



# Sistema de Filtragem Eletromagnética de Óleos Hidráulicos

**Andrei Diniz Dias**  
**andrei.dias@aedb.br**  
**AEDB-FER**

**Andressa Fernandes da Silva**  
**andressa.silva@aedb.br**  
**AEDB-FER**

**Farney Coutinho Moreira**  
**farney.coutinho@aedb.br**  
**AEDB-FER**

**Resumo:** O projeto consiste no desenvolvimento de um sistema capaz de realizar a filtragem do óleo hidráulico, sendo possível garantir uma sobrevida ao mesmo. Com o desenvolver deste é possível garantir o aumento da vida útil de equipamentos que utilizam sistema de lubrificação quando em operação ou em processo de standby. Podendo citar também a diminuição de custo de operação de uma unidade industrial com o reaproveitamento do lubrificante contaminado. Aliado a este aspecto industrial-econômico é possível estabelecer uma relação ao desenvolvimento tecnológico e o advento da indústria 4.0 que exige uma confiabilidade maior em seus processos. Seguindo estes preceitos, o protótipo em estudo é uma ferramenta, de aspecto acadêmico interessante, pois serve para análise crítica do estudo operacional de equipamentos com fluídos hidráulicos em função do tempo de operação e suas variáveis.

**Palavras Chave:** Filtragem - Óleos - Desenvolvimento - Confiabilidade - Estudo

## 1. INTRODUÇÃO

“Fluidos lubrificantes são produtos utilizados para reduzir o atrito e diminuir o desgaste de partes móveis de motores de automóveis ou equipamentos que necessitem de constante lubrificação” (APROMAC, 2005). Segundo FOX e MCDONALD (2014) fluidos lubrificantes tendem a escoar quando há uma interação com eles, assim sendo, constituem uma substância que se deforma continuamente sob a aplicação de tensão de cisalhamento, não importando a quão pequena ela seja.

Esses produtos estão presentes em quase a totalidade dos equipamentos do setor industrial em pequena ou grande escala, sendo estes usados para diferentes finalidades, seja para a redução de atrito entre partes móveis, seja atuando como um trocador de calor, ou como produto para transferência de força (fundamentada pela Lei de Pascal).

Segundo Carreteiro (2006) os lubrificantes líquidos normalmente são os lubrificantes mais usados no meio da indústria, pelo fato de ter um bom ponto de fluidez. Esse tipo de lubrificante sofre bastante reações externas, como: corrosão, temperatura e contaminantes. Porém são adicionados aditivos que melhoram suas qualidades lubrificantes. Simon (2012) afirma que os lubrificantes líquidos são divididos em três grupos: óleos minerais, óleos graxos e óleos semissintéticos.

Brunetti (2008) expõe que a quantidade de lubrificante deve ser empregada em quantidades adequadas, com as características apropriadas, tendo um acabamento específico das superfícies, das folgas entre as peças e da pressão de contato para que a redução de atrito entre as superfícies seja feita de forma eficaz.

Esses lubrificantes quando em processo de operação apresentam um nível de desgaste por trabalho, e no decorrer, do tempo esse apresenta uma série de variações na sua composição física, sendo assim necessário uma avaliação constante de suas propriedades dependendo do meio de operação. Em sistema mais robustos há uma tolerância maior do nível de contaminação do mesmo, porém em sistemas mais refinados é necessário que se tenha um fluido totalmente límpido e com um aspecto viscoso adequado. Nesse quesito é necessário que o mesmo tenha sempre propriedades adequadas tanto na composição física quanto químicas. Com estas não sendo corretamente seguidas, o equipamento pode apresentar diversos defeitos, quebras e efeitos corrosivos.

Conseqüentemente uma vida útil menor de um produto ou equipamento industrial, demanda da utilização de mais recursos naturais, o que não é adequado do ponto de vista de sustentabilidade ambiental no meio industrial e processos intermitentes de produção e geração de trabalho, sendo assim o Sistema de Filtragem Eletromagnética visa agregar em aspectos econômicos e de cuidado com o meio ambiente, pois evitará o descarte de fluidos precocemente e perdas de produtividade industrial. Outra finalidade adequada para este sistema é no desprender acadêmico, visando a formação consciente de futuros profissionais industriais, sendo de grande aplicação para a visibilidade da degradação do óleo quando em operação, análise metalográfica de forma rápida, comparação de fluidos em nível de contaminação, conscientização ambiental e social, otimização de recursos e entre outros inúmeros fatores possíveis de se analisar.

O projeto consiste no estudo e desenvolvimento de um equipamento capaz de realizar uma filtragem completa de óleo hidráulico em três etapas. Na primeira etapa, o óleo será submetido a uma filtragem por filtro para retirada de impurezas sólidas, na segunda etapa o equipamento fará uma filtragem por evaporação de forma a retirar a umidade do óleo e por

fim, na terceira etapa o óleo será submetido a um campo eletromagnético para retirada de impurezas metálicas.

## **2. ANÁLISE QUANTO AS SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS**

### **2.1 ÓLEOS MINERAIS**

“É um lubrificante derivado do refino do petróleo, beneficiado através do refino. Sua viscosidade é adaptada a temperatura de uso, conseguindo ter uma grande eficiência nos principais pontos necessários para lubrificação.” (SILVA, 2017)

Maia (2009) define em sua monografia que os óleos de origem mineral é um composto de hidrocarbonetos, que dependem do local onde é feito a extração do petróleo, por esse motivo os óleos minerais são classificados em três tipos: óleos minerais parafínicos, óleos minerais naftênico e óleo mineral misto.

### **2.2 ÓLEOS GRAXOS**

Segundo Pauli (1997) os óleos minerais graxos foram os primeiros tipos de lubrificantes utilizados. São provenientes de óleos vegetais como; soja, milho, girassol, mamona e algodão. Carreteiro (2006) afirma que existem também de origem animal como: baleia, sebo bovino e banha de porco. Mas o uso desses lubrificantes foi substituído pelo óleo mineral, mas os óleos graxos podem ser adicionados aos minerais formando os óleos conhecidos como compostos.

### **2.3 OLÉOS SINTÉTICOS**

Os lubrificantes sintéticos, são óleos produzidos por indústrias químicas, usando uma combinação inorgânica e orgânica. Normalmente essas substâncias são os ésteres, glicerina, silicone e resinas. Se comparado aos outros óleos lubrificantes é o que apresenta um melhor desempenho, mas por ter um custo mais elevado o seu uso é restrito. (SILVA, 2017)

De acordo com Simon (2012) óleos lubrificantes sintéticos é um tipo de lubrificante que possuem várias vantagens como: baixo ponto de fluidez, consumo baixo, alta viscosidade, boa resistência a oxidação e mantem suas características mesmo em grandes taxas de trabalho. A grande desvantagem dos óleos sintéticos `o seu alto preço comparado aos óleos minerais.

## **3. PROPRIEDADES DOS ÓLEOS**

Os óleos industriais tem aplicações variadas e para cada qual apresenta uma forma constituinte pré-determinada e que necessitam ser analisadas antes de qualquer aplicação, já que nessa análise que se determina qual o melhor constituinte para operação, que vai atribuir um melhor custo benefício e garantir uma durabilidade maior do equipamento. Dentre essas

características destaca-se o estudo da Densidade do fluido, viscosidade, ponto de fulgor e outras inúmeras dependendo da aplicabilidade.

### **3.1 DENSIDADE**

A densidade está relacionada com a composição de misturas e soluções químicas e com a concentração de sólidos em suspensão na medição de vazão, a densidade é importante como um efeito de inferir a vazão mássica de fluidos compressíveis a partir da vazão volumétrica medida. (ANTONIO, 1997, p.1.12)

Este conceito define os subníveis de aplicação dos óleos hidráulicos e cada nível induz a um patamar de aplicação do mesmo, sendo importante destacar que quanto mais denso for o óleo, uma aplicação mais robusta o mesmo terá dentro de um sistema produtivo.

### **3.2 VAZÃO VOLUMÉTRICA**

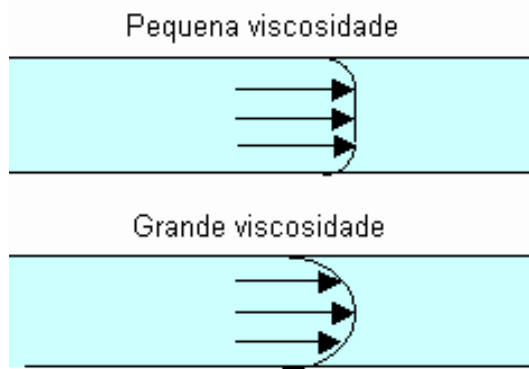
“É igual ao produto da velocidade do fluido pela área da seção transversal da tubulação. A partir da vazão volumétrica ou mássica pode se obter a sua totalização, através da integral da vazão instantânea.” (ANTONIO, 1997, p.7.2)

Esse conceito é importante ao nível de deslocamento de fluido que haverá em um determinado sistema produtivo e como ele irá ter de se comportar, ao exemplo de um projeto de refrigeração utilizando com base o fluxo de óleo para favorecer a troca de calor. Conforme exemplo é importante ter base da velocidade necessária de escoamento para fazer com que o mesmo consiga atingir, de forma altamente eficiente, seu objetivo sem forçar nenhum dos componentes a operar sobre pressão.

### **3.3 VISCOSIDADE:**

Um fluido é definido como uma substância que se deforme continuamente quando submetido a uma tensão. A propriedade viscosidade está relacionada a taxa de deformação deste fluido, podendo ser ainda caracterizada como a resistência ao movimento de fluir (escoar) de um material. Ela é relevante em diversas aplicações na engenharia, entre as quais destacam-se processos de lubrificação, transferência de calor e a potência necessária para o bombeamento de um fluido relacionada a perda de pressão por efeitos dissipativos. (MOTTA, 2012)

A viscosidade é uma propriedade indispensável na análise de fluidos hidráulicos pois irá definir a aplicação adequada e o quão pode ser limitada o ambiente de aplicação do mesmo e as condições de trabalho podem variar em um determinado intervalo de trabalho. Conforme figura 1, é possível notar que a viscosidade está diretamente ligada a forma de escoamento do fluido, ou seja, ao seu perfil de escoamento e nível de aglomeração molecular da estrutura física. Ela é sensível a variação de temperatura e tende alterar em maior ou menor grau, quando haver uma perturbação do seu estado natural e em condições ideais de operação.



**Figura 1:** Viscosidade

**FONTE:** IFRJ

### 3.4 ÍNDICE DE VISCOSIDADE

Ribeiro Filho (2016) define índice de viscosidade como o número que indica a variação da viscosidade conforme o aumento ou a diminuição da temperatura, ou seja, quando ocorrer o aumento da temperatura o óleo tende a perder a viscosidade, e ocorrendo a diminuição de temperatura ocorrerá o aumento da viscosidade.

Na análise do índice de viscosidade, vale salientar, que é uma importante ferramenta no dimensionamento de um sistema de lubrificação, visto que, determinados componentes mecânicos/hidráulicos estão sujeitos a variação de temperatura. Este índice faz com que se tenha uma pré determinação de como tal fluido irá se comportar de acordo com uma variação específica de temperatura, e assim sendo, poder verificar se o mesmo irá se comportar de forma similar com uma temperatura máxima de trabalho e uma temperatura mínima.

### 3.5 PONTO DE FULGOR

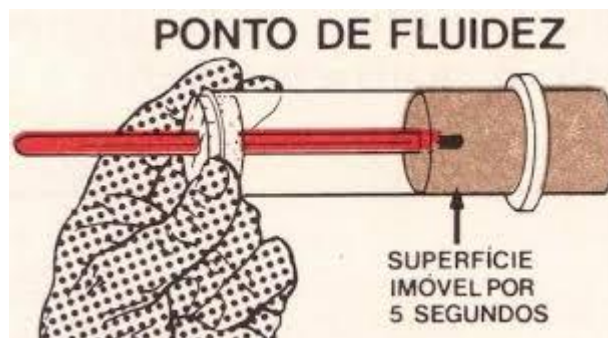
O ponto de fulgor pode ser definido como a menor temperatura na qual o produto gera uma quantidade de vapores que se inflamam quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas. Este parâmetro varia em função do teor de hidrocarbonetos leves existentes no combustível. O ponto de fulgor não é suficiente para que a combustão seja mantida.

O ponto de Fulgor é fundamental no estudo da composição de trabalho de compostos de lubrificantes, já que em algumas aplicações ocorre uma elevação de temperatura ascendente e a qual não pode ocorrer o risco de provocar incêndio dentro de uma zona industrial de operação. Dependendo da aplicação, ele pode trabalhar muito próximo a áreas com chamas controladas, a qual, havendo qualquer perturbação externa pode causar ou gerar uma explosão.

### 3.6 PONTO DE FLUIDEZ

Para Pauli (1997) essa característica deve ser analisada para que quando ocorrer trabalhos em ambientes muito frio, o lubrificante ainda consiga se manter apto para lubrificar.

Em determinadas regiões ocorrem períodos que há temperaturas extremamente baixas e os componentes mecânicos necessitam manter em regime de trabalho. O ponto de fluidez visa estabelecer um parâmetro de operação a um determinado fluido (Figura 2), e assim determinar a qual temperatura mínima o mesmo consegue operar de forma adequada sem que perca suas propriedades. Do contrário não havendo essa análise correta, pode haver a solidificação ou semi solidificação do fluido, impossibilitando assim, a sua aplicabilidade.



**Figura 2** Ponto de Fluidez

FONTE: DEMAC

### 3.7 DEMULSIBILIDADE

Segundo Lobo (2017) a Demulsibilidade pode ser definida como a habilidade de um óleo lubrificante em liberar a água. Esta propriedade é de extrema importância quando o equipamento estiver operando em climas úmidos ou em plantas industriais com processos que exigem muita utilização de água tais como a indústria de produção de papel e celulose, a indústria da laminação do aço, indústrias alimentícias etc.

Esse conceito é interessante se analisar em função das diversas aplicações do óleo hidráulico, e como uma de suas funções dentro de qualquer sistema é garantir que não haja corrosão das partes em trabalho, verifica-se a priori que a umidade é um componente totalmente indesejado em qualquer sistema de lubrificação e deve ser aferidas todas as possibilidades para evitar que haja contato do lubrificante com a água.

Se esse contato de fluídos ocorrer, surge a necessidade da realização de ensaios específicos do teor de umidade do produto e se, confirmado um teor de umidade acima do tolerado, este deverá ser descartado ou deverá passar por um processo de descontaminação e eliminação das partículas de água presentes no mesmo.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu através de sua Resolução 09/93 que o lubrificante usado ou contaminado deve obrigatoriamente ser recolhido e ter destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o meio ambiente, e proíbe quaisquer descartes em solos, águas subterrâneas, no mar e em sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais. Além disso, proíbe a queima e a incineração sem permissão governamental, pois isto representaria a destruição de frações nobres de petróleo que se encontram no lubrificante usado.

Sua utilização está ligada a diversos setores e nos mais variados meios de trabalho, por der um componente com diversas funções em conjuntos mecânico e ou até mesmo dentro da elétrica como isolante em transformadores de alta potência.

#### 4. NORMAS SOBRE DESCARTE DOS ÓLEOS

Os óleos em função da sua aplicabilidade devem seguir normas específicas para garantir sua correta aplicação e funcionalidade do mesmo, diversos fatores são verificados em análise laboratorial, conforme tabela 1, que ilustra as características gerais dos óleos.

**Tabela 1** Características gerais dos óleos

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F100	Óleos de isolamento térmico ou de refrigeração usados. Fluidos dielétricos, equipamentos, materiais e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)	Bifenilas policloradas (PCB)	Tóxico
F130	Óleo lubrificante usado ou contaminado	Não aplicável	Tóxico
F230	Fluido e óleo hidráulico usado	Não aplicável	Tóxico
F330	Óleo de corte e usinagem usado	Não aplicável	Tóxico
F430	Óleos usados em isolamento elétrico, térmico ou de refrigeração	Não aplicável	Tóxico
<p>NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.</p>			

**FONTE:** NBR 10004, 2010

O óleo lubrificante usado é insolúvel, persistente e pode conter produtos químicos tóxicos e metais pesados. O óleo usado é lento para biodegradar e é uma importante fonte de contaminação de hidrovias de petróleo, o que também leva à poluição de fontes de água potável. (SPEIGHT; EXALL,2014).

Conforme apresenta Lwart (2013) o cuidado com fluidos hidráulicos é importante para o desenvolvimento sustentável do país. Se descartado incorretamente, o óleo lubrificante usado torna-se um grande poluidor ambiental:

**ÁGUA:** apenas um litro de óleo lubrificante usado pode contaminar mais de um milhão de litros de água, quantia que uma pessoa leva 14 anos para consumir.

**SOLO:** o óleo lubrificante usado descartado no solo pode contaminar os mananciais de água, recurso natural tão importante à sobrevivência humana.

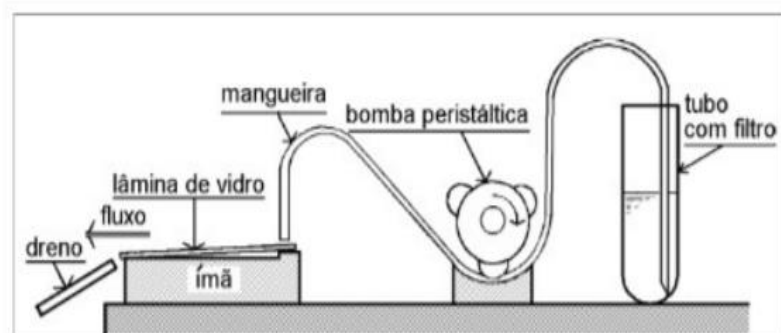
**AR:** a queima indiscriminada do óleo lubrificante usado gera gases tóxicos e pode provocar doenças graves e agravar o efeito estufa.

## 5. DESENVOLVIMENTO FÍSICO

### 5.1 FERROGRAFIA

O termo ferrografia foi introduzido na década de 1970 pelos inventores Seiffert e Westcott que necessitavam na época de uma melhoria da análise de óleo lubrificante dos motores aeronavais. Até então, usava-se o método usual de quantificar a concentração de material particulado, no qual as partículas eram depositadas em filtro de papel e observadas em microscópio. Assim, tornava-se difícil observar a morfologia e as dimensões das partículas. Esta é uma técnica de monitoramento e diagnose que auxilia na determinação da severidade, modos e tipos de desgastes em máquinas, que influenciam na tomada de decisões quanto ao tipo e a urgência de intervenção da manutenção. (KIMURA- UNESP 2010 PAG 66)

Na figura 3 ilustra-se um esquema de ferrógrafo, este preceito visa, além de uma forma de verificar a qualidade do fluido, pode ser usado, com melhorias pontuais, ser um equipamento de melhoria da condição física do mesmo.



**Figura 3** Esquema de ferrógrafo

**FONTE:** Essel

#### 5.1.1 FORMA CONSTRUTIVA

A construção de um ferrógrafo tem como adjunto principal o campo magnético gerado na superfície inferior, de onde, ocorre o escoamento do fluido. Adjacente ao processo de escoamento, o campo magnético gerado pelo ímã deve apresentar intensidade de força adequados a vazão da substância de estudo e, a qual deve constituir-se de um regime laminar.

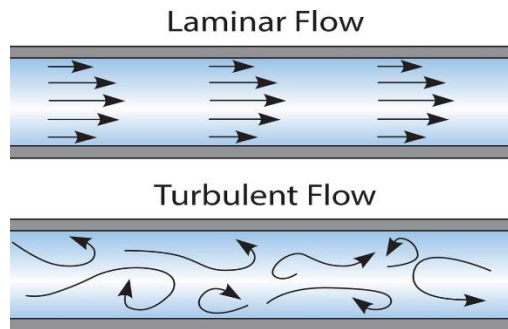
#### 5.1.2 ESCOAMENTO LAMINAR

Conforme FOX E McDONALD (2014), um fluido em escoamento laminar é aquele em que suas partículas movimentam em camadas lisas ou lâminas.

A principal fundamentação para a busca de um escoamento de regime laminar é o fato de que necessitamos do máximo aproveitamento do sistema, e o mesmo quando se apresenta em uma fina camada com uma velocidade de escoamento estável, facilita a remoção de qualquer partícula indesejável. Se houver um escoamento de regime turbulento, conforme



figura 4, é provável uma ineficiência do sistema, pois há a despadronização da forma do escoamento que prejudicaria o processo.



**Figura 4** Escoamento Laminar x Turbulento

**FONTE:** Alertdiver

## 5.2 AQUECEDOR INDUTIVO

O sistema de aquecimento indutivo visa uma solução simples para o aquecimento de materiais ferromagnéticos com base em um circuito eletrônico e a utilização de uma fonte de corrente, este sistema trabalha com conceitos de eletromagnetismo.

Ele funciona basicamente com a aplicação de uma corrente a um circuito formado por MOSFETS, resistores e como elemento chave um conjunto de capacitores em série ligados ao circuito. O circuito tem duas bobinas de operação sendo uma principal onde haverá toda parte relacionada ao trabalho eletromagnético e uma secundária que tem a finalidade básica de potencializar o campo magnético gerado pelo circuito. Com o mesmo é possível fazer-se aquecimento de um tubo metálico e este, pelos fenômenos termodinâmicos, transferir calor para o corpo de menor temperatura, que no sistema em estudo, será o fluido hidráulico.

Através de análise experimental foi possível o desenvolvimento do sistema e com a aplicação de uma corrente elevada e proporcional a capacidade do circuito atingir altas temperaturas, e com a regulagem da corrente de entrada é possível determinar a qual temperatura o fluido deverá estar, com essa regulagem é possível garantir a eficiência do processo.

Também, vale destacar, a possibilidade da automatização deste processo, com a utilização de eletroválvulas e sensores interligados para que não se tenha perdas de energia no processo. Assim sendo, é possível a instalação periférica de um sensor de temperatura junto ao sistema e ao se atingir essa temperatura, temporizando um tempo na mesma, a válvula de saída é aberta e a corrente de trabalho automaticamente é desligada, garantindo assim um nível de eficiência energética ideal para o processo.

## 6. SISTEMA DE FILTRAGEM MAGNÉTICA

Quando analisamos sistemas de lubrificação de equipamentos utilizados nas indústrias ou para outros fins verificamos a alta probabilidade de após um determinado instante de operação ou horas de uso ele apresenta uma progressão aritmética percentual no seu nível de contaminação sendo esse fator determinante para a durabilidade do equipamento.

Visando a problematização encontrada com a utilização de fluidos de trabalhos contaminados surgiu a possibilidade da construção de um sistema capaz de melhorar a condição de trabalho e funcionamento de máquinas.

## 6.1 DIMENSIONAMENTO FÍSICO

A filtragem eletromagnética de óleos hidráulicos é constituída de quatro etapas principais de processo, sendo elas: Filtragem primária, Aquecimento controlado para remoção de umidade, Ferrógrafo (descontaminação sólida) e Filtragem final com material específico.

**Filtragem primária:** Consiste do processo inicial onde o fluido armazenado começa a escoar com uma vazão relativamente baixa e haverá um filtro por onde será feita a retirada dos contaminantes mais grosseiros presentes. Após haverá o início do processo em si e este filtro terá uma fácil remoção, pois neste que ficarão retidos os contaminantes principais e assim sendo é necessária uma fácil limpeza do mesmo após cada processo. Depois de passar nesta etapa o fluido segue seu fluxo por ação da gravidade (há um desnível calculado de caimento).

**Aquecimento controlado:** Nesta seção o fluido ficará estocado em um reservatório fechado no qual haverá em seu interior um aquecedor indutivo, o qual estará dimensionado para o aquecimento até uma temperatura de aproximadamente 100°C em um intervalo relativamente rápido de tempo, afim de não se alterar as propriedades de composição do fluido. Este processo é realizado para remover o máximo de umidade que possa estar presente, e assim, fazer com que possa contribuir para que o mesmo possa ser reutilizado no seu sistema matriz de aplicação. Após esta etapa o fluido é direcionado a um sistema de resfriamento (trocador de calor).

Os trocadores de calor são dispositivos que facilitam a troca de calor entre dois fluidos que se encontram em diferentes temperaturas, evitando a mistura de um com outro. Os trocadores de calor são usados, na prática, em uma ampla gama de aplicações, desde sistemas de aquecimento e ar condicionado domésticos a processos químicos e produção de potência em grandes usinas. A transferência de calor em um trocador de calor geralmente envolve convecção em cada fluido e condução através da parede que separa os dois fluidos. (ÇENGEL E GHAJAR, 2011, p. 629)

Em nosso projeto este tem a finalidade direta de resfriar o fluido o mais rápido possível, para que o mesmo possa estar em uma temperatura ambiente ao final do processo, e evitando assim, que ele chegue ao final do processo aquecido.

**Descontaminação Sólida:** Esse tipo de descontaminação visa remover qualquer tipo de partícula sólida com a indução de um campo magnético de alta intensidade, sob a camada laminar de óleo que escoar sobre uma chapa fina de acrílico.

**Filtragem Final:** Nesta etapa, é finalizado o processo de filtragem e o óleo é direcionado a um filtro de microfiltragem para a remoção de qualquer outra impureza.

## 6.2 CAPACIDADE PRODUTIVA DO PROTÓTIPO

O Protótipo desenvolvido terá uma capacidade nominal para filtragem de 2l em seu reservatório na sua etapa inicial de processo (reservatório superior), após o sistema entrar em

operação há um controle de etapas afim de que se obtenha o máximo de eficiência no processo como um todo, havendo válvulas de controle entre as etapas para que o fluido fique confinado em um determinada etapa, evitando assim o consumo desnecessário de energia.

Destaca-se que nesse processo todas as etapas seguem a mesma lógica de processamento, saindo de um reservatório inicial passando por todas etapas e terminando estocado em um reservatório adequado e devidamente limpo e livre de contaminações

### **6.3 FERROGRAFIA E REMOÇÃO DE PARTÍCULAS SÓLIDAS**

O nosso protótipo, tem como fundamento o uso do princípio do primeiro dispositivo de ferrografia desenvolvido pelos inventores Seiffert e Westcott, porém com o objetivo principal de remover formas de partículas magnéticas presentes no fluido em processo de filtragem.

Ele constitui basicamente de uma placa de acrílico, posicionada em um ângulo entre 2 ou 3° no máximo para que o escoamento seja com uma baixa velocidade e favoreça a remoção das partículas, por onde escoo o fluido contaminado que flui através de um difusor preparado para a descarga de uma camada fina sobre a chapa.

Junto a este sistema, encontra-se abaixo da chapa de acrílico um eletroímã de média/alta intensidade, que quando ligado a uma fonte irá gerar um campo magnético, gerando uma força magnética de atração junto ao seu polo central de atuação, neste processo e enquanto o eletroímã permanecer ativo, as partículas sólidas irão ficar presas sobre a chapa de acrílico fazendo assim uma limpeza específica e também sendo útil para a verificação do nível de contaminação do fluido naquele estágio.

### **6.4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE FILTRAGEM**

O sistema de filtragem magnética funciona de forma simples, visando a máxima eficiência e otimização de recursos e com baixo custo operacional. tem sua operação de forma limpa, utilizando como energia de movimento do fluido a ação da gravidade e através de válvulas gavetas se faz o controle do estágio em que irá ocorrer a operação.

O sistema utiliza de um reservatório superior na qual se encontra o elemento contaminado e através de uma válvula que é aberta o fluido contaminado escoo por através de um primeiro filtro para a retirada dos elementos maiores. Por efeito de gravidade o mesmo segue o processo, e vai para um ambiente fechado no qual se tem um aquecedor indutivo sob um tubo, o fluido em contato com o tubo aquecido, eleva a sua temperatura e com a utilização de um potenciômetro faz se a regulagem de acordo com a quantidade de fluido pré estabelecida para que o mesmo aqueça a uma temperatura aproximada de 100°C.

Após esse processo de aquecimento, uma válvula é aberta e o mesmo segue por um sistema de “trocador de calor” onde voltará a sua temperatura ambiente e seguirá para o setor de magnetização de partículas ferrosas, na qual haverá um pequeno orifício, para redução de vazão e logo após um difusor, para a propagação laminar do fluido sobre uma placa de acrílico, na qual, com a ação do eletroímã, ficarão retidas as partículas férricas presentes.

Seguindo o processo o fluido irá passar por uma microfiltração, na qual, após o fluido irá para um reservatório e estará apto ao uso com eficiência e qualidade adequada ao processo.

Vale ressaltar, que um dos focos neste sistema, é o desenvolvimento ambiental, e tem-se toda a construção baseada na otimização de recursos e maximização de resultados.

## **7. CONCLUSÃO**

Levando-se em conta o que foi apresentado ao decorrer do desenvolvimento desta breve dissertação e com as pesquisas efetuadas para realização da parte de fundamentação teórica, é possível compreender a importância de trabalhar com equipamentos utilizando lubrificantes de alta qualidade e com propriedades adequadas ao equipamento, visando à máxima eficiência de sua aplicabilidade, sendo assim, aumentando a vida útil do mesmo.

Portanto, conclui-se que com o desenvolvimento do equipamento de filtração eletromagnética de óleo hidráulico, pode-se garantir a utilização de lubrificantes por mais tempo e equipamentos funcionando com melhor desempenho, gerando assim, um aumento da economia de recursos e a redução do descarte de óleos hidráulicos, visto que, o mesmo causa grandes impactos ao meio ambiente.

O artigo apresentado é parte integrante de um trabalho de Conclusão de Curso de engenharia, que está sendo desenvolvido com base em um estudo de caso dentro da área industrial. Está em processo de desenvolvimento e os resultados completos serão apresentados ao final do ano, com a montagem do protótipo e todos os cálculos de base de funcionamento e de operação estarão concluídos, e assim sendo, teremos os resultados finais de funcionalidade e eficiência do protótipo.

## 8. REFERÊNCIAS

**ANTONIO, MARCO RIBEIRO**, Medição de Vazão: Fundamentos e aplicações, 5º edição, Tek Treinamento e consultoria, 1997.

**ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CIANORTE**, Gerenciamento de óleos Lubrificantes Usados e Contaminados, 2005.

**BRUNETTI, FRANCO**. Motores de combustão interna. V. 2. São Paulo. Blucher, 2012. 554 p.

**CARRETEIRO, RONALD P; BELMIRO, PEDRO NELSON A**. Lubrificantes e lubrificação industrial. 1.ed. Rio de Janeiro. Interciência, 2006. 504 p.

**ÇENGEL, YUNUS; GHAJAR, AFSHIN**. Transferência de calor e massa uma abordagem prática. 4º edição, 2011.

**CONAMA, ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CIANORTE**, Gerenciamento de óleos Lubrificantes Usados e Contaminados, 2005.

**FOX; McDONALD; PRITCHARD**, Introdução a mecânica dos fluidos. 8ª Edição. LTC, 2014.

**KIMURA, ROGERIO**, “Uso da Técnica de Análise de Óleo Lubrificante em Motores Diesel Estacionários, Utilizando-se Misturas de Biodiesel e Diferentes Níveis de Contaminação do Lubrificante”, UNESP – 2010

**LOBO, MARCOS**, “A importância da demulsibilidade no desempenho dos óleos lubrificantes” UNICAMP, 2017.

**LWART LUBRIFICANTES**, Por que o Rerrefino? 2013, disponível em: [http://www.lwart.com.br/site/content/lubrificantes/terrefino\\_o\\_rerrefino.asp](http://www.lwart.com.br/site/content/lubrificantes/terrefino_o_rerrefino.asp), Acesso em 23/05/2019 às 20:37hr.

**MAIA, JÚLIO CESAR DA COSTA**. Monitoramento de lubrificantes através de reações de oxidação. 2009. Monografia (Graduação Engenharia Ambiental) – Engenharia de Petróleo e Gás Natural, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

**MOTTA, FRANCIANE DE CAMPOS**. Caracterização da condutividade térmica, viscosidade dinâmica e ângulo de contato de nano fluidos baseados em partículas de alumina-gama em água. p.45. São Carlos, 2012.

**PAULI, EVANDRO ARMINI; ULIANA, FERNANDO SAULO**. Lubrificação mecânica. Vitória. Senai, 1997. 98 p.

**RIBEIRO FILHO, PAULO ROBERTO CAMPOS**. Propriedades físicas de óleos minerais e vegetais e avaliação por desgaste por four ball. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Curitiba, v.5, p. 154 – 163, ago. 2016.

**SILVA, WELLINGTON PEREIRA**. Lubrificação de equipamentos industriais. Faculdade Pitágoras. Poços de Caldas, 2017.

**SIMON, C TUNG; GEORGE, E TOTTEN**. Lubrificantes e testes automotivos. São Paulo. SAE International, 2012. 518 p.

**SPEIGHT, J. G.; EXALL, D. I**. Refining Used Lubricating Oils. Nova Iorque: CRC Press, 2014.