)**

Para alcançar o que foi proposto para a área de revisão, buscou-se criar um fluxograma do “percurso do lubrificante”, destacando as etapas de tratamento dos óleos, desde sua saída do estoque do almoxarifado até sua disponibilidade na seção e uso nos equipamentos.

No posto de lavagem, contou-se com o engajamento da própria equipe para elaborar uma forma padrão de realizar uma lavagem confiável, levando em conta os pontos de intervenção registrados na lista de anomalias.

- **Análise de atividades que não agregam valor (MUDA)**

Neste contexto, o foco foi contabilizar o tempo médio necessário para a realização da lubrificação na seção de revisão. Quanto mais ágeis forem as entregas, menor será o tempo de equipamento parado, o que compromete sua disponibilidade operacional.

A partir disso, foi computado o tempo gasto para a troca dos óleos utilizando as ferramentas disponíveis, ou seja, considerando o processo sem as adequações previstas.

Considerando que a capacidade volumétrica varia de acordo com as classes dos equipamentos, para a cronometragem foi considerado os compartimentos de maior capacidade volumétrica, onde o tempo de conclusão teria um efeito mais significativo.

A realização dessa análise teve por finalidade observar os efeitos após a implementação das adequações propostas e como elas influenciariam na produtividade.

3.4 SELEÇÃO DE FERRAMENTAS PARA CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO

Com a clareza dos procedimentos estabelecidos, para a área da revisão, especificamente na sala de filtragem, seu pleno funcionamento requer uma adequação em termos de disponibilidade de recursos para garantir a entrega de serviços com excelência.

Para alinhar os procedimentos à sala conforme o passo 02 do pilar de organização do posto de trabalho, com foco na padronização, foi realizada uma análise de mercado. Esta análise teve como objetivo identificar fornecedores especializados em soluções para sistemas de filtragem, armazenamento e transporte de óleos.

3.5 ESTRUTURAÇÃO DA SALA DE FILTRAGEM

Nesta etapa, o foco consistiu na ampliação da área de revisão com a construção de uma sala de filtragem.

Com os sistemas de filtragem e armazenamento escolhidos, os lubrificantes liberados do estoque do almoxarifado passarão pelo processo de tratamento até atingirem os níveis recomendados de uso, sendo então, disponibilizados para aplicação nos equipamentos. Para isso, foi dimensionada uma área de 14x22 m² que estará interligada com o estoque do almoxarifado, facilitando a movimentação dos tambores.

Com a área definida, pôde-se dimensionar o modelo dos reservatórios e quantificá-los de acordo com os tipos de lubrificantes usados.

Ao estabelecer o posto de manutenção primária como a área focal para as melhorias planejadas, o passo 00 do pilar de organização do posto de trabalho, que aborda a definição da área modelo e a implementação eficiente da organização do posto, ficou claramente definido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO

A partir da análise das atividades realizadas por seção, foi possível identificar diversas condições passíveis de melhorias.

Na seção de lavagem, conforme ilustrado no quadro 1, foram destacados itens, dos equipamentos, classificados como sensíveis ao contato com água. Esses pontos, estando vulneráveis ao contato com água, tornam-se potenciais desencadeadores de falhas nas máquinas podendo ter origem no processo de lavagem.

QUADRO 1: LEVANTAMENTO DE RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DURANTE A LAVAGEM.

ATIVIDADE	CAMINHÕES	TRATORES	CARREGADEIRAS/BELL	CONDIÇÃO	EFEITOS
	COMPONENTES	COMPONENTES	COMPONENTES		
	Vareta de nível do óleo (motor)	Vareta de nível do óleo (motor)	Vareta de nível do óleo (motor)	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	Mistura de água e óleo corrosão interna do motor falhas do motor formação de resíduos sólidos
	sistema de admissão	sistema de admissão	sistema de admissão	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	Quebras de componentes do motor danifica os filtros de ar falhas no sistema de ignição mal funcionamento do motor
	Tampa do reservatório de combustível	Tampa do reservatório de combustível	Tampa do reservatório de combustível	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	mistura de água e combustível
LAVAGEM REALIZADA COM JATOS DE ÁGUA DE ALTA PRESSÃO	tampa do sistema de arrefecimento	tampa do sistema de arrefecimento	tampa do sistema de arrefecimento	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	danos a bomba d'água sobreaquecimento corrosão e ferrugem bloqueio e obstruções
	xx	xx	Filtro de suspiro - sistema hidráulico	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	contaminação do óleo hidráulico Oxidação do reservatório falha no sistema hidráulico
	xx	válvulas do sistema hidráulico	válvulas do sistema hidráulico	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	contaminação do óleo hidráulico Oxidação falha no sistema hidráulico
	xx	bateria	bateria	Exposição à água, sem nenhuma medida de proteção	corrosão descargas curto circuito falhas elétricas

Fonte: Autor (2024).

Na seção de lubrificação, as condições propensas à propagação da contaminação estão diretamente relacionadas às condições das ferramentas disponíveis para a execução dos serviços e à carência de recursos voltados para melhorar a produtividade.

O quadro 2 abaixo destaca o levantamento das ferramentas disponíveis no processo de lubrificação.

QUADRO 2: FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE LUBRIFICAÇÃO.

FERRAMENTAS	MATERIAL	QUANTIDADE	APLICAÇÃO
Propulsoras de óleo	metálico	16	bombeamento do óleo dos tambores para os equipamentos.
Recipientes	metálico	10	armazenamento e transporte do óleo.
Recipientes	plástico	10	armazenamento e transporte do óleo.
medidor digital óleo	metálico	6	abastecimento dos reservatórios dos equipamentos

Fonte: Autor (2024).

As vulnerabilidades identificadas, quadro 3, revelam oportunidades para a implementação de melhorias nos contextos de armazenamento, manuseio e transporte dos óleos.

QUADRO 3: OPORTUNIDADES DE MELHORIAS OBSERVADAS.

REFERENTE	SITUAÇÕES OBSERVADAS
À ARMAZENAGEM, AO MANUSEIO E AO TRANSPORTE	ausência de um sistema de identificação de lubrificantes.
	ausência de sistemas de blindagem nos tambores de armazenamento temporário de lubrificantes.
	recipientes em péssimo estado de conservação, sem identificação, possibilitando contaminação.
	Existe um senso comum de reconhecer o óleo pelo cheiro ou cor.
	Não existe nenhuma garantia ou controle que os equipamentos recebem óleo limpo e seco.

Fonte: Autor (2024).

4.1.1 Aplicação dos Princípios do 5S

Nesta etapa, o foco foi desenvolver a prática do 5S como ferramenta base de gestão e otimização do local de trabalho.

A partir da compreensão adquirida sobre as mudanças necessárias a serem priorizadas no setor, com o engajamento da equipe, foram realizadas as seguintes ações baseadas nos conceitos dos sentidos que caracterizam o 5S:

- **Senso de Utilização:** Ação central direcionada para a identificação e remoção de acessórios que não agregam valor às entregas no local de trabalho.

Foi realizada a coleta e separação dos materiais, conforme mostrado nas imagens abaixo.

FIGURA 17: RECIPIENTES DESCARTADOS DO PROCESSO DE ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DOS LUBRIFICANTES.



Fonte: Autor (2024).

FIGURA 18: FILTROS DIVERSOS E PROPULSORAS DE ÓLEO OBSOLETOS E DANIFICADOS, SEM UTILIZAÇÃO.



Fonte: Autor (2024).

- **Senso de ordenação:** Ações direcionadas para a organização dos itens necessários de maneira eficiente.

No contexto do transporte e manuseio dos lubrificantes os materiais utilizados descritos acima além do alto potencial de contaminação apresentam outras condições consideradas improdutivas. Das quais vale enfatizar:

- ergonomicamente inviável;
- compromete a agilidade nas entregas;
- menor capacidade de armazenamento;
- material frágil;

FIGURA 19: TIPOS DE RECIPIENTES PARA DESCARTE.



Fonte: Autor (2024).

Todas essas condições observadas afetam a produtividade da equipe, revelando a necessidade de adotar mecanismos de transporte mais robustos e práticos que satisfaçam o propósito de agilidade previsto para os processos.

Para solucionar esse problema, a medida adotada foi a substituição dos recipientes por estruturas móveis constituídas por cilindros metálicos pressurizados com capacidade volumétrica de armazenamento de 150 litros, equipados com mangueiras e medidores de óleo para abastecimento.

O novo modelo proporciona um manuseio dos lubrificantes de forma segura, pois, sua estrutura restringe completamente a exposição do produto ao meio externo e ao contato humano. Além disso, oferece melhor mobilidade,

permitindo atender equipamentos que se encontram em outros setores e que, por vezes estando desmontados, ficam impossibilitados de se deslocarem para o posto de revisão. As imagens abaixo destacam o reservatório adotado.

FIGURA 20: SISTEMA DE TRANSPORTE E ABASTECIMENTO IMPLEMENTADO.



Fonte: Autor (2024).

4.2 PADRONIZAÇÃO OPERACIONAL

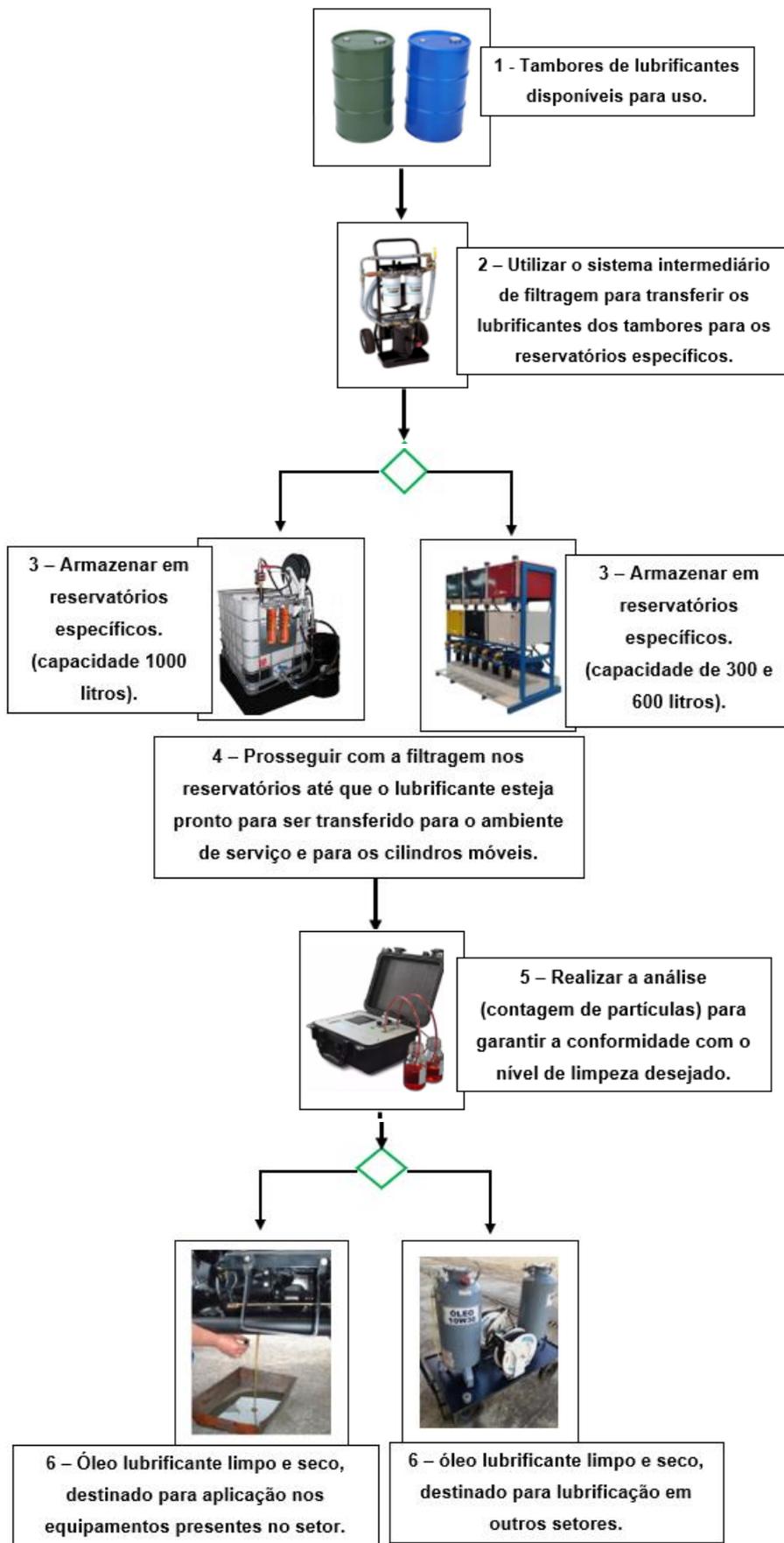
Para tornar a execução das ordens de serviço mais objetiva, minimizar a abertura para erros operacionais e garantir a qualidade nas entregas, foi definida uma sequência de etapas a serem seguidas para atender às demandas.

Concentrando-se inicialmente na seção de revisão, a dinâmica do fluxo operacional foi desenvolvida para funcionar plenamente com a sala de filtragem.

A disponibilidade de lubrificante para aplicação ocorre somente após o óleo atingir as especificações de limpeza ideais, conforme o tratamento realizado na sala de filtragem. Somente então o óleo estará apto para uso.

Conforme demonstrado abaixo, tem-se a sequência de ações necessárias para qualificar os lubrificantes.

FLUXOGRAMA 6: PROCEDIMENTO OPERACIONAL PARA LUBRIFICAÇÃO.



Fonte: Autor (2024).

Ao cumprir cada etapa do fluxo descrito, alcança-se o objetivo de controle e intervenção no armazenamento dos lubrificantes, que, quando expostos ao ar livre, ficam suscetíveis às diversas formas de contaminação, conforme evidenciado nas imagens abaixo.

FIGURA 21: TAMBORES DE LUBRIFICANTES EM USO EXPOSTOS AO AMBIENTE SEM NENHUMA MEDIDA DE PROTEÇÃO.



Fonte: Autor (2024).

FIGURA 22: VULNERABILIDADE DOS TAMBORES SUSCETÍVEIS A PERDA DA CARGA POR CONTAMINAÇÃO



Fonte: Autor (2024).

Em relação ao manuseio, a execução do procedimento elaborado, resulta em um ambiente organizado e otimizado, com processos enxutos. Isso permite a eliminação de tambores de óleo amontoados sem demarcação específica no espaço de trabalho (Figura 21), reduzindo os riscos de acidentes causados por

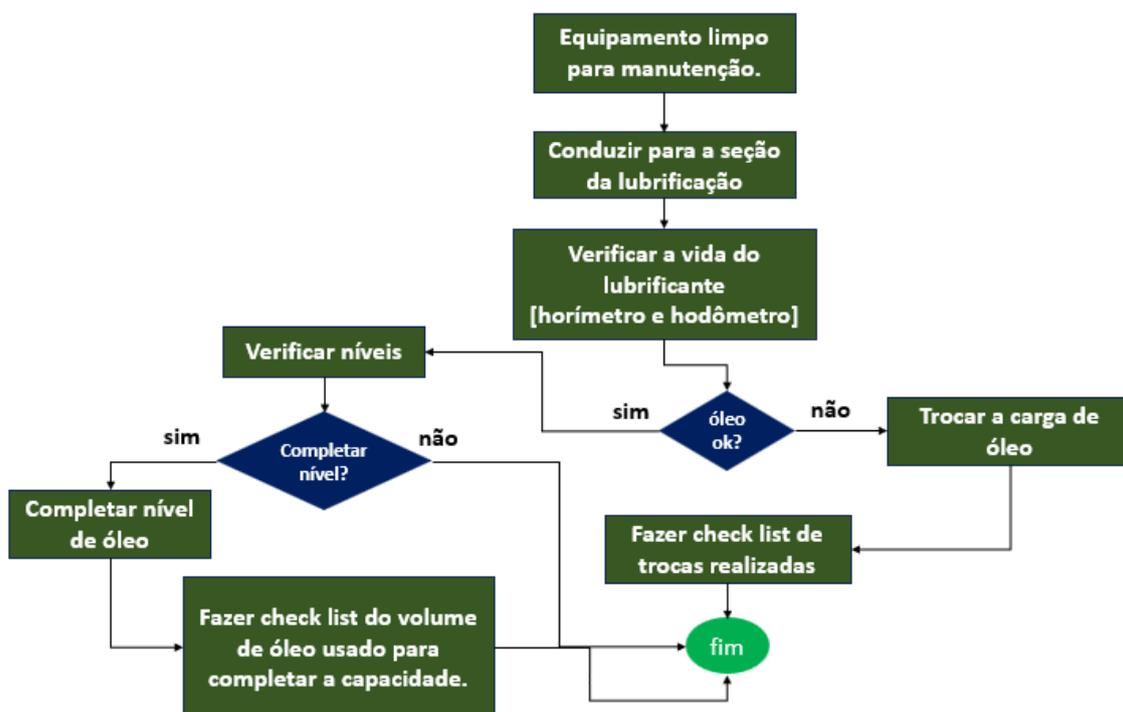
vazamentos na área de circulação da equipe. Além disso, reduz o tempo gasto para substituir e movimentar os tambores, evitando movimentações desnecessárias entre os revisores e, com isto, melhorando a agilidade das entregas.

A estruturação da sala de filtragem assegura que todo o processo de tratamento e proteção mantenha a qualidade dos lubrificantes, impactando de forma eficiente a execução dos processos.

É importante ressaltar que a definição deste procedimento especifica de forma clara como a lubrificação deve ser realizada. A avaliação da execução das atividades revelou a ausência de ações direcionadas para garantir a qualidade dos lubrificantes que serão aplicados aos equipamentos.

Para facilitar a compreensão, o fluxograma abaixo ilustra o processo de condução da lubrificação.

FLUXOGRAMA 7: CONDUÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO SEM PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO DOS LUBRIFICANTES.

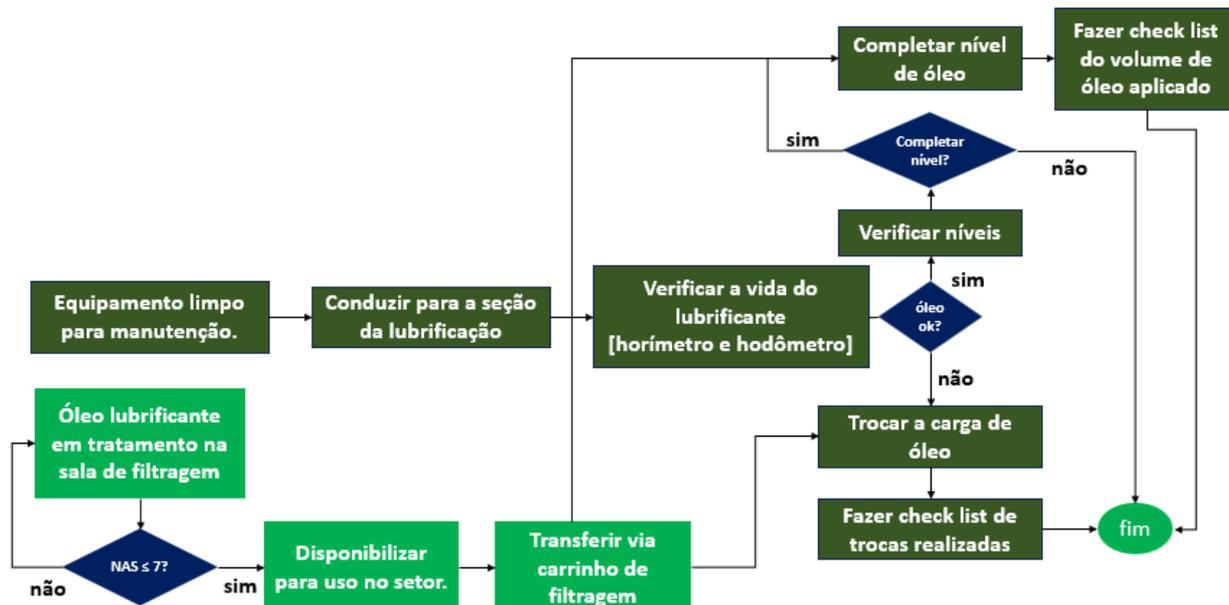


Fonte: Autor (2024).

A introdução do novo procedimento de tratamento dos lubrificantes permite assegurar a qualidade dos mesmos, garantindo que seu nível de limpeza esteja em conformidade com os padrões recomendados.

O fluxo operacional para a lubrificação a ser adotado é detalhado conforme ilustrado abaixo

FLUXOGRAMA 8: CONDUÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO CONSIDERANDO O PROCEDIMENTO DE TRATAMENTO DOS LUBRIFICANTES.



Fonte: Autor (2024).

Para a seção de lavagem, o procedimento estabelecido no formato de checklist assume um papel crucial na atenção e cuidado necessários para conduzir a lavagem de modo a reduzir a margem de contaminação dos óleos por componentes que possam ser canais de contato entre a água e os óleos.

A medida de controle a ser realizada consiste no isolamento dos componentes observados, conforme destacado no quadro 1.

A prática a ser adotada também proporciona uma inspeção prévia que permite identificar o estado de conservação, possíveis irregularidades, quebras e até mesmo a ausência de itens, possibilitando o diagnóstico de partes pontuais.

Havendo necessidade de intervenção, as objeções são repassadas antecipadamente ao setor de interesse para correção, eliminando a possibilidade de que o problema se agrave ou passe despercebido.

Além da restrição dos itens, foi enfatizado aos lavadores, como medida de conscientização, os riscos associados ao não cumprimento da iniciativa preventiva e como isto impacta negativamente os equipamentos, ao enfatizar a descrição dos principais problemas que podem ser gerados.

O modelo visual, ao ser fixado na seção, facilita a visualização contínua, reforçando a importância de seguir as práticas estabelecidas.

Como mostram as imagens abaixo, o checklist de isolamento de componentes destaca as principais partes de cada equipamento que devem ser isoladas antes de iniciar a lavagem.

FIGURA 23: CHECKLIST DE COMPONENTES PARA ISOLAMENTO ANTES DE INICIAR A LAVAGEM DOS EQUIPAMENTOS.

COMPONENTES SENSÍVEIS PARA ISOLAMENTO ANTES DA LAVAGEM





Trator

Componente em contato com água pode sofrer:

- Corrosão
- Diluição do lubrificante
- Falha de ignição
- Oxidação
- Formação de vapor
- Contaminação de sensores

Componente em contato com água pode sofrer:

- Perda da eficiência do sistema
- Diluição do lubrificante
- corrosão
- Oxidação
- Problemas de filtragem

Componente em contato com água pode sofrer:

- Perda da capacidade de refrigeração
- corrosão
- emulsão
- Perda de aditivo do óleo



Vareta de nível de óleo do motor



Sistema de admissão de ar



Tampas dos comandos hidráulicos

COMPONENTES SENSÍVEIS PARA ISOLAMENTO ANTES DA LAVAGEM





Caminhão canavieiro

Componente em contato com água pode sofrer:

- Corrosão
- Diluição do lubrificante
- Falha de ignição
- Oxidação e degradação
- Formação de vapor
- Contaminação de sensores

Componente em contato com água pode sofrer:

- Corrosão
- Problema de combustão
- Contaminação do óleo lubrificante
- Problemas de ignição

Componente em contato com água pode sofrer:

- Perda da capacidade de refrigeração
- corrosão
- emulsão
- Perda de aditivo do óleo
- Oxidação e degradação



Vareta de nível de óleo do motor



Sistema de admissão de ar



Tampa de combustível



Fonte: Autor (2024).

Levando em conta a importância de manter os equipamentos disponíveis para serviço por períodos de tempo mais prolongados, a manutenção preventiva desempenha um papel fundamental na efetivação desse objetivo.

Para contribuir positivamente com essa meta, o foco do setor foi reduzir o tempo de lubrificação enquanto a máquina está no posto de manutenção primária.

A partir das medições realizadas em máquinas que apresentam um maior impacto quando estão paradas, e considerando a capacidade volumétrica de cada sistema, tabela 6, foram obtidos os tempos médios para a finalização das trocas de lubrificantes por compartimento, conforme mostrado na tabela 7.

TABELA 6: CAPACIDADE DOS COMPARTIMENTOS POR EQUIPAMENTO.

EQUIPAMENTO	SIST. HIDRÁULICO	MOTOR	CAIXA DE MARCHA	DIFERENCIAIS (ESQ./DIR.)	CUBOS (DIR./ESQ.)
CAMINHÃO	XX	40 litros	16 litros	30 litros	20 litros
TRATOR VALTRA BH 194	160 litros	22 litros	60 litros	18 litros	12 litros
TRATOR JHON DEERE 6100J	90 litros	17 litros	56 litros	20 litros	12 litros
CARREG BEEL 1	240 litros	10 litros	xx	xx	10 litros
CARREG BEEL 2	240 litros	10 litros	xx	xx	10 litros
CARREG. CONVENCIONAL VALTRA	270 litros	12 litros	48 litros	14 litros	8 litros

Fonte: Autor (2024).

TABELA 7: TEMPO MÉDIO DE LUBRIFICAÇÃO POR EQUIPAMENTO

DATA	MÊS	EQUIPAMENTO	TEMPO SIST. HIDRÁULICO	TEMPO (MOTOR)	TEMPO (CAIXA DE MARCHA)	TEMPO (DIFERENCIAIS)	TEMPO (CUBOS)	TEMPO TOTAL [minutos]
04/11/2023	NOVEMBRO	CAMINHÃO	0	54	34	48	38	174
04/11/2023	NOVEMBRO	TRATOR VALTRA BH 194	80	27	55	40	27	229
12/11/2023	NOVEMBRO	TRATOR JHON DEERE 6100J	45	20	50	40	25	180
15/11/2023	NOVEMBRO	CARREG BEEL 1	96	17	0	0	16	129
20/11/2023	NOVEMBRO	CARREG BEEL 2	100	14	0	0	17	131
27/11/2023	NOVEMBRO	CARREG. CONVENCIONAL VALTRA	120	20	50	25	18	233
01/12/2023	DEZEMBRO	TRATOR VALTRA BH 194	89	28	30	49	34	230
04/12/2023	DEZEMBRO	CAMINHÃO	0	48	36	50	44	178
11/12/2023	DEZEMBRO	TRATOR JHON DEERE 6100J	39	17	55	49	45	205
02/12/2023	DEZEMBRO	CARREG BEEL 1	100	14	0	0	12	126
14/12/2023	DEZEMBRO	CARREG BEEL 2	100	18	0	0	19	137
20/12/2023	DEZEMBRO	CARREG. CONVENCIONAL VALTRA	115	23	43	22	18	221
03/01/2024	JANEIRO	CAMINHÃO	0	50	38	47	39	174
23/01/2024	JANEIRO	TRATOR VALTRA BH 194	63	26	45	46	33	213
02/01/2024	JANEIRO	TRATOR JHON DEERE 6100J	31	19	50	46	27	173
04/01/2024	JANEIRO	CARREG BEEL 1	64	16	0	0	15	95
06/01/2024	JANEIRO	CARREG BEEL 2	65	14	0	0	16	95
12/01/2024	JANEIRO	CARREG. CONVENCIONAL VALTRA	68	22	47	26	19	182

Fonte: Autor (2024).

Conforme verificado durante a implementação do 5S, as propulsoras de óleo são as ferramentas principais para o bombeamento do óleo contido nos tambores para os compartimentos dos equipamentos. O alto índice de quebras e a baixa capacidade de bombear com alta pressão afetam diretamente o tempo de conclusão das trocas. Além do desgaste, devido ao fato de as propulsoras funcionarem com ar comprimido e o mesmo não chegar totalmente seco às suas partes, a água condensada gerada fica acumulada sobre as ferramentas. Dessa forma, aumentando as chances de contaminação dos óleos

FIGURA 24: PROPULSORA DE ÓLEO COM MAL FUNCIONAMENTO APRESENTANDO VAZAMENTO DE ÁGUA.



Fonte: Autor (2024).

Como o problema em questão envolve o manuseio dos lubrificantes, uma adequação ideal consiste na substituição das ferramentas propulsoras por um sistema móvel que realize a filtragem enquanto transfere o óleo de um local para outro, exercendo a mesma função do acessório destacado no item dois do fluxograma.

4.3 FERRAMENTAS DE MELHORIAS PARA O PROCESSO DE LUBRIFICAÇÃO

O acompanhamento das atividades revelou precariedades que se relacionam diretamente com a propagação da contaminação nos lubrificantes e a baixa produtividade causada pela ausência de processos claros e enxutos.

Isso, por sua vez, afeta a disponibilidade operacional dos equipamentos.

Com a inserção dos novos procedimentos, é possível alcançar um patamar otimizado de execução das atividades, proporcionando uma dinâmica operacional precisa. No entanto, para assegurar essa qualidade operacional, é essencial dispor de ferramentas adequadas para alcançar sucesso nos resultados.

As adequações foram baseadas no novo contexto funcional do setor, integrando ferramentas que melhor contribuem para o funcionamento do fluxo definido.

Inicialmente, a definição do mecanismo de limpeza dos óleos a ser adotado para a filtragem exige que o sistema de filtros hidráulicos tenha a capacidade de retenção de partículas de, no mínimo, 4 micras para sólidos e 20 micras para água. Alinhado com a gerência, essa recomendação é suficiente para alcançar o nível de limpeza estabelecido como meta, que corresponde ao nível NAS 7. Este nível é considerado ideal para garantir a funcionalidade adequada dos equipamentos em termos de lubrificação.

Sendo assim, em conformidade com os parâmetros estabelecidos, o conjunto de filtros que atende aos requisitos está representado pelas figuras abaixo.

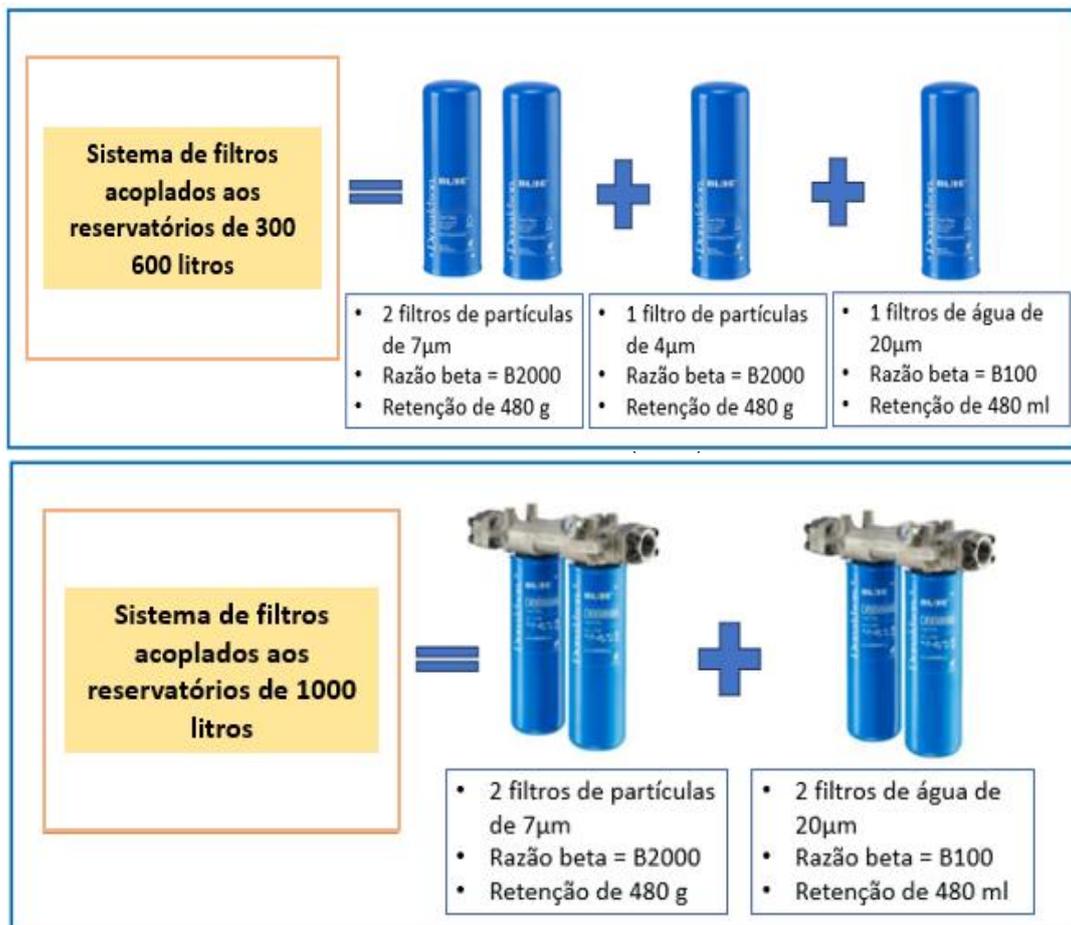
A figura 25 destaca o conjunto a ser adotado para satisfazer o item dois do fluxograma, atuando na transferência dos lubrificantes e realizando uma filtragem inicial. Enquanto que, na figura 26, o sistema atende à proposta de filtragem que ocorrerá no interior da sala, especificamente integrado ao item três do fluxo.

FIGURA 25: SISTEMA DE FILTROS SELECIONADOS PARA ESTRUTURAR O CARRINHO DE FILTRAGEM.



Fonte: Autor (2024).

FIGURA 26: SISTEMA DE FILTROS SELECIONADOS PARA ESTRUTURAR OS RESERVATÓRIOS DA SALA DE FILTRAGEM.



Fonte: Autor (2024).

Os filtros selecionados seguem os parâmetros técnicos especificados no catálogo do fabricante Donaldson Filtration Solutions, de onde obteve-se as informações destacadas na tabela abaixo.

TABELA 8: PARÂMETROS DE ESCOLHA DOS FILTROS.

Número da Peça	Tipo de Fluido	Parâmetro de Fluxo Máx.	Valores ISO de Limpeza	Eficiência do Filtro
P568664	Óleo de Motor e Óleo Engrenagens	65 gpm/246 lpm	18/16/13	25 micron @ Beta 2000
P568665	Óleo de Transmissão e Hidráulico	65 gpm/246 lpm	16/14/11	7 micron @ Beta 2000
P568666	Todos os Combustíveis	65 gpm/246 lpm	14/13/11	4 micron @ Beta 2000
P570248	Absorção de Água Para Fluidos Sem Ethanol*	65 gpm/246 lpm	18/16/13	20 micron @ Beta 2000

Fonte: Donaldson/Síl. (2018).

Após a finalização da filtragem, a etapa de verificação para garantir a confiabilidade é realizada utilizando o equipamento contador de partículas da série FCU 1000 da Hydac.

Após a verificação e validação da conformidade, o fluido é liberado para aplicação nos equipamentos. Para cumprir essa etapa, o contador selecionado para essa aplicação tem seus dados técnicos apresentados na imagem abaixo.

FIGURA 27: FERRAMENTA CONTAGEM DE PARTÍCULAS PARA ANÁLISE DOS FLUIDOS.



Tensão	9-36 VDC
Alimentação	Bateria Interna Recarregável
Range de Pressão	2 - 400 bar (29 - 5802 PSI)
Range de Viscosidade	até 400 cSt
Peso	6 kg (13.2 lb)
Temperatura do Fluido	5° C a 80° C (41° F a 176° F)
Temperatura Ambiente	-10° C a 60° C (14° F a 140° F)
Medição de temperatura	± 3° C (± 37.4° F)
Tamanho de Partículas	>4, 6, 14, 21, 25, 38, 50, 70 µm(c) Padrão ISO 4406:2017
Precisão	típico melhor que 3%

Fonte: Hydac (2014).

Referente ao sistema móvel de filtragem, este desempenhará uma função crucial para que as demais etapas funcionem da melhor forma. Os carrinhos de filtragem farão a conexão entre os óleos contidos em estoque, geridos pelo almoxarifado, e a sala de lubrificação.

Com a liberação do óleo para o setor por meio dos carrinhos, os óleos serão transferidos para a sala de filtragem, onde serão tratados conforme os

sistemas de filtragem mencionados. Além dessa aplicação, os carrinhos de filtragem também atuarão no tratamento dos fluidos que já estão em circulação nos equipamentos. Considerando que os filtros são substituídos após alcançar o nível de saturação, isso garante a continuidade do tratamento com qualidade.

O modelo adotado para os carrinhos permite seu uso e mobilidade de modo prático e seguro.

A figura abaixo destaca o modelo, inicialmente, adquirido para o óleo hidráulico ISO 68 > 150 DNI 5124/3 HLVP. No entanto, os óleos de maior relevância terão seus próprios carrinhos para evitar as possibilidades de contaminação devido ao uso do mesmo sistema para óleos distintos.

FIGURA 28: CARRINHO DE FILTRAGEM IMPLEMENTADO NO PROCESSO DA LUBRIFICAÇÃO.



Fonte: Autor (2024).

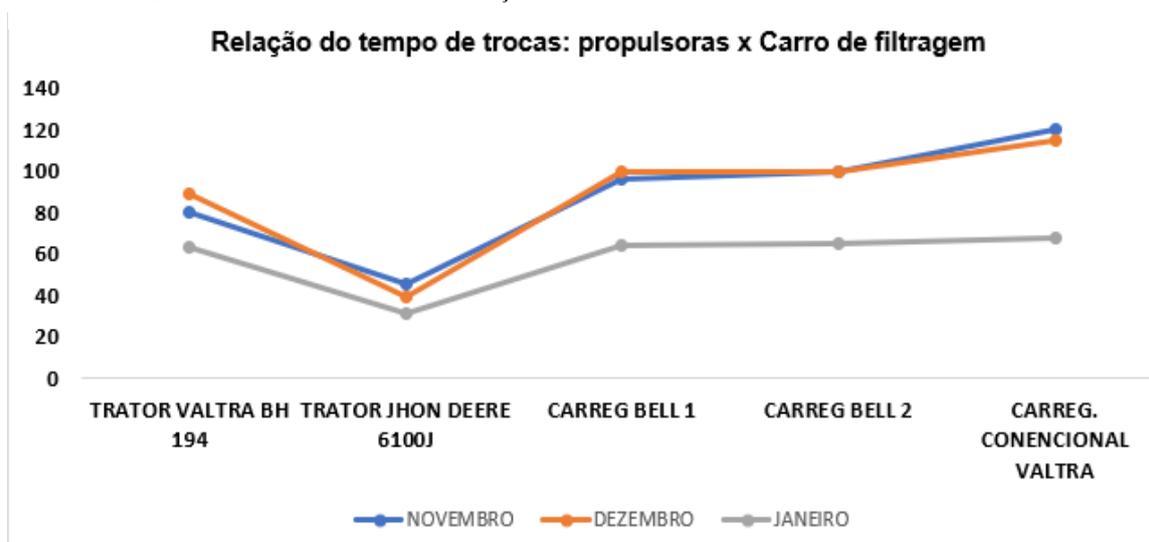
Com o primeiro carrinho em uso, foi possível avaliar o efeito da nova ferramenta em relação ao tempo envolvido na lubrificação dos equipamentos, conforme descrito no tópico 3.3. A figura 29 abaixo ilustra, em um gráfico, a abordagem da análise e os resultados obtidos.

Os meses de novembro e dezembro correspondem ao período anterior à utilização do carrinho de filtragem. Durante esse período, foi computado o tempo médio de troca dos lubrificantes para os equipamentos listados (Tabela

7). Considerando que, em termos de aquisição, havia apenas o carrinho para o óleo hidráulico ISO 68, a avaliação inicial focou exclusivamente neste óleo.

Dessa forma, ao comparar o tempo gasto usando propulsoras com o tempo gasto ao utilizar o novo modelo de transferência, obtive-se os resultados abaixo

FIGURA 29: EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DAS PROPULSORAS PELO CARRO DE FILTRAGEM.



Fonte: Autor (2024).

Conforme esperado, obteve-se uma redução considerável no tempo de conclusão da troca do óleo hidráulico, mostrando que a substituição não apenas influencia diretamente no controle da contaminação, mas também torna o processo mais rápido. Isso contribui para que o equipamento retome sua programação de serviço mais rapidamente.

Vale enfatizar que o tempo pode ser reduzido ainda mais, considerando que ainda falta a aquisição dos outros carrinhos para os demais óleos.

Outro resultado significativo pôde ser verificado após o uso do carrinho de filtragem no processo de filtragem dos fluidos circulantes nos equipamentos, conforme foi proposto realizar.

Inicialmente foram realizadas coletas de amostras do óleo nos reservatórios hidráulicos das carregadeiras Bell, antes e após a aplicação da filtragem. O objetivo era verificar o nível de impureza e comparar a limpeza alcançada, a fim de determinar se a carga de óleo poderia permanecer no equipamento ou se seria necessário a troca.

As informações das coletas estão descritas na tabela 9, onde foi possível notar que os níveis de sujeira no fluido estavam acima do recomendável, comprometendo o funcionamento dos equipamentos.

Sabendo que o valor padrão para qualificar o óleo, o mesmo precisa estar no nível NAS 7 no máximo, conforme estabelecido em concordância com a gerência.

TABELA 9 INFORMAÇÕES DAS PRIMEIRAS MEDIÇÕES ANTES DA FILTRAGEM.

Equipamento (Frota)	Modelo	Compartimento	1ª Medição NAS 1638	1ª Medição ISO 4406	Data
6442	Bell	Sist. Hidráulico	14	25/24/15	07/08/2023
626003	Bell	Sist. Hidráulico	9	19/17/12	01/09/2023
6455	Bell	Sist. Hidráulico	10	22/18/10	05/09/2023
6438	Bell	Sist. Hidráulico	9	21/18/13	22/09/2023
626001	Bell	Sist. Hidráulico	10	20/18/11	03/10/2023
626002	Bell	Sist. Hidráulico	14	25/23/12	09/10/2023

Fonte: Autor (2024).

Após a conclusão das filtrações de todos os equipamentos selecionados, os novos resultados obtidos foram anotados e estão descritos abaixo.

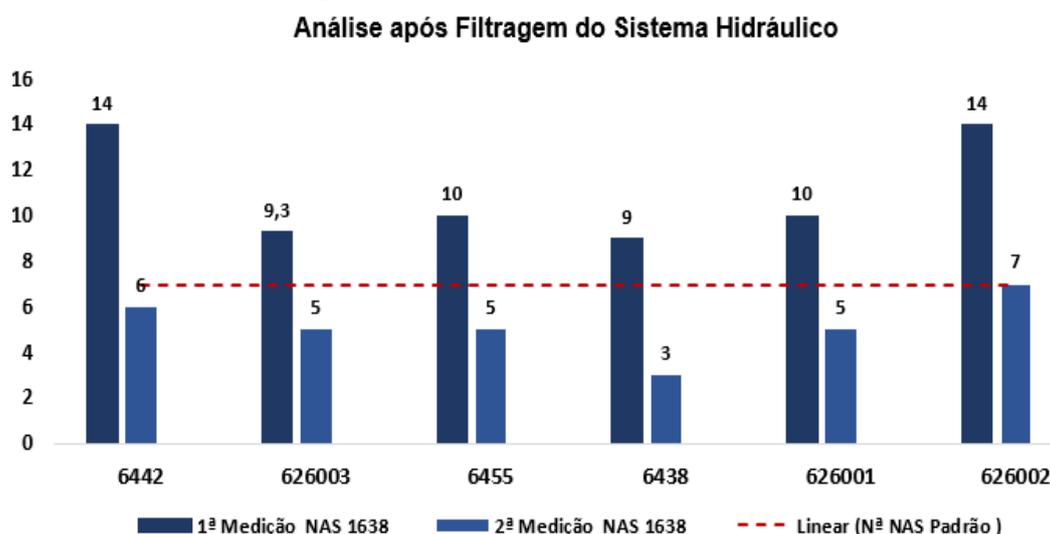
TABELA 10: INFORMAÇÕES APÓS A REALIZAÇÃO DA FILTRAGEM.

Equipamento (Frota)	Modelo	Compartimento	2ª Medição NAS 1638	2ª Medição ISO 4406	Data
6442	Bell	Sist. Hidráulico	6	21/15/10	07/08/2023
626003	Bell	Sist. Hidráulico	5	17/14/9	01/09/2023
6455	Bell	Sist. Hidráulico	5	18/14/7	05/09/2023
6438	Bell	Sist. Hidráulico	3	17/18/7	22/09/2023
626001	Bell	Sist. Hidráulico	5	18/14/7	03/10/2023
626002	Bell	Sist. Hidráulico	7	21/16/7	09/10/2023

Fonte: Autor (2024).

Essa melhoria resulta em um ganho de eficiência operacional e redução de custos, uma vez que diminui o desperdício de lubrificante.

FIGURA 32: REDUÇÃO DE CONTAMINANTES PRESENTES NO FLUIDO APÓS A FILTRAGEM.



Fonte: Autor (2024).

4.3.1 Economia Gerada com a Extensão do óleo Hidráulico

Para estimar os ganhos obtidos com a redução no consumo de óleo hidráulico alcançada pela substituição da propulsora pelo carrinho de transferência e filtragem de óleo hidráulico, considerando estender o período de troca de 1.200 horas para 1.450 horas, um aumento de 250 horas. O retorno pode ser avaliado conforme demonstrado abaixo.

Informações relevantes para a análise:

- ✓ Período de troca do óleo hidráulico: 1200 horas
- ✓ Ganho em extensão do uso do óleo: 250 horas
- ✓ Quantidade de maquinas bell: 30
- ✓ Capacidade do reservatório hidráulico: 270 litros
- Custo do litro de óleo hidráulico: R\$12,00
- ✓ Custo com aquisição do carrinho de óleo hidráulico: R\$20.000
- ✓ Horas de trabalho por máquina: 18h
- ✓ Mês de aquisição: 08/2023

- **Economia por máquina a cada ciclo de troca:**

A economia vem da extensão do intervalo entre as trocas de óleo. Antes, o óleo era trocado a cada 1.200 horas, agora será trocado a cada 1.450 horas. Isso resulta em uma economia de óleo em cada ciclo.

- ✓ **Cálculo do custo envolvido em cada ciclo de troca de óleo por máquina**

$$C_{Troca\ de\ óleo} = Volume(litros) \times valor(reais)$$

$$C_{Troca\ de\ óleo} = 270\ litros \times R\$12,00/ litro = R\$3.240,00\ por\ troca$$

A economia de óleo alcançada ao prolongar o intervalo de troca foi de:

$$Prolongamento\ do\ intervalo = \frac{250\ h}{1200\ h} = 0,2083 = 20,83\%$$

A economia percentual é de aproximadamente 20,83%.

- ✓ **Economia por máquina**

$$Economia\ por\ máquina = C_{Troca\ de\ óleo} \times Prolongamento\ do\ intervalo$$

$$Economia\ por\ máquina = R\$3.240,00\ por\ troca \times 0,2083$$

$$Economia\ por\ máquina = R\$675,00\ por\ máquina.$$

- ✓ **Economia total por 30 máquinas**

$$Economia\ total = Economia\ por\ máquina \times Quant.\ Máquinas$$

$$Economia\ total = R\$675,00 \times 30$$

$$Economia\ total = R\$20.250,00\ por\ ciclo\ de\ troca.$$

- ✓ **Payback (tempo para recuperar o investimento):**

O custo do carrinho de filtragem é R\$ 20.000,00

economia por ciclo de troca (para todas as máquinas) é de R\$ 20.250,00,

$$\textit{Tempo para o payback} = \frac{\textit{Custo}_{\textit{carrinho}}}{\textit{Economia}_{\textit{ciclo}}}$$

$$\textit{Tempo para o payback} = \frac{R\$20.000,00}{R\$20.250,00}$$

Tempo para o payback = aproximadamente 1 ciclo de troca

Ou seja, **o custo do carrinho será recuperado após o primeiro ciclo de troca** com a economia gerada pela extensão do período de troca de óleo.

Cada máquina trabalha em média 18 horas por dia, então, para atingir as 1.450 horas entre trocas, o número de dias necessários é:

$$\textit{Tempo para o payback (em dias)} = \frac{1.450}{18}$$

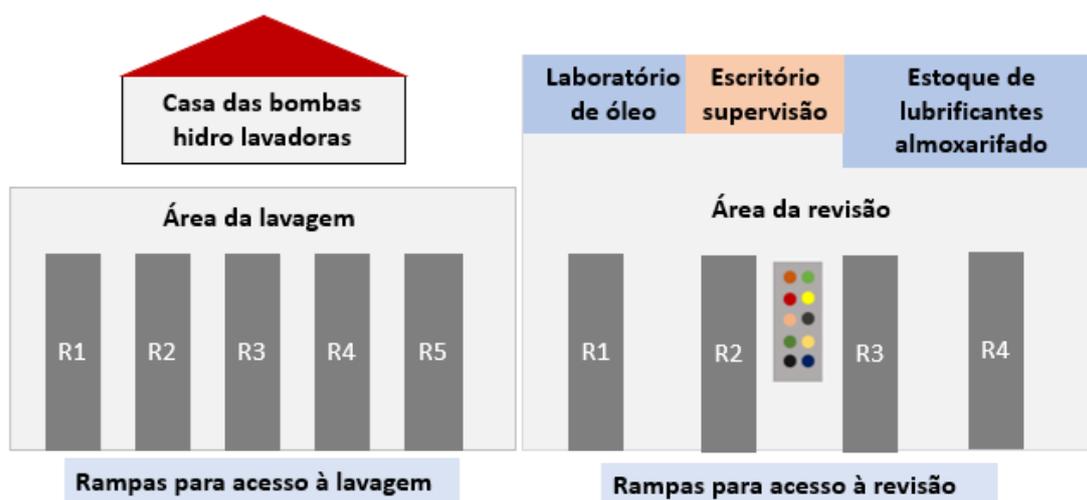
Tempo para o payback (em dias) = aproximadamente 80,56 dias

Portanto, em aproximadamente **80,5 dias** (pouco mais de 2 meses e meio), a economia gerada será suficiente para pagar o custo do carrinho de filtragem.

4.4 AMPLIAÇÃO ESTRUTURAL DO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA COM A SALA DE FILTRAGEM

Para entendimento da configuração do setor, na figura abaixo tem-se uma ilustração de como as partes estão organizadas.

FIGURA 33: ESTRUTURA DO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA.



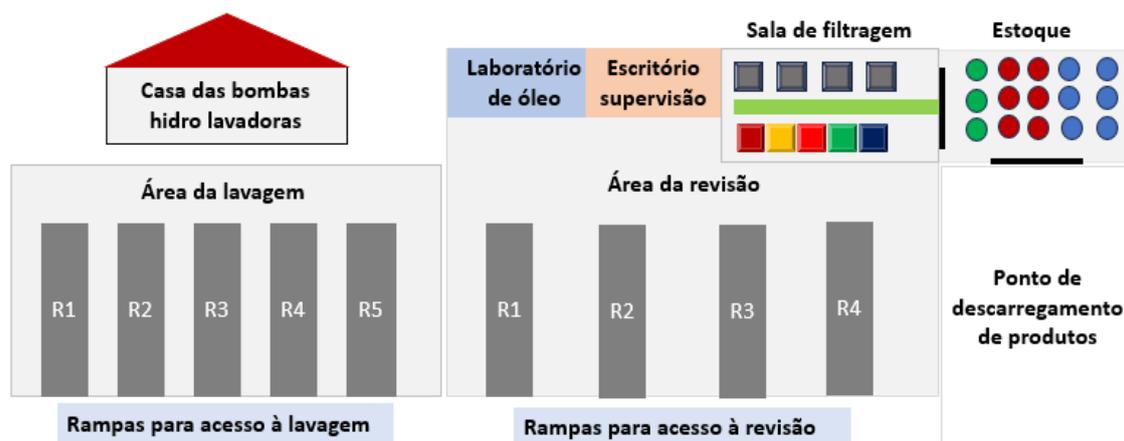
Fonte: Autor (2024).

Conforme levantado e pontuado na lista de oportunidades, tabela 8, a falta de uma sala específica para o tratamento dos lubrificantes contribui significativamente para que todo o ciclo operacional seja suscetível à contaminação dos produtos. Conseqüentemente, com as deficiências existentes descritas em tópicos anteriormente, todo o processo é impactado de forma negativa.

Para acompanhar o cenário de transformação, como parte prioritária, a estruturação da sala de filtragem é considerada a base principal para alcançar uma gestão de lubrificação de referência.

Com a ampliação proposta, a nova configuração se assemelha ao mostrado na figura 34.

FIGURA 34: ESTRUTURA DO SETOR DA MANUTENÇÃO PRIMÁRIA COM AMPLIAÇÃO DA SALA DE FILTRAGEM.



Fonte: Autor (2024).

Atrelado a essa nova configuração, foi necessário organizar os lubrificantes em ordem de consumo para adequá-los, no sentido de armazenamento, com a capacidade volumétrica necessária para atender às necessidades diárias dos serviços (quadro 4).

Com essa verificação, os lubrificantes mais consumidos serão dispostos em reservatórios de 1000 litros, enquanto que, para os demais, de consumo moderado, serão utilizados recipientes de 600 e 300 litros.

Uma vez definida a capacidade volumétrica, o passo seguinte consistiu em avaliar as possibilidades de modelos de recipientes para aplicação. Para isso, foi realizada uma análise de mercado buscando opções em soluções de lubrificação.

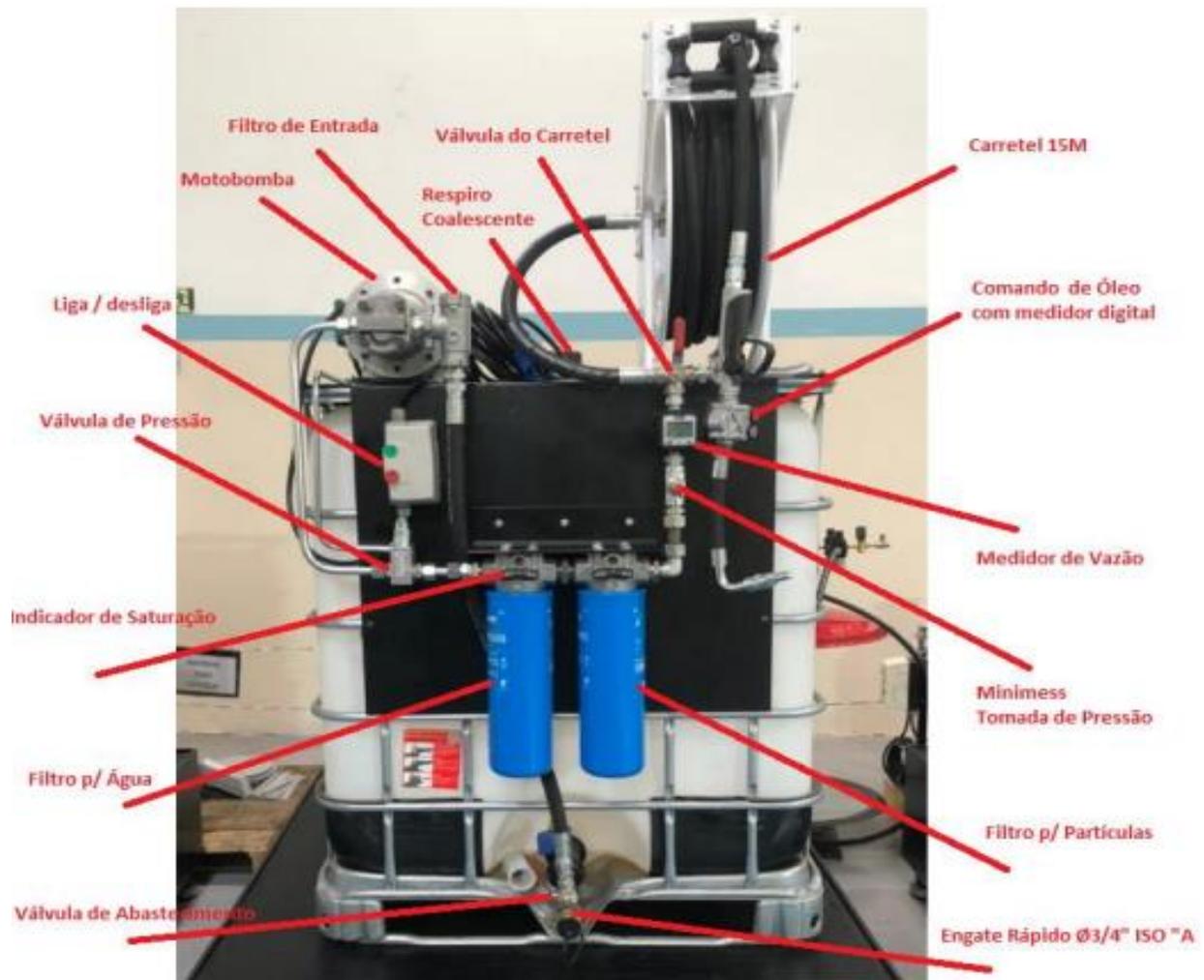
Os modelos a serem adotados estão representados nas figuras 35 e 36.

QUADRO 4: RELAÇÃO DOS LUBRIFICANTES CONSIDERANDO O TIPO DE RESERVATÓRIO.

1	DESC	TIPO COMPARTIMENTO
2	OLEO HIDRAULICO ISO 68 IV >150 DIN 5124/3 HVLP	CONTAINER 1000L
3	OLEO MOTOR SAE 15W40 API CK-4 VOLVO VDS 4.5	CONTAINER 1000L
4	OLEO HIDRAULICO SAE 10W30 API GL-4 CAT.T02/JD J20D J21/CASE MAT.3540	CONTAINER 1000L
5	OLEO ENGRENAGEM SAE 80W90 GL 5	CONTAINER 1000L
6	OLEO ENGRENAGEM SAE 85W140 API GL-5 SEMISSINTETICO	RESERVATÓRIO 600L
7	OLEO HIDRAULICO ISO 46 > 150	RESERVATÓRIO 300L
8	OLEO ENGRENAGEM SAE 80W TB API GL4	RESERVATÓRIO 300L
9	OLEO HIDRAULICO ATF-SUFIXO A.	RESERVATÓRIO 300L
10	OLEO DE TRANSMISSÃO CAT. EATON SAE-50 T04.	RESERVATÓRIO 300L
11	OLEO ENGRENAGEM SAE 75W90 SINTETICO MB 235.11 (FUCHS/MOBIL)	RESERVATÓRIO 300L
12	OLEO SAE 30 API-CF/SF	RESERVATÓRIO 300L
13	OLEO MOTOR SAE 10W30 JASO MA	CONTINUAR COMPRANDO 1L
14	OLEO DE MOTOR SAE 5W40 API SN	CONTINUAR COMPRANDO 1L
15	GRAXA SULFONATO DE CALCIO NLG12 - CHEMLUB SF-400(460-2) TAMBOR/200KG.	N/A
16	OLEO TRANSMISSAO ATF 100% SINTETICO VOLVO 97341	RESERVATÓRIO 300L
17	OLEO LUBRAX UTILE PA ISO 15	CONTINUAR COMPRANDO 20L
18	OLEO FLUIDO DE FREIO DOT-4 (CX 24X500)	N/A
19	OLEO DE TRANSMISSAO SAE 75W90 API GL-4 VOLVO.97315 (FUCHS/MOBIL)	N/A
20	GRAXA SULFONATO DE CALCIO NLGI 000 - CHEMLUB SF-400(460-000) EMB. 20KG.	N/A
21	OLEO DE FREIO AMBRA BRAKE-L	N/A
22	CAR 80 C/300 ML LIMPEZA E DESCARBONIZA BICOS	N/A
23	OLEO MOTOR SAE 0W30 ACEA C2	CONTINUAR COMPRANDO 1L
24	OLEO MOTOR SAE 0W20 API SN	CONTINUAR COMPRANDO 1L

Fonte: Autor (2024).

FIGURA 35: RESERVATÓRIO COM CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE 1000 LITROS.



Fonte: Empresa (2024).

FIGURA 36: RESERVATÓRIOS COM CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE 300 E 600 LITROS.



Fonte: Empresa (2024).

Além da determinação dos reservatórios, uma abordagem a nível educacional relevante para a sala de filtragem envolveu a criação de um sistema de identificação e padronização dos lubrificantes por cores, informando a aplicação e as propriedades principais de cada lubrificante.

Essa implementação, fundamentada nos conceitos da ISO 6743, fortalece o conhecimento técnico da equipe e elimina a prática de reconhecimento dos lubrificantes apenas pela cor, cheiro ou viscosidade percebida pelos mecânicos revisores.

Isso reduz a possibilidade de erros durante a lubrificação e a contaminação resultante da mistura de óleos com diferentes propriedades.

O modelo de gestão visual implementado na área é mostrado na figura 37.

FIGURA 37: GESTÃO À VISTA PARA OS TIPOS DE LUBRIFICANTES.

PAINEL APLICAÇÃO DE LUBRIFICANTES			
#	Código LIS	Especificação Técnica	Ferramenta
#01		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO SISTEMAS HIDRÁULICOS; VISCOSIDADE ISO VG 68; IV >150; DIN 51524-3 HVLP	
#02		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO MOTOR DIESEL; VISCOSIDADE SAE 15W40, API CK-4, VOLVO VDS 4.5	
#03		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO: TRANSMISSÃO / HIRÁULICO; SAE 10W-30; API GL-4; CAT TO2; John Deere JD J20D; JD J21; Case CNH MAT 3540; Massey Ferguson CMS M-1135, M-1141, M-1143, M1-145	
#04		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO: ENGRENAGEM / DIFERENCIAL; SAE 80W90; API GL-5; MB 235.20; DBL 6650.20	
#05		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO :ENGRENAGEM / DIFERENCIAL; VISCOSIDADE SAE 85W140; API GL-5; SAE J 2360	
#06		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO SISTEMAS HIDRÁULICOS; VISCOSIDADE ISO VG 46; IV > 150; DIN 51524-3 HVLP	
#07		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO:TRANSMISSÃO / CONJ. ACIONAMENTOS / SISTEMAS HIDRÁULICOS; VISCOSIDADE SAE 50; CAT TO-4	
#08		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO: TRANSMISSÃO / CONJ. ACIONAMENTOS / SISTEMAS HIDRÁULICOS; VISCOSIDADE SAE 30; CAT TO-4	
#09		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO: ENGRENAGEM / DIFERENCIAL ; SAE 80W; API GL-4; MB 235.5	
#10		ÓLEO LUBRIFICANTE; SINTÉTICO; APLICAÇÃO: ENGRENAGEM / CX DE CÂMBIO; SAE 75W90; API GL-4; MB 235.11	
#11		ÓLEO LUBRIFICANTE; MINERAL; APLICAÇÃO: DIREÇÃO HIDRÁULICA ; ATF TIPO A (SUFIXO A); DBL 6623.10 ; MB 236.2	
#12		ÓLEO LUBRIFICANTE; SINTÉTICO; APLICAÇÃO: TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA; VISCOSIDADE 36 cst; VOLVO 97341 ;ALLISON C-4; DEXRON III-H	
#13		FLUIDO DE ARREFECIMENTO DILUÍDO; ANTICORROSIVO; ANTICONGELANTE; BASE ETILENO E GLICOL; ABNT NBR 14261/16	

GESTÃO DA LUBRIFICAÇÃO



FISPC's ao seu alcance!
Scanee o QR Code ao lado
e consulte todas as Fichas
de Segurança.



ELABORADO POR



Símic
INTELIGÊNCIA INDUSTRIAL

Fonte: Empresa (2024).

Dessa forma, com as ferramentas selecionadas, as etapas de execução claras e objetivas e a estrutura planejada para a sala de filtragem funcionando conforme o previsto, é possível garantir que, com o engajamento de todos que compõem o setor, a manutenção primária esteja caminhando para se tornar referência na gestão da lubrificação.

5. CONCLUSÃO

A etapa de lubrificação, como parte do planejamento da manutenção, é fundamental para alcançar um melhor desempenho e o bom funcionamento dos equipamentos. Para isso, é crucial que as propriedades dos lubrificantes sejam preservadas. Esses produtos são facilmente contaminados quando não há medidas adequadas de armazenamento e manuseio.

A contaminação propagada pelos lubrificantes é a principal responsável por grande parte dos problemas de lubrificação. Com base nisso, o foco deste trabalho foi estudar boas práticas para otimizar os processos de lavagem e lubrificação em uma oficina automotiva agrícola, com o objetivo de minimizar a propagação de contaminantes que possam comprometer a qualidade dos lubrificantes

Diante disso, o objetivo principal foi desenvolver as iniciativas com base no pilar de Organização do Posto de Trabalho da metodologia WCM, utilizando-o como guia para eliminar fontes de contaminação.

Os objetivos específicos inicialmente definidos incluíram o mapeamento das condições atuais do posto de lavagem e lubrificação, onde foi possível identificar várias situações que favoreciam a contaminação, tanto na forma de conduzir as atividades quanto nos recursos disponíveis.

Com base nas anomalias observadas, o próximo objetivo foi aplicar as ferramentas do pilar de Organização do Posto de Trabalho, com foco na implementação do 5S. Esse processo permitiu organizar o setor por meio da identificação e eliminação de itens inadequados para os processos, além da eliminação de atividades improdutivas.

Outro objetivo específico foi desenvolver práticas padronizadas, o que foi alcançado com a criação de procedimentos para o processo de lubrificação. Esses procedimentos asseguraram a proteção adequada dos lubrificantes, desde o armazenamento até a aplicação. Além disso, foram implementados procedimentos para a lavagem dos equipamentos, garantindo que sua execução não compromettesse os lubrificantes ou outros componentes críticos.

Por fim, definiu-se o objetivo de analisar os resultados das intervenções realizadas, com o propósito de avaliar os impactos, tanto positivos quanto negativos, nos processos.

Quanto a este último ponto, houve limitações devido ao desligamento da empresa, o que dificultou a mensuração completa dos resultados, como os ganhos totais na redução do consumo de lubrificantes, a implementação definitiva da sala de filtragem e a verificação se os procedimentos estavam sendo executados conforme o planejado. Entretanto, foi possível obter resultados parciais satisfatórios, como a redução do tempo de máquina parada no setor após o uso do carrinho de transferência de óleo em substituição às propulsoras, além do cumprimento dos níveis de limpeza do óleo hidráulico estabelecidos para uso nos equipamentos.

Embora a mensuração clara dos ganhos não tenha sido possível, o objetivo de aprimorar os processos do setor de manutenção primária, por meio da introdução do pilar mencionado, demonstrou-se, de forma geral, eficaz para alcançar maior eficiência, organização e eliminar condições que comprometiam a qualidade das atividades e o manuseio dos lubrificantes.

Com base nessa conclusão positiva, o trabalho desenvolvido pode ser considerado um projeto de referência, apto a ser replicado em outros setores da oficina, com o intuito de melhorar a eficiência e a qualidade nas operações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRAIZ, B.; SUSAN, N. **Estrategias gerenciales de manufactura de clase mundial (WCM) en el area de logística caso: sector automotriz Estado Carabobo**. Revista Ingeniería y sociedad UC, Estado Carabobo, 2011.

ATHOUGUIA, W.R. **Busca pela lubrificação classe mundial: O programa de lubrificação confiável na Samarco Ubu**. Contribuição técnica ao 70º Congresso Anual da ABM. Rio de Janeiro, 2015.

AUGUSTO. **MANUTENÇÃO PRÓATIVA EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**. Disponível em: <https://www.linkedin.com/manutencao-proativa-em-sistemas-hidraulicos-sergio-augusto-quintaes>. Acesso em: 18 jun. 2024.

BABIEE. **The Practice of Social Research, Thirteenth Edition**.

Disponível em: http://old-eclass.uop.gr/modules/document/file.php/SEP187/BI%CE%92%CE%9B%CE%99%CE%91%20%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3/Babbie_The_Practice_of_Social_Research.pdf. Acesso em: 24 ago. 2024

BIASOLI, M.M.; OLIVEIRA, C.A.; **Programa 5s**. Disponível em: https://controlab.com/wp-content/uploads/manual_5s_2005.pdf. Acesso em 18 jun. 2024.

BUCHALLA, R. **Programa 5s**. Disponível em: <T04BG04_Programa_5S.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2024.

CAMPOS. **Projeto de Central de Lubrificação para Tratamento de Lubrificantes**. Disponível em: <https://www.com/pulse/projeto-de-central-lubrificao-para-tratamento-danilo-mota-campos>. Acesso em: 04 ago. 2024.

CASH. **Advantages of Using Lube Identification Tags**. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/30113/lube-identification-tags>. Acesso em: 02 ago. 2024.

FALK, Maura. **The Mystery of Industrial Lubricants. Industrial Maintenance & Plant Operation**. Disponível em: <https://www.impomag.com/article/2015/04/>. Acesso em: 12 ma. 2024.

FERNANDES, V.H. **Proposta de uma rotina de lubrificação organizada das máquinas de uma indústria metalúrgica**. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Manutenção Mecânica Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

FOSTER, C.V. **“O inimigo Invisível: Descontaminação dos sistemas hidráulicos e do próprio ambiente de trabalho é decisiva para evitar quebras prematuras e queda de performance nos equipamentos.”** Artigo científico. Sotreq [s.d.].

GUIMARÃES, A.S. **Monitoramento de contaminantes no sistema hidráulico das harvesters da Aracruz celulose, através da microfilmagem radial.** Projeto de Graduação (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

JUNIOR, A. de C.; Santanna, G de C. **Proposta de boas práticas de armazenamento e manuseio de óleo lubrificante.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

KRAR, S. **ORGANIZAÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO: Lean é bem-sucedido em um local de trabalho limpo e organizado.** Disponível em: Workplace Organize.pdf. Acesso em: 20 jun. 2024.

LABFISICA. **Sistemas de lubrificação.** Disponível em: <https://portais.ser-tao.ifrs.edu.br/Sistemas-de-lubrifica.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2024.

LINO. **Estocagem adequada.** Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/estocagem-adequada>. Acesso em: 20 jun. 2024.

LINO. **Porque Lubrificar.** Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/por-que-lubrificar>. Acesso em: 22 jun. 2024.

LINO. **Uso correto dos óleos lubrificantes para máquinas agrícolas.** Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/uso-correto>. Acesso em: 23 jun. 2024.

LOBOS, M. **Controlando a contaminação de óleos lubrificantes em ambientes úmidos e poeirento.** Relatório Científico. Petrobras, 2019.

LUBRICANTS, Petronas. **Princípios básicos de lubrificação e lubrificantes.** Disponível em: < https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/mecanizacao/PRINCIPIOS_BASICOS_DE_LUBRIFICANTES_E_LUBRIFICACAO.pdf.> Acesso em: 08 fev. 2024.

MOBIL. **Manuseio e Armazenagem de Lubrificantes.** Disponível em: <<https://www.mobilindustrial.com.br/media/3040/manuseio-e-armazenagem-de-lubrificantes.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

NASCIF, J. **Lubrificação e Confiabilidade: Gestão e melhores práticas.** Disponível em: [Lubrificação e confiabilidade: Gestão e melhores práticas.pdf](#).

NASCIMENTO, J.T.S. **Controle de Contaminação em Sistemas Hidráulicos: Otimização em máquinas de corte florestal.** Artigo científico. Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/sistemas-hidraulicos.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

OLIPES. **Massas Lubrificantes: Classificação DIN 51502 E A ISO 6743-9.** Disponível em: <https://www.olipes.com/eu/pt/Comunicaci%C3%B3n/documentos->

de-interesse/massas-lubrificantes-classificacao-din-51502-e-a-iso-6743-9. Acesso em: 04 ma. 2024.

OLIVEIRA. **Estudo de diálise online de óleo Hidráulico de escavadeira por meio de monitoramento de nível de contaminação.** Trabalho de conclusão de curso (bacharel em engenharia mecânica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

PALUCHA, K. **World Class Manufacturing Model in Production Management.** *International Scientific Journal*, Poland, 2012.

PARKER. **Normas de controle de contaminação.** Disponível em: [https://www.vemag.com.br/Normas de Controle de Contaminacao.pdf](https://www.vemag.com.br/Normas%20de%20Controle%20de%20Contaminacao.pdf). Acesso em: 08 fev. 2024.

PARKER. **Tipos de Contaminação em Sistemas hidráulicos.** Disponível em: [https://www.vemag.com.br/Tipos de Contaminação em Sistemas Hidraulicos.pdf](https://www.vemag.com.br/Tipos%20de%20Contaminação%20em%20Sistemas%20Hidraulicos.pdf). Acesso em: 08 fev. 2024.

SANTOS, D.V. **Estruturação do pilar organização do posto de trabalho (wo), através da metodologia world class manufacturing.** Monografia de especialização. (Especialista em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SANTOS, Z.A da S.; Gouveia, L.F. **Gestão da lubrificação: Análise de falhas sobre a influência de óleos lubrificantes no desempenho de caminhões fora de estrada na indústria de mineração.** Contribuição técnica ao 73º Congresso Anual da ABM. São Paulo, 2018.

VEDAN. **Lubrificação industrial: tipos de lubrificantes e métodos.** Disponível em: <https://traction.com/blog/lubrificacao-industrial-entenda-os-tipos-e-sua-importancia>. Acesso em: 20 jun. 2024.

VIEIRA, A.D.; Dalavia, F.L.; Olímpio, W.; Solis, T.R.G.; Santos, F.L.; Abade, K.A.; **Controle de Contaminação para fluidos Lubrificantes.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Foz do Iguaçu, Paraná, 2007.

WIDMAN, R. (2013) **“Las tolerancias y materiales que determinan nuestro mantenimient” capacitación de los ingenieros.** Bolivia [s.d].