

## PROPOSTA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ÓLEO LUBRIFICANTE NA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE BOMBAS DE VÁCUO DE UMA AGROINDÚSTRIA

Andrei Gustavo Zandavalli<sup>1</sup>  
Maria Regina Thomaz<sup>2</sup>

### RESUMO

É fato que no dia a dia de uma agroindústria a necessidade de um plano de manutenção preventiva é imprescindível. A produção não pode parar seu processo produtivo por falhas de máquinas ou equipamentos. A lubrificação das máquinas e equipamentos deve ser realizada de acordo com o indicado pelo fabricante, porém, com o passar do tempo pode-se perceber que a troca de óleo é uma atividade corriqueira no processo de manutenção preventiva, e essa troca, não ocorre por meio de uma análise criteriosa de cada situação, mas sim por um cronograma generalista. Desta forma, surge o objetivo de verificar se o plano proposto de lubrificação em uma agroindústria, bem como, a troca de óleo lubrificante de bombas de vácuo está sendo realizada em sua totalidade de forma correta e eficaz. O qual será realizado por meio da análise de amostras de óleo. A otimização da troca de óleo, no processo de manutenção preventiva pode ser um meio viável de redução de custos dentro de uma empresa. A verificação da real necessidade da troca e o controle sobre a vida útil do óleo em cada máquina, pode reduzir a troca do mesmo, horas paradas, e até mesmo o número de funcionários envolvidos na atividade, além de custos desnecessários com o processo, como desgastes de peças devido à falta de lubrificação. Com isso serão encaminhadas duas amostras de óleo lubrificante para análise para verificar a real qualidade do lubrificante a fim de evidenciar o real problema que está ocorrendo com o lubrificante.

**Palavras-chave:** Manutenção Preventiva. Bombas de Vácuo. Óleo Lubrificante, Agroindústria.

### 1 INTRODUÇÃO

Antes da Segunda Guerra Mundial, as empresas não eram muito mecanizadas, os equipamentos eram simples e geralmente superdimensionados, não havia preocupação com a produtividade. O método de manutenção utilizado era o corretivo, não havia uma manutenção sistematizada em máquinas e equipamentos, apenas era realizada a limpeza, a lubrificação e reparo após a quebra.

Em uma economia globalizada e altamente competitiva como a atual, não existe espaço para uma manutenção não programada, onde o reparo de máquinas e equipamentos ocorre somente após a quebra, parando o processo produtivo. A manutenção deve estar focada na

---

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Mecânica – UCEFF – andrei\_gu@hotmail.com:

<sup>2</sup> Docente Maria Regina Thomaz \_UCEFF\_ mare\_mrt@yahoo.com.br

disponibilidade e manutenibilidade de máquinas e equipamentos, deve preservar o meio ambiente e garantir a segurança dos operadores.

Com o tempo, percebeu-se a necessidade de dar mais relevância a lubrificação de máquinas e equipamentos, isso devido ao grande índice de falhas nos processos produtivos, que resultam em aumento no custo de fabricação. Esta pesquisa terá o intuito de melhorar o plano de manutenção atualmente utilizado em uma agroindústria e com isso reduzir gastos na troca de óleo lubrificante. Será estudada ainda, a possibilidade de analisar o óleo, por meio de testes laboratoriais para avaliar a real necessidade da troca e ver se há necessidade de substituição do mesmo.

A agroindústria ao longo dos anos, vem adaptando seu processamento de alimentos, de forma a garantir maior qualidade ao produto produzido. Houveram muitas mudanças nos processos e dentre estes, o de embalagem dos produtos. As primeiras embalagens não supriam totalmente a necessidade da indústria, seu tempo de duração nas prateleiras era limitado e a contaminação do produto embalado ocorria rapidamente. Com isso, foram desenvolvidos novos tipos de embalagens tendo como um dos principais objetivos, aumentar a vida útil dos produtos nas prateleiras.

As agroindústrias perceberam a necessidade de inovar seus produtos e melhorar sua forma de produção, assim, surgiram as embalagens a vácuo. Neste processo, o ar que é um fator de contaminação é retirado quase por completo do produto, proporcionando um aumento da vida útil dos produtos, mas para que seja possível retirar o ar sem danificar a embalagem, é preciso que estas tenham maior resistência e sejam mais compactas, por isso a escolha de avaliar esta máquina em específico.

## **2 PROPOSTA DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ÓLEO LUBRIFICANTE NA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE BOMBAS DE VÁCUO DE UMA AGROINDÚSTRIA**

Compreende-se por manutenção, o ato de manter o que se tem, o que se faz necessário, historicamente, desde que começamos a manusear instrumentos de produção. A manutenção surge a partir da Revolução Industrial, quando houve um salto significativo na capacidade de produção de bens de consumo. Desde então, percebe-se que esse aumento na capacidade de produção, ao mesmo tempo em que facilitou o acesso a essa produção, também tem, em contrapartida, o fato de que os produtos se tornam ultrapassados de forma muito rápida (VIANA, 2012).

De acordo com Viana (2012), a inovação e chegada de novos produtos a todo momento, acaba por exigir constante atualização e resulta em altos custos com inatividade. A manutenção industrial iniciou a partir de uma necessidade produtiva a partir do século XVI, com a aparição das primeiras máquinas artesanais mecânicas. A partir desta época, os fabricantes iniciaram o treinamento de funcionários estes que mais tarde seriam operários onde os mesmos desempenhavam o papel de manutentor, isso porque não havia uma equipe destinada a essa função de manutenção.

A partir do ano de 1900 aparecem os primeiros procedimentos de organização da manutenção devido a necessidade de se ter mais controle no processo. Mas foi com a Segunda Guerra Mundial que a grande revolução na manutenção industrial ocorreu, onde surgiram várias técnicas de organização e domínio para intervenções e decisões (VIANA, 2012).

Segundo Fidelis *et al* (2015), pode-se subdividir a trajetória de aperfeiçoamento da manutenção em quatro etapas. A primeira geração ocorre antes da Segunda Guerra Mundial, onde o trabalho era realizado quase todo manualmente, haviam poucas máquinas e as que tinham eram simples, a produção não era prioridade, então não havia uma preocupação com a manutenção, eram realizados reparos somente depois da quebra, manutenções corretivas, não organizadas.

Também como afirmam Fidelis *et al* (2015), a segunda geração adveio entre os anos 50 e 70, neste período aumentou a mecanização, diante da necessidade de maior disponibilidade e produção de alimentos, exigindo maior confiança nos equipamentos.

Com a terceira geração no início dos anos 70, houve um aumento acelerado de mecanização nas indústrias e maior preocupação com paradas indesejáveis que afetavam a produção, aumentavam o custo de fabricação dos produtos e atrasavam a entrega dos mesmos (KARDECK; NASCIF, 2008; FIDELIS *et al*, 2015).

Fidelis *et al* (2015) ainda discorrem sobre a quarta geração, a partir dos anos 2000, onde são reavaliados os conceitos da terceira geração, aumentando a preocupação com a manutenção preventiva, diminuição dos índices de falhas, e aumento de confiabilidade em máquinas e equipamentos.

A manutenção nada mais é do que manter máquinas e equipamentos em perfeito estado de uso, para que ocorram o mínimo de intervenções durante o processo produtivo. A manutenção é dividida em seis categorias, manutenção corretiva planejada, manutenção corretiva não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e Engenharia de Manutenção (KARDECK; NASCIF, 2008).

## 2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

De acordo com a NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Já, para Viana (2012) a manutenção corretiva visa corrigir falhas em máquinas e equipamentos durante o processo produtivo é uma intervenção que corrige a falha após a mesma ter ocorrido, este tipo de manutenção tem por finalidade garantir a integridade dos equipamentos evitando danos maiores aos mesmos e ao processo, e também visa garantir a segurança dos operários.

## 2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Enquanto a NBR 5462 indica que manutenção preventiva é a prevenção de falhas através de um plano de manutenção, para Viana (2012) a manutenção preventiva são intervenções periódicas, realizadas a partir de um cronograma, ou de acordo com manuais do fabricante, visando prevenir falhas. Proporciona uma maior confiabilidade no equipamento e no processo e traz muitas vantagens ao processo industrial.

Fidelis *et al* (2015), reforçam que a manutenção preventiva é realizada em intervalos pré-definidos indiferentemente do tipo do equipamento, esta manutenção possibilita um melhor controle de gerenciamento de peças e de recursos disponíveis, e também a previsão de quanto material será consumido para efetuar a manutenção no equipamento.

A prevenção de falhas pode permitir a redução do estoque de peças de reposição, desde que os equipamentos estejam em ótimo estado de conservação. Para tal, o plano de preventiva deve estar bem elaborado e consolidado na empresa. As preventivas são definidas de acordo com a necessidade de cada equipamento, e estas se bem aplicadas pelos manutentores reduzem significativamente o índice de falhas, proporcionando um nível melhor na qualidade do trabalho executado do que as corretivas (VIANA, 2012).

Ações que ocorrem na tentativa de evitar falhas, são abreviadas através de troca de peças, que podem falhar se não forem substituídas no intervalo de tempo adequado, ocasionando problemas maiores (CAVALCANTE, ALMEIDA, 2005).

## 2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva exerce a tarefa de acompanhar máquinas e equipamentos, por verificações de ruídos ou vibrações, por controle gráfico, e tentar prognosticar as falhas. O objetivo desta manutenção é definir o período adequado para intervenção da manutenção, assim, utilizando os componentes o maior tempo possível (VIANA, 2012).

A manutenção controlada ou preditiva de acordo com a NBR 5462 (1994) é a manutenção que permite, prever as falhas dos equipamentos antes que elas ocorram, enquanto para Simões Filho (2006), esta técnica ajuda com o controle das atividades do desenvolvimento do projeto de manutenção, implantando normas que diminuam os custos de operação, manutenção e inspeção de sistemas.

Pode-se contar com várias técnicas de identificação de falhas sendo que as mais usadas na indústria são, ensaios por ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análises de óleo lubrificante e termográfica. Estas medidas auxiliam na identificação de possíveis problemas futuros. O ensaio por ultrassom tem a função de detectar problemas nos materiais, a exemplo de trincas ou deformidades internas (VIANA, 2012).

A análise por vibrações mecânicas tem por finalidade medir o índice de vibração que está presente no equipamento, sendo que está constante pode vir a danificar o equipamento. A análise de óleo lubrificante é realizada para detectar contaminantes presentes no mesmo, como, água e materiais ferrosos, que são desgastes de engrenagens. A análise do óleo lubrificante é feita para analisar a vida útil do óleo e verificar se este ainda tem suas propriedades de lubrificação (VIANA, 2012). Por fim, a análise termográfica, mais utilizada em equipamentos elétricos ou em mancais e rolamentos, de acordo com Viana (2012), visa detectar pontos de aquecimento, faz a retirada de imagens que possibilitam identificar pontos com excesso de atrito ou mal contato no caso da elétrica

No conceito de manutenção preditiva, Fidelis et al (2015) afirma que está teve início no ano de 1990, onde sua função era detectar falhas não visíveis, pela equipe de manutenção ou operacional para evitar problemas posteriores.

## 2.4 BOMBAS DE VÁCUO

Os primeiros testes com bombas de vácuo foram em 1640, na Alemanha por Otto von Guericke, que para seu primeiro teste utilizou uma bomba da água adaptada para retirar água de um barril. Dada a dificuldade disso, Guericke transformou a bomba para retirar ar do barril, mas a dificuldade de vedação o levou a utilizar tiras de couro e fitas de cobre imersas em cera

com terebintina. Desta forma ele mostrou que pode gerar uma grande força com o vácuo, onde demonstrou esta força colocando duas parelhas de cavalo para separar dois hemisférios de 119 mm e não foram capazes. Depois disto Guericke melhorou seu mecanismo, substituindo água por óleo, melhorando as vedações, aperfeiçoando válvulas e assim criou a bomba mecânica de vácuo (GAMA, 2002).

Com o desenvolvimento das bombas de vácuo surgiu a necessidade de medir este vácuo, o primeiro medidor de vácuo foi a coluna de mercúrio de Torricelli e desenvolvida por Boyle em torno de 1660, capaz de medir pressões com eficiência de 0,001mm de Hg e foram melhorando ao longo dos anos de acordo com sua necessidade (GAMA, 2002).

Depois de serem desenvolvidas as bombas e os medidores de vácuo, surgiria a necessidade de desenvolvimento dos componentes de vácuo. Sendo o principal deles as vedações, que formavam o sistema de vácuo que no princípio, eram feitas de tiras de tecido e couro imersas em soluções de água, óleo e cera com terebintina. Outro componente crucial, veio com a Segunda Guerra Mundial com o desenvolvimento da aviação, sendo eles os anéis de borracha que seguiam um padrão, estes admitiam uma maior tolerância na construção de sistemas de vácuo, além de suportarem maiores temperaturas permitindo elevar o vácuo (GAMA, 2002).

Bombas de palheta possuem um rotor constituído de várias palhetas (03 a 08 unidades), girando a alta rotação dentro de uma câmara justa, provocando uma sucção através de um canal de aspiração, e expelle o ar por outro canal de expurgo do ar aspirado. Como o ar aspirado, contem partículas de vapores e poeiras microscópicas, em alta velocidade provoca um atrito que aquece muito o corpo e o rotor da bomba. Este aquecimento precisa ser contido utilizando-se uma corrente de Ar ou água para manter sobre controle a temperatura e conservação desta máquina (HARWOOD, ALMEIDA, 1982), conforme a Figura 1, mostra.

**Figura 1 - Bomba de vácuo rotor de palheta**



Fonte: Adaptado de (BOSH, 2009).

## 2.5 UTILIZAÇÃO DAS BOMBAS DE VÁCUO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

As bombas a vácuo são muito utilizadas na indústria frigorífica, para transporte de vísceras, resíduos, embalagem de produtos. Este tipo de equipamento proporciona uma maior eficiência no processo, isso porque não necessita de um grande espaço para instalação, é um sistema livre de contaminação, visto que é um sistema fechado e entra somente em contato com o produto transportado, além disso é um sistema de fácil higienização (BARROS, 2016).

Ainda segundo Barros (2016), a bomba de vácuo tem por principal função a geração do vácuo, este é utilizado como uma energia de aspiração sugando determinados produtos e transportando para um determinado local, sendo estes setores de subproduto ou Carne Mecanicamente Separada (CMS).

Outra grande utilização é no processo de embalagem de produtos, estes são embalados a vácuo para aumentar sua vida útil e diminuir seu volume. Neste caso as bombas geram uma pressão negativa dentro da câmara de vácuo assim estabilizando a pressão interna, inflando as embalagens, logo após, todo o ar presente na câmara é retirado e o produto fica livre de qualquer contaminante presente no ar. Este vácuo é controlado por duas válvulas mecânicas e estas por sua vez são controladas por um CLP (controlador lógico programável) possibilitando aos operadores alterarem os tempos vácuo de acordo com cada produto (BARROS, 2016).

## 2.6 ÓLEO LUBRIFICANTE E SUAS PROPRIEDADES

Segundo Viana (2012), a lubrificação é uma atividade industrial de fundamental importância dentro de um processo de manutenção industrial, isso devido a sua importância para a preservação de partes mecânicas de máquinas e equipamentos, para o autor o objetivo da lubrificação é reduzir o atrito entre partes mecânicas sobrepostas como engrenagens, mancais e reduções evitando assim desgastes.

A análise do óleo lubrificante ocupa um papel muito importante na manutenção de uma agroindústria, e cada vez mais vem sendo discutida sua importância. Devido à grande incidência de água e contaminantes presentes no ambiente, a troca do óleo lubrificante é recorrente. A análise periódica do óleo lubrificante tem sido a muito recomendada pelos fabricantes, mas apenas nas últimas décadas tornou-se mais acessível, visto que inicialmente ocorria em empresas maiores (ERICKSON, TAYLOR, 1989).

A análise é uma forma de otimizar as trocas de óleo, contribuem no controle de

qualidade, visando ampliar o tempo hábil de consumo dos equipamentos que o utilizam. A análise do óleo lubrificante permite avaliar o estado de conservação do mesmo, e em consequência potencializar as trocas, visto que a degradação e contaminação do óleo são as principais causas de diminuição da eficiência deste (ALVES, 2007).

Ao considerar a contaminação por água, que segundo Alves (2007) acontece devido a oscilações de temperatura, anéis, retentores e vedações desgastadas, microfissuras na estrutura, vazamentos em juntas. A água é a principal responsável pela ferrugem, borra e má lubrificação, por isso é necessário identificar o local de entrada da mesma e eliminá-lo assim que possível, evitando maiores danos (ERICKSON, TAYLOR, 1989).

Outras causas que se deve levar em consideração são redução da viscosidade, o aquecimento excessivo por problema na ventilação, contaminação por insolúvel, filtros de ar contaminados, entrada de impurezas, vazamentos no sistema de admissão, desgastes metálicos, desgastes de engrenagens e componentes internos devido ao atrito (ALVES, 2007).

Percebe-se que a análise periódica do lubrificante usado tem grande evidência num plano de manutenção, é visto como um dos melhores métodos de acompanhamento e verificação de máquinas e equipamentos. A análise dos lubrificantes é um respeitável indicador das condições dos óleos que estão sendo utilizados servindo como base para aumentar os intervalos de troca e melhorar o plano de manutenção com isso reduzir gastos com o processo (ALVES, 2007).

A análise do óleo lubrificante na manutenção preditiva deve ser mensurada de acordo com o número de horas trabalhadas e logo após mandada para análise em laboratório, quando constatadas anomalias a manutenção deve ser comunicada imediatamente para que possa intervir a fim de evitar danos ao equipamento (ERICKSON, TAYLOR, 1989).

Para se fazer uma amostragem de qualidade é necessário pessoal qualificado, recipientes limpos, retirada do lubrificante durante o processo ou funcionamento do equipamento para não mascarar os resultados. Os recipientes devem ser rotulados com o tipo do óleo usado juntamente com o número de horas trabalhadas (ERICKSON, TAYLOR, 1989).

Uma das mais importantes propriedades do óleo lubrificante é a viscosidade que está diretamente ligada a película do óleo presente entre as partes móveis, que influencia o desgaste das peças. Se a viscosidade do óleo não for apropriada, a película não vai ter uma espessura capaz de minimizar o atrito entre elas. Já, óleos com viscosidade elevada aumentam a temperatura do sistema desperdiçando energia, a exemplo da partida de motores, que está vinculada diretamente com a viscosidade do óleo lubrificante, em contato com frio excessivo a

partida com óleos com a viscosidade elevada requer mais energia do sistema ocasionando desperdícios desnecessários (ERICKSON, TAYLOR, 1989).

### 2.6.1 Viscosidade

Segundo Maia (2009), viscosidade é um critério importante de qualquer óleo lubrificante. É uma medida da espessura do fluido ou a resistência para fluir. Por exemplo, o mel é grosso e a água é fina, assim o mel tem uma viscosidade maior do que a água. A viscosidade do óleo precisa se adequar às temperaturas ambientes corretos. Se estiver muito grosso quando o motor estiver frio, ele não se movimentará pelo motor. E se ele se tornar muito fino quando o motor estiver quente, não dará a proteção certa para as partes do motor. A otimização da viscosidade ou espessura de um óleo ajuda a maximizar a eficiência energética, evitando o desgaste dos componentes.

Os modificadores de viscosidade aumentam a viscosidade do seu óleo em temperaturas altas, mas têm pouco efeito sobre a viscosidade em temperaturas baixas. Estes permitem que o seu óleo flua adequadamente quando estiver frio e também permaneça suficientemente espesso para proteger os seus componentes de motores em temperaturas altas. (MAIA, 2009).

### 2.6.2 Densidade

De acordo com Maia (2009), a densidade de sólidos e líquidos, segundo o Sistema Internacional de Unidades é expressa em quilograma por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ), contudo, é comumente utilizada a medida de gramas por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ) e gramas por mililitro ( $\text{g/ml}$ ). Diferentemente de grandezas como massa ou comprimento, chamamos a densidade de grandeza derivada, porque é definida através de outras grandezas físicas.

### 2.6.3 Acidez

Acidez total representa o teor de dióxido de carbono livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais ácidos fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio para a solução. As águas naturais, em geral, têm uma reação alcalina, porém, acidez não é necessariamente indesejável. A importância da determinação da acidez se prende ao fato de que sua variação brusca pode se caracterizar o lançamento de algum resíduo industrial (MAIA, 2009).

#### 2.6.4 Basicidade

A compreensão da natureza de uma reação de neutralização é fundamental para a compreensão da teoria de Arrhenius, envolvendo os ácidos e as bases. Uma reação de neutralização é aquela onde reagem quimicamente um ácido e uma base, com formação de um sal e água (MAIA, 2009).

#### 2.6.5 Análise do óleo

A análise do óleo lubrificante já é utilizada há muito tempo como um método de verificação da qualidade dos lubrificantes, de forma que as técnicas mais utilizadas são, a análise do óleo lubrificante em laboratório, que verifica as principais características, como viscosidade, densidade, acidez, etc. E também a técnica de análise das partículas que estão presentes no óleo devido a corrosões de peças internas. Nas duas técnicas os contaminantes estão presente e ditam a qualidade do lubrificante, interferem diretamente em suas características (KARDEC, NASCIF, 2009).

São apresentados a seguir, algumas análises executadas nos óleos lubrificantes utilizados para a lubrificação de máquinas e equipamentos, com o objetivo de identificar o melhor período para substituição, visando a redução de custos na manutenção. (KARDEC, NASCIF, 2009).

#### 2.6.6 Análise Físico-química

A análise físico-química do lubrificante é efetuada em intervalos regulares definidos pelo plano de manutenção, são retiradas pequenas amostras para verificar a qualidade do lubrificante, garantindo que suas características não foram afetadas pelo processo, podendo assim aumentar o período de troca do lubrificante (KARDEC, NASCIF, 2009).

As análises físico-químicas possuem um padrão estabelecido pelas entidades (ASTM), *American Society Testing Materials* e (ABNT), Associação Brasileira de Normas Técnicas. Algumas análises são mais relevantes que outras dependendo da aplicação, por exemplo, em um equipamento movido a vapor a condensação é irrelevante, mas já em equipamentos à combustão, isto é o que interessa (KARDEC, NASCIF, 2009).

A retirada das amostras deve ser definida de acordo com cada equipamento, se no intervalo de dois meses estabelecidos o lubrificante não apresentar problemas, este período pode ser aumentado. Já, se as amostras apresentarem modificações, o período de análise deve ser diminuído, e conseqüentemente a periodicidade da troca do lubrificante (KARDEC, NASCIF, 2009).

### **2.6.7 Análise por contaminação**

Os contaminantes são influências não desejadas que destroem a integridade dos fluídos e do sistema a ser utilizado. O controle de contaminantes não é opcional, mas sim necessário. Em média 80% das falhas do sistema são ocasionadas pela falta de verificação de contaminantes nos lubrificantes (KARDEC, NASCIF, 2009).

A contaminação dos lubrificantes ocorre por meio de água, poeira ou particulados provenientes de desgastes de componentes mecânicos. Esta contaminação pode ser monitorada com análise do lubrificante, e esta análise deve ser executada em períodos definidos pelo fabricante ou pelo cronograma de lubrificação da empresa, a fim de evitar danos maiores ao equipamento (KIMURA, GONÇALVES, 2010).

A água é um dos maiores vilões da lubrificação, esta contaminação pode ser encontrada de três maneiras no lubrificante, dissolvido, emulsificado ou livre. Quando o fluído lubrificante não conseguir mais absorver a água saturada, este encontra-se livre emulsificado. O que significa que a água está em estado microscópico, que é uma das fases mais devastadoras e pode-se enxergar a água a olho nu, o lubrificante fica com aspecto leitoso, visto que, a água pode causar diversos efeitos como corroer superfícies, agilizar o desgaste de peças, entre outros (KIMURA, GONÇALVES, 2010).

Já, a contaminação por poeira e particulado ocorre de uma forma diferente, a contaminação por poeira ocorre quando o reservatório do lubrificante está exposto, ou pela admissão do ar em equipamentos que necessitam desta função, quando a contaminação ocorre pela admissão de ar, o que pode ser ocasionado pela saturação do filtro de entrada de ar ou um ar contaminado. A contaminação por particulados ocorre devido ao desgaste de componentes mecânicos que estão em constante atrito os mesmos soltam pequenas partículas que danificam a composição do lubrificante (KIMURA, GONÇALVES, 2010).

### **2.6.8 Espectrometria**

A espectrometria é uma técnica para separar moléculas ionizadas com campos elétricos ou magnéticos, conforme as razões de massa sobre carga elétrica. Este tipo de análise possibilita diagnosticar elementos químicos presentes no lubrificante que ao trabalhar em temperaturas elevadas sua decomposição ocorre até mesmo em nível atômico, onde é necessária uma análise mais avançada para poder mostrar a contaminação do lubrificante. Esta análise permite relatórios mais precisos sobre desgastes, contaminações e até mesmo adição de aditivos (MACCHIONE, 1998)

Com relação ao espectro de massa é possível que em alguns casos, as moléculas de amostras possam se partir, o que gera um padrão de íons relativo à estrutura do material analisado, isso decorre do processo de ionização. Por meio da análise do espectro, consegue-se dados sobre a massa da substância analisada, e em alguns casos, é possível perceber sua estrutura (MACCHIONE, 1998).

Existem diferenças entre as técnicas de espectrometria, e estas se dão pelas alternâncias de partes de equipamentos. E a escolha do sistema a ser utilizado, varia conforme a faixa de massa a ser analisada, resolução, precisão, sensibilidade, rapidez na análise e custo do equipamento (KIMURA, GONÇALVES, 2010).

### **2.6.9 Ferrografia**

Este método de análise foi criado nos Estados Unidos, para verificação de lubrificantes utilizados na aviação, e hoje está difundido em todo mundo, é um método muito utilizado pelas indústrias para verificar desgastes de equipamentos. Ela determina o grau de desgaste, o modo e tipos de desgastes, através da identificação da morfologia, acabamento superficial, coloração, natureza e espessura das partículas encontradas em qualquer tipo de lubrificantes (KARDEC, NASCIF, 2009).

Segundo Viana (2012), amostras são encaminhadas a um laboratório especializado, onde serão preparados corpos de prova estabelecidos como ferrogramas, estes possuem todas as partículas em suspensão na amostra.

**Figura 2: Análise ferrográfica**

Fonte: (LABORATÓRIO POC, 2018).

Máquinas e equipamentos em funcionamento geram pequenas partículas em um grau bem baixo, se o índice de partículas aumentar em volume e tamanho, estamos diante de indicações de um modo de desgaste severo. A crescente geração de partículas maiores é um forte sinal de falha eminente no equipamento (KARDEC, NASCIF, 2009).

#### 2.6.10 Ensaios utilizados na análise dos óleos

A análise do lubrificante é uma ferramenta indispensável que garante e prolonga a vida útil dos equipamentos. Somente a partir de um diagnóstico bem elaborado, pode-se definir as falhas dos equipamentos antes que estas ocorram e comprometam a produção da empresa, de forma que, as principais análises realizadas no óleo lubrificante, segundo Maia (2009) são a viscosidade, densidade, acidez, basicidade e o teor de água.

#### 2.6.11 Viscosidade

A verificação da viscosidade para Maia (2009) é uma das análises mais importantes em lubrificantes. Um lubrificante bem viscoso, garante uma maior proteção devido ao seu índice de película ser maior, diminuindo assim o atrito entre as partes móveis evitando o desgaste de peças e diminuindo as perdas por atrito.

A viscosidade de um fluido pode variar de acordo com os fatores externos e internos do sistema, a viscosidade diminui quando há adição de lubrificantes e aditivos incorretos e temperaturas excessivas, já o aumento da viscosidade pode ocorrer quando há obstrução no sistema de filtragem, oxidação e degradação térmica (MAIA, 2009).

### **2.6.12 Densidade**

De acordo com Maia (2009), neste tipo de ensaio a massa é dividida pelo volume do fluido à uma determinada temperatura. A análise da densidade é fundamental para identificar traços de contaminantes e deterioração do óleo, o que permite ter um controle maior da qualidade do lubrificante e determinar qual seu grau de lubrificação.

### **2.6.13 Acidez**

O ensaio da acidez é realizado em caixas redutoras, motores e turbinas a gás e óleos hidráulicos. O número de acidez total mede os ácidos fracos orgânicos e ácidos fortes inorgânicos presentes no lubrificante. Os óleos são ácidos de natureza, pelo fato de reagirem com o oxigênio, em temperaturas elevadas as reações químicas são maiores podendo provocar aumento da viscosidade (MAIA, 2009).

### **2.6.14 Basicidade**

No ensaio de basicidade, identifica-se a medida de reservas alcalinas que neutralizam os ácidos da combustão e este ensaio ajuda a prevenir desgastes prematuros devido a ineficiência do lubrificante (MAIA, 2009).

### **2.6.15 Teor de água**

A análise do teor de água em lubrificantes é de fundamental importância para a vida útil do óleo, isso porque a contaminação por água é muito comum. As principais formas de contaminação por água são vazamentos de resfriadores, condensação da umidade atmosférica e vazamentos (MAIA, 2009).

A água pode ocasionar vários danos para o sistema como corrosões, ineficiência na lubrificação e degradação do lubrificante. Quando infiltrada em tanques de armazenamento pode acarretar a formação de fungos, bactérias que podem entupir filtros e corroerem os sistemas de lubrificação (MAIA, 2009).

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi descritiva, que de acordo com Figueiredo *et al*, (2014) é onde são descritas as particularidades de um grupo, ou um fato, ou situação (FIGUEIREDO *et al*, 2014).

A técnica utilizada para a realização desta pesquisa, foi a pesquisa documental, que tem como fonte da coleta de dados, documentos (MARCONI, LAKATOS, 2008). Visto que, foram utilizados os documentos da empresa para fundamentar e complementar esta pesquisa.

Como parte do processo foi realizada a análise do óleo lubrificante de duas bombas de vácuo que estão acopladas a uma seladora, o teste foi laboratorial, ou seja, foi retirado duas amostras e enviadas ao laboratório solicitando a análise da ferrografia, basicidade, teor de água, entre outras. A escolha das bombas de vácuo se deu devido a ser um dos equipamentos que mais demandam troca de óleo lubrificante, a empresa conta com aproximadamente dez bombas de vácuo, mas optou-se por utilizar duas como amostra.

Outra técnica utilizada foi a pesquisa bibliográfica, este tipo de pesquisa fundamenta-se em materiais já publicados como artigos, revistas, livros, manuais e meio eletrônico. Este tipo de pesquisa traz ao autor uma perspectiva fundamentada sobre os conceitos que serão elaborados (FIGUEIREDO *et al*, 2014).

A coleta de dados foi através dos documentos a serem utilizados na empresa, como relatórios de hora parada, de manutenção e de troca de óleo. Além da análise documental foi realizada também a análise de amostras de óleo lubrificante.

A análise dos dados foi embasada na metodologia da pesquisa quantitativa. Na qual dados, podendo utilizar cálculos e testes, com resultados que podem ser gráficos e tabelas (FIGUEIREDO *et al*, 2014).

### 4 RESULTADOS DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi realizada a análise do óleo lubrificante de duas bombas de vácuo, ambas do modelo R15, estão localizadas na parte externa do frigorífico, a rede de instalação é uma rede antiga onde há bastante presença de poeira e foligem, devido ao local onde estão localizadas ser perto da caldeira. Essas bombas tem um funcionamento diário de 20h/dia, totalizando 480h/mês e 5760h/ano. Ambas têm aproximadamente quatro anos de funcionamento, a troca do óleo é total, não ocorre reposição de óleo, e segundo o plano de manutenção a troca de óleo sempre ocorreu mensalmente, em 30 dias.

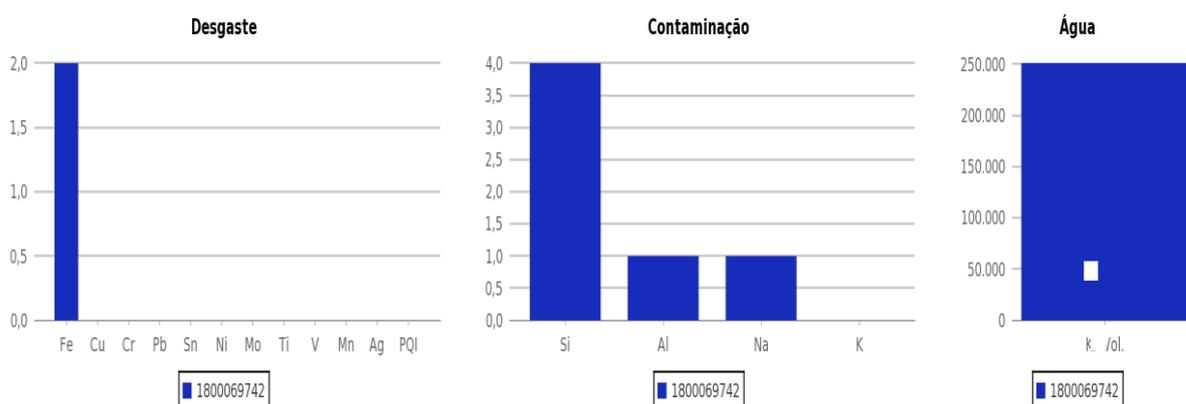
O procedimento para coleta do óleo lubrificante é simples, porém deve-se tomar alguns cuidados, recipientes limpos e apropriados para as amostras, manusear os frascos com luvas para evitar contaminação externa, substituir as luvas a cada amostra colhida.

As amostras foram coletadas em pequenos frascos de vidros pelo próprio lubrificador. O óleo é retirado de dentro do reservatório com uma seringa de vidro e logo após colocado no frasco e lacrado, em seguida a análise é marcada com o número do equipamento para que não houvesse troca de dados após o retorno da amostra em seguida a amostra é encaminhada para o laboratório (POC, 2018).

Foi realizada a análise do óleo lubrificante, a partir de duas amostras retiradas de duas bombas de vácuo acopladas a uma seladora, ou seja, uma seladora com duas bombas. Uma das amostras foi solicitada escopo da análise do motor a combustão, visto que esse era o escopo que melhor contemplava a demanda neste caso e a segunda amostra foi solicitada além do escopo do motor a combustão a ferrografia, visto que dentro as possibilidades do laboratório trabalhado foi o que melhor atendeu a demanda desta pesquisa, este escopo contemplou a análise da basicidade, teor de água, ácidos, teor de sódio, alumínio e ferrografia.

A primeira análise apresentou alto teor de água (aproximadamente 25% de água livre). A viscosidade condiz com um lubrificante ISO VG 100. Deve-se manter atenção neste equipamento devido ao alto teor de água encontrado, visto que a água compromete a estrutura do lubrificante, recomenda-se substituir o óleo imediatamente (POC, 2018).

**Figura 3 - Análise de contaminantes**



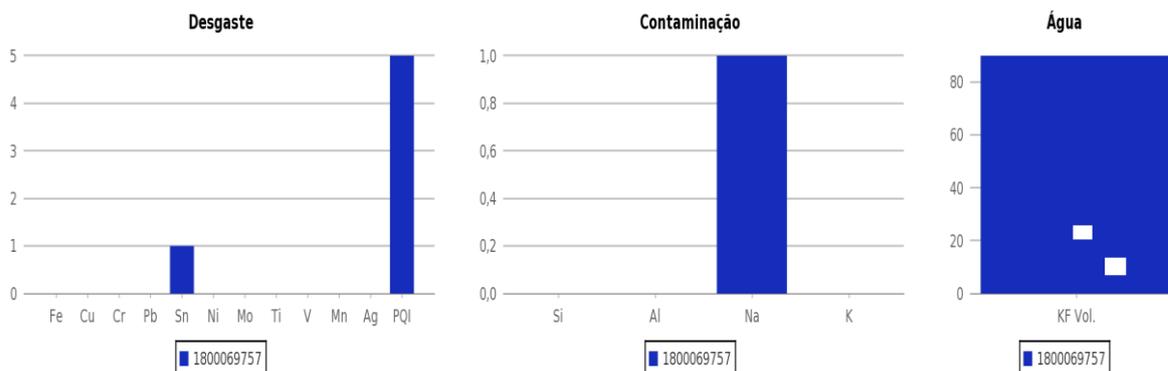
Fonte: (LABORATÓRIO POC, 2018).

Por meio a Figura 3 é possível perceber um alto índice de água encontrada na amostra, ao verificar o processo e por meio da observação, é possível perceber que na hora da higienização das salas de corte não há um cuidado com relação a preservar as bombas de vácuo,

logo estas são expostas a muita água e a água que fica no bocal, quando o equipamento é ligado acaba sendo absorvido, jogando para dentro o que resulta na contaminação exposta por essa imagem.

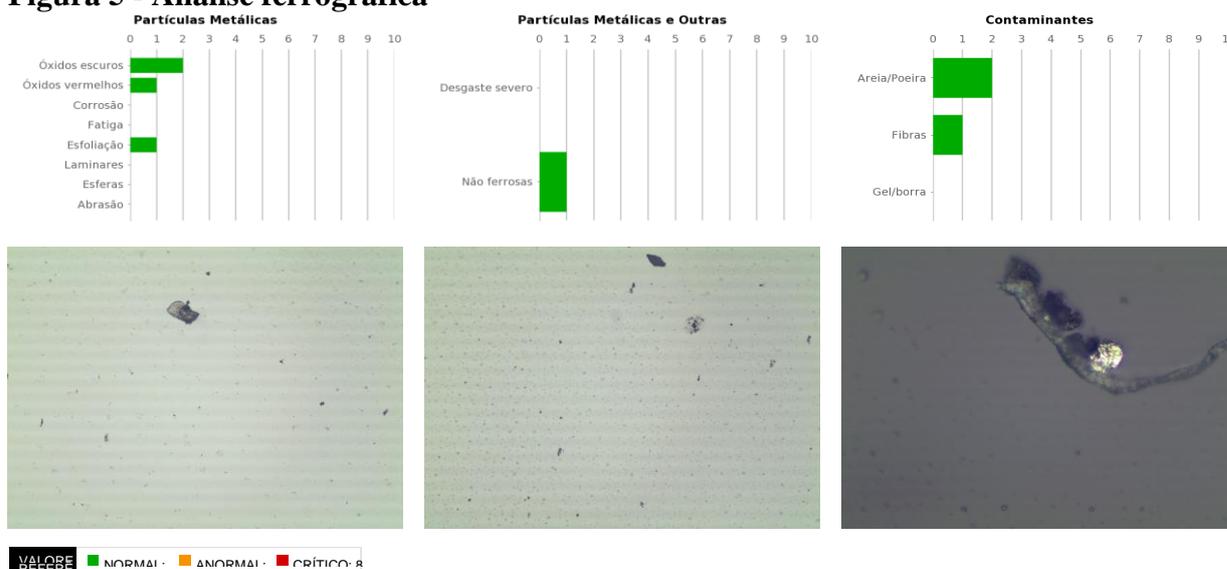
Já, a segunda análise apresentou teor de água bem mais baixo que a primeira amostra. A viscosidade condiz com um lubrificante ISO VG 100. Na ferrografia analítica, destaque para poucas partículas de esfoliação por atrito simples  $< 8\mu\text{m}$  e partículas não ferrosas  $< 12\mu\text{m}$ , além de contaminantes (areia/ poeira, fibras e borra). Os resultados dos ensaios realizados parecem adequados para uma bomba genérica, operando com um lubrificante de viscosidade aproximada de 100 cSt, contudo, adotamos a condição "Atenção", para que sejam correlacionados com as demais técnicas aplicadas a esse equipamento.

**Figura 4 -Análise de contaminantes**



Fonte: (LABORATÓRIO POC, 2018).

**Figura 5 - Análise ferrográfica**



Fonte: (LABORATÓRIO POC, 2018).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A troca de óleo lubrificante dentro de uma indústria é uma das atividades mais importantes devido a seu alto custo, se esta não for realizada de forma correta e eficaz, eleva os custos além do necessário. Com isso foi verificado se este plano de lubrificação estava sendo eficaz ou não, para tal foram analisadas em laboratório duas amostras de óleo retiradas de duas bombas de vácuo acopladas a mesma seladora.

No resultado das análises foram encontrados alto teor de água, decorrente da higienização dos equipamentos, pequenas partículas ferrosas resultante de pequenos desgastes ocorridos entre as engrenagens do equipamento além de contaminantes como poeira e areia, decorrentes do local onde as bombas são instaladas, já a contaminação por alumínio é decorrente do desgaste do casco da bomba, e a contaminação por sódio é decorrente do produto que é beneficiado no equipamento o mesmo é temperado e na hora do processamento pequenas quantidades de sódio são absorvidas pelas bombas.

A partir dos resultados percebeu-se que para poder aumentar o período entre as trocas de óleo é necessário que sejam tomadas algumas atitudes em especial na hora da higienização, que se for mais cuidadosa pode reduzir significativamente a contaminação por água.

Este trabalho propiciou reafirmar a importância da análise do óleo lubrificante no planejamento de manutenção preventiva. Foi possível avaliar o plano de manutenção preventiva, e por meio da análise do óleo, percebeu-se um grande índice de água presente no óleo, o que talvez demande um aprimoramento na forma como está ocorrendo a higienização das máquinas. Podendo assim ampliar o tempo entre as trocas de óleo, diminuindo assim as horas paradas de equipamentos reduzindo o custo do processo.

## REFERÊNCIA

ALVES, Gilmar Ferreira. **Análise de confiabilidade aplicada aos ensaios de óleos lubrificantes para motores de tratores**. Bocatú, 2007. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101760/alves\\_gf\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101760/alves_gf_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 20 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

BARROS, André Vinicius. **Manual do Vácuo**. Atlas Copco: s/l, 1ª ed, 2016. Disponível em: [www.atlascopco.com/vacuou/](http://eficienciaenergetica.atlascopco.com.br/category/vacuou/). Acesso em: 17.set.2017.

CAVALCANTE, Alexandre Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira. Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando Promethee II em situações de incerteza. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.2, mai-ago, 2005, p.279-296.

BOSCH, **Check List Essencial para Manutenção de Bombas de Vácuo r 5 0160 – 0305**, 2009. Disponível em: [www.buschdobrasil.com.br](http://www.buschdobrasil.com.br)>. Acesso em 28 mar. 2017.

ERICKSON, R. W.; TAYLOR, W. V. Jr. **Análise rápida de óleo**. In: NEPOMUCENO, Lauro Xavier. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo: Blucher, 1989.

FIDELIS, Nordana Tonaco Santos et al. O papel da manutenção autônoma no processo de implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico. Fortaleza: **ENGEP**, 2015. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_224\\_27841.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_224_27841.pdf). Acesso em: 03.set.2017.

FIGUEIREDO, Anelice Maria Banhara et al. **Pesquisa científica e trabalhos acadêmicos**. Chapecó: Uceff, 2014.

GAMA, Sergio. **Introdução à ciência e tecnologia de vácuo**. IFGW-Unicamp, s/l, 2002.

HARWOOD, John H.; ALMEIDA, Ronaldo. Bomba acionada por um rotor Savonius submerso. **Acta Amazônica**, 12(3), s/l, 1982, p. 639-648. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59671982000300639&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59671982000300639&script=sci_arttext). Acesso em: 17.set.2017.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009.

KIMURA, Rogério K.; GONÇALVES, Aparecido C.. Uso da técnica de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando-se misturas de biodiesel e diferentes níveis de contaminação do lubrificante. São Paulo: **Repositório UNESP**, 2010. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94523/kimura\\_rk\\_me\\_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94523/kimura_rk_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 24.set.2017.

MACCHIONE, Eduardo Luiz Augusto. **Espectrometria de massa por tempo de voo para análise de macromoléculas**. São Paulo: Instituto de Física – USP, 1998.

MAIA, Júlio César da Costa; DANTAS, Tereza Neuma de Castro. **Monitoramento de lubrificantes através de reações de oxidação**. Natal: DEQ/PRH – ANP/UFRN, 2009. Disponível em: [http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/mono\\_diss\\_teses/monografias\\_de\\_graduacao/juliocesar.pdf](http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/mono_diss_teses/monografias_de_graduacao/juliocesar.pdf). Acesso em: 22.out.2017.

POC Filtros. Relatório da amostra. São Paulo 2018. Disponível em: <https://s360.com.br/amostra/ver?idEntidade=1073986>. Acesso em:

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.