

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA.1/2020

BRUNO DOS SANTOS CRISOSTOMO

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO NOS SISTEMAS
HIDRÁULICOS**

RIO DE JANEIRO
2020

BRUNO DOS SANTOS CRISOSTOMO

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO NOS SISTEMAS
HIDRÁULICOS**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.
Orientador: Mello, Aristóteles de.

RIO DE JANEIRO

2020

BRUNO DOS SANTOS CRISOSTOMO

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA CONTAMINAÇÃO NOS SISTEMAS
HIDRÁULICOS**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: 27/11/2020

Orientador: OSM/Eng. Petr. Mello, Aristóteles de


Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: 9,5


Assinatura do Aluno

Gostaria de dedicar esse trabalho ao meu Deus. Isso porque mesmo diante de todas as incertezas a respeito do término desse prestigiado curso, a promessa que Ele me fez um dia, se cumpriu. Por isso digo: - Toda honra e toda glória seja dada ao meu Deus.

Dedico este trabalho inicialmente a minha esposa, Gislainy, pois sem ela não teria forças para essa longa jornada. A minha família, por me apoiar, suportar minhas ausências e sempre acreditar no meu sucesso.

RESUMO

O presente trabalho tem a propósito de descrever brevemente as causas e consequências que as contaminações podem causar em um sistema hidráulico, bem como exemplificar as boas práticas do seu correto manuseio afim de evitar esse acontecimento. Para isso, foi descrito uma citação teórica a respeito dos agentes contaminantes, para informar como essas intempéries adentram no sistema, as consequências danosas deles aos maquinários e toda a cadeia dependente desse sistema. Por fim, destaco, baseado em cartilhas de produtos desenvolvidos por empresas produtoras e distribuidoras de produtos relacionados a sistemas hidráulicos, as diversas formas e ferramentas que podem ser utilizadas para o alongamento da vida útil desses fluidos e de todos os equipamentos a esses relacionados. Mantendo um padrão de qualidade requisitado hoje pela indústria.

Palavras-chave: Óleo Hidráulico. Agentes contaminantes. Sistemas de filtragem. Custo-benefício.

ABSTRACT

The present work has the purpose to quickly describe the causes and consequences that the contaminations can cause in a hydraulic system, as well as to exemplify the good practices from your correct handling to avoid these happening. For this, it was developed one theoretical quotation about this contamination agents, to inform how the particles get inside to the system, the harmful consequences from them in the equipments and all the subsequential steps depended from this system. In the end, I emphasize, based on one list of products developed from companies which produces and distributes the related products to hydraulic systems, the different forms and tools that can be used to along the life span from these fluids and all the related equipment. That way, it will maintain a required standard and quality belonging to the present industry.

Keywords: Hydraulic oil. Contaminant agents. Filtration system. Cost benefit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES/FIGURAS

Figura 1:	Pistão hidráulico	13
Figura 2:	Princípio de funcionamento do pistão hidráulico	15
Figura 3:	Películas de óleo Lubrificante	16
Figura 4:	Trabalho hidráulico em baixas temperaturas	18
Figura 5:	Mooring Winch onboard	21
Figura 6:	Trabalho hidráulico em agricultura	21
Figura 7:	Mistura água óleo	23
Figura 8:	Espuma na superfície do óleo	24
Figura 9:	Partículas metálicas vista a olho nu	25
Figura 10:	Partículas contaminantes em visão microscópica	26
Figura 11:	Válvula de controle suja	28
Figura 12:	Purificadores	30
Figura 13:	Filtros	30
Figura 14:	Suporte para Barris	31
Figura 15:	Kit de análise	32
Figura 16:	Exemplar de ficha de preenchimento para análise	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Curva de viscosidade pela temperatura	19
Tabela 2:	Tabela de viscosidade pela temperatura	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIAGA	Centro de Instrução Almirante Graça Aranha
EFOMM	Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante
STCW	<i>International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers</i>
IMDG	<i>International Maritime Dangerous Goods Code</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CPP	<i>Control pitch propeller</i>
cST	<i>Centistoke</i>
TFIC	<i>Fluids in ico conditions</i>
PPM	Partícula por milhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OLEO HIDRÁULICO	13
2.1	Definição de Óleo Hidráulico	13
2.2	Funcionalidades dos Óleos Hidráulicos	14
2.2.1	Transmissão de Energia	14
2.2.2	Película Lubrificante	15
2.2.3	Transmissão de Calor	16
2.3	Principais propriedades e aditivos dos Óleos Hidráulicos	17
2.3.1	Óleo Hidráulico para Inverno	18
2.3.2	Óleo Hidráulico para trabalhos em altas temperaturas	19
2.3.3	Óleo Hidráulico para atividades pesadas	20
2.3.4	Óleo Hidráulico biodegradável	21
2.4	Contaminação nos Sistemas Hidráulicos	22
2.4.1	Agentes Contaminantes	23
2.4.2	Formas de Contaminação	25
2.4.3	Sinais do aumento de intempéries no Óleo Hidráulico	27
2.4.4	Problemas provindos da Contaminação	27
2.5	Ferramentas de Controle da Qualidade e Contaminação	29
2.5.1	Filtragem	30
2.5.2	Boas práticas de armazenamento a bordo	30
2.5.3	Análise a bordo	32
3	CONCLUSÃO	35
	REFERENCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria e diversos setores de serviço público ou privado, incluído os relacionados a serviços de: distribuição de água, esgoto, eletricidade, gás natural e comunicações; utilizam direto ou indiretamente dos benéfico dos equipamentos hidráulicos.

Essas máquinas são utilizadas com um certo grau de precisão e eficiência, demandando delas alto grau de produtividade, além de segurança e confiabilidade. O que faz com que os fluidos hidráulicos se encaixem facilmente nessas qualidades, sendo hoje a principal fonte de transmissão e força mecânica. O mundo hidráulico não se limita somente a uma força compacta, mas também a uma força: confiável, controlável é extremamente seguro. Se não fosse assim, não se se encontraria um grande número de máquinas hidráulicas em rodovias públicas, construção de prédios e casas, siderurgias e nas embarcações de forma geral (<https://www.mobilehydraulictips.com/utilities-up-in-the-air-safely-with-hydraulics/>).

Um dos principais motivos para a escolha em alta escola pelo homem para com os fluidos hidráulicos, é a capacidade de facilmente controlar, através de válvulas de controle hidráulico a razão do seu respectivo fluxo, podendo esse ser: mensurado, acelerado, parado e até mesmo instantaneamente revertido em seus movimentos internos dentro do sistema.

É sabido também, que mantendo o óleo hidráulico dentro de certos padrões de pureza, o motor, por exemplo, terá sua vida estendida de 2 a 3 vezes e que ao manter o óleo limpo e seco, a vida dos componentes críticos sujeitos a desgastes em equipamentos de rotação e hidráulica também pode ser aumentada de forma significativa, minimizando o tempo de paradas.

Por outro lado, o excesso de contaminação pode causar determinados prejuízos econômicos provindos de: perda de produção por paradas das máquinas, custos elevados em reposição de componentes, troca frequente do fluido hidráulico, aumento dos custos de manutenção geral e aumento do desperdício provindo do constante descarte do fluido.

Então, percebe-se a importância que se deve dar para com a pureza desse óleo, o que faz esse estudo se direcionar ao conhecimento que envolve os danos causados por essas intempéries.

2 ÓLEO HIDRÁULICO

2.1 Definição de Óleo Hidráulico

Os fluidos hidráulicos, também chamado de líquidos hidráulicos, são um grande grupo de fluidos usados principalmente como o meio de transmissão de energia, onde qualquer equipamento ou dispositivos que possuam um sistema hidráulico poderá transmitir essa energia e força. Tem-se como exemplo de máquinas hidráulicas: freios hidráulicos, guinchos de forma geral, direção assistida, movimentação das pás do propulsor (*control pitch propeller*), molinetes, bombas de cargas em escala industrial e etc.

Figura 1: Pistão hidráulico



Fonte: <https://pin.it/7c5IBSL>

Os fluidos hidráulicos são divididos em três categorias: os compostos sintéticos, óleo mineral, água e misturas baseadas em soluções e emulsões aquosas; sendo que independentemente de sua composição e propriedades em diversas temperaturas, a sua característica mais importante é a baixa compressibilidade.

Atualmente, a maioria dos óleos hidráulicos produzidos são a base mineral ou sintético, onde a principal diferença está na base de produção do óleo mineral, que é derivado do fracionamento do petróleo cru, enquanto o sintético é produzido a base de fluidos químicos.

Sabe-se ainda que os óleos sintéticos podem ser formulados para oferecer propriedades físicas superiores em comparação com os óleos minerais, tendo como exemplo: maior resistência a altas temperaturas, biodegradabilidade e superior resistência a oxidação. Todas essas características irão direcionar o uso dos óleos sintéticos para determinados setores que maior precisam dessas qualidades.

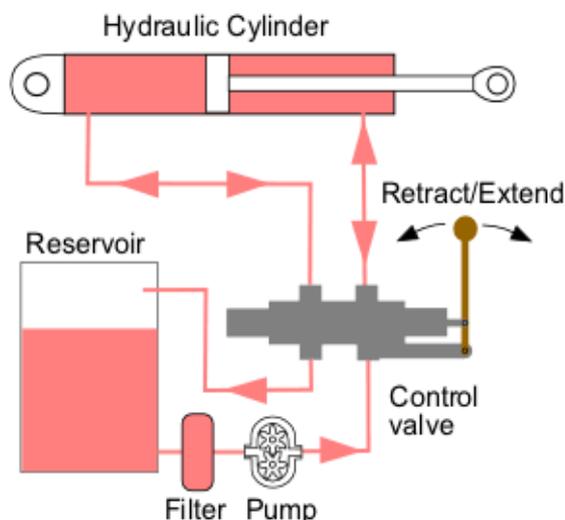
2.2 Funcionalidades dos Óleos Hidráulicos

O Óleo Hidráulico tem como funcionalidade: atuar como um meio de transmissão de energia, lubrificar as partes móveis internas dos componentes hidráulicos, atuar como um meio trocador de calor e preencher a folga dos componentes hidráulicos. A seguir será mais bem explicado essas principais funções.

2.2.1 Transmissão de Energia

Isso acontece quando uma força externa, utilizando de diversas formas de energia, é aplicada em um fluido hidráulico incompressível, usualmente de um pistão dentro de um cilindro ou rotores dentro de um bloco. Fazendo com que esse óleo seja empurrado pelo sistema e finalmente transfira essa energia para uma outra parte dele, tendo como resultado final a movimentação linear ou rotatória daquela parte em específico.

Figura 2: Princípio de funcionamento do pistão hidráulico



Fonte: <https://images.app.goo.gl/1gZC4hnSCxxJbHqE6>

2.2.2 Película Lubrificante

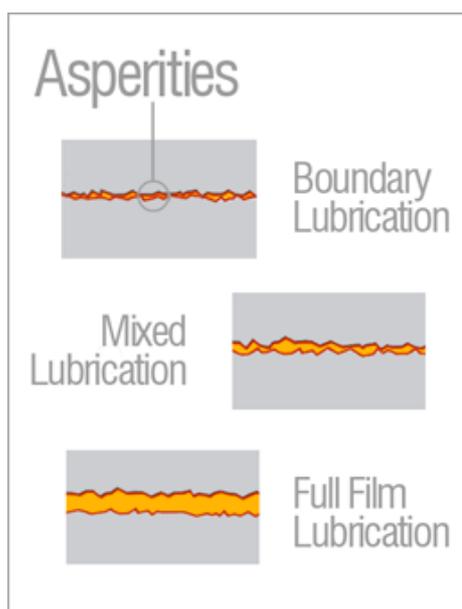
Película Lubrificante Protetora, é a película responsável por manter um preciso distanciamento entre partes internas de um equipamento hidráulico. Para que haja essa formação entre as superfícies das partes sólidas, o óleo terá que apresentar a característica de adesividade, o que influenciara na adesão a essas. E para evitar o rompimento dessa camada protetora, uma outra característica também será requisitada, no caso a coesão. Essa força de atração entra as moléculas terá que suportar todo o estresse a esse imposto. Dessa forma, esse distanciamento protegerá as partes internas contra várias formas de atrito e futuros desgastes, provindo de abrasão e diversas formas de fricção.

A espessura, firmeza, e incompressibilidade dessa película está diretamente relacionado a viscosidade do óleo hidráulico, que vem da dificuldade que um fluido tem de escoar. Além disso, deve-se considerar também a carga aplicada no sistema e velocidade relativa entre as partes internas.

Um fato importante, é que se as partículas contaminantes são maiores que esse distanciamento entre as superfícies, diferentes formas de atrito muito

provavelmente irão acontecer, e as consequências dessas interferências indesejadas serão de forma genérica: aumento da rugosidade das superfícies, lentidão nos movimentos, produção desenfreada de impurezas, diversos danos e a produção de mais contaminantes.

Figura 3: Películas de óleo Lubrificante



Fonte: <https://www.machinerylubrication.com/Read/28766/what-is-lubrication>

2.2.3 Transmissão de Calor

Como o fluido hidráulico está em contato constante com todas as partes internas do sistema por ele percorrido, tem a importante tarefa de absorver, por condução, o calor presentes nas diversas peças do ambiente, eliminando-o no trocador de calor. Toda essa transmissão irá depender se diversos fatores, tais como: fórmula química do óleo hidráulico, tempo de contato do fluido com as partes internas, estrutura metálica das partes internas, tamanho do trocador de calor, temperatura do fluido refrigerante e etc.

2.3 Principais propriedades e aditivos dos óleos hidráulicos

Os óleos hidráulicos são cuidadosamente formulados para atender áreas específicas, requisitando desses a adição de um conjunto de compostos químicos (aditivos) para melhor atender todas as suas demandas. Esses aditivos consistem em compostos químicos designados para proteger, por exemplo: o estoque básico, componentes do sistema hidráulico e assegurar a requisitada performance do sistema. Dentre esses aditivos, pode-se citar: éster, glicol, silicone, éter etc. Dependendo do seu destino, pode-se fazer um *blend* de diferentes aditivos e outros compostos químicos para agrupamento de diversas propriedades.

As principais características desses aditivos são: serem dispersantes, detergentes, antioxidante, anticorrosivo, anti-desgastante, anti-espumante, agentes de extrema pressão e aperfeiçoadores de viscosidade-índice.

Tendo todos esses compostos incluídos na fórmula dos óleos hidráulicos, esses terão as propriedades e características que são de vital importância para atender a demanda operacional do seu respectivo sistema. Então, para um óleo hidráulico ser usado, ele terá que atender as seguintes propriedades:

- a) Incompressibilidade;
- b) Estabilidade térmica dentro de um intervalo de temperaturas;
- c) Resistência ao fogo;
- d) Incorrosível;
- e) Anti-desgastante;
- f) Baixa tendência de cavitação;
- g) Tolerância a contaminação pela água;
- h) Total rejeição contra água;
- i) Viscosidade constante, independentemente da temperatura;
- j) Calor específico constante;
- k) Baixo grau de degradação molecular;
- l) Aumento da vida útil dos equipamentos;
- m) Bom custo benefício;

Somente poucos fluidos se enquadram perfeitamente nos critérios citados acima. Entretanto, existe uma relevante faixa de óleos hidráulicos que são especializados em algumas propriedades mencionadas que, juntas, irão atender determinadas condições de operações requisitadas por diferentes segmentos industriais. Essas condições podem variar de uma faixa operacional de baixas à altas temperaturas, altos níveis de esforço à níveis razoáveis, diversidade de velocidades à movimentos mais constantes, áreas de atuação com forte restrição contra poluição e diversas outras.

Tem-se abaixo, uma lista do uso comum dos óleos hidráulicos, bem como o tipo de aditivo utilizado para manter a performance no nível requisitado:

2.3.1 Óleo hidráulico para inverno

Para algumas localidades mais frias, chegando a níveis de temperatura abaixo de zero, tem-se que evitar o aumento da viscosidade ao ponto de haver o congelamento do fluido hidráulico durante o seu repouso ou enquanto está sendo utilizado no sistema, sendo exigido a adição do aditivo ante congelamento. Esses aditivos têm uma composição química que irá induzir à diminuição da viscosidade em baixas temperaturas, dificultando a formação de estruturas cristalinas e o futuro congelamento.

Figura 4: Trabalho hidráulico em baixas temperaturas



Fonte: <https://pin.it/6K5GQkV>

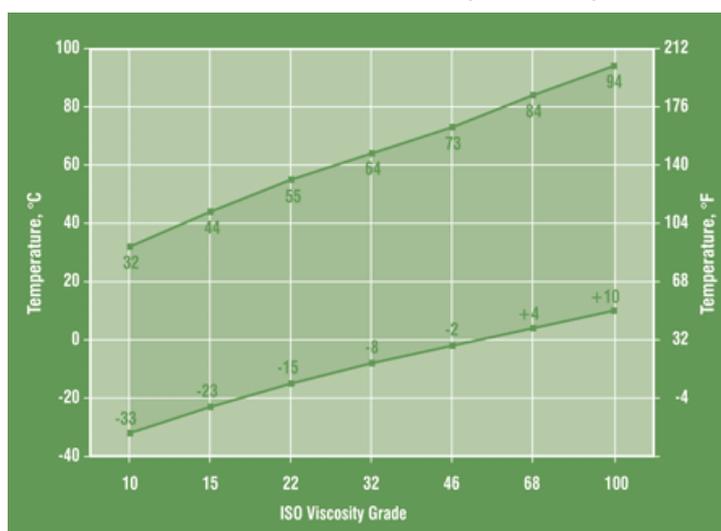
Esses óleos hidráulicos de baixas temperaturas, são comumente conhecidos como: FIC (*Fluids in ice conditions*) e estão fortemente presentes em locais com exposição térmica a níveis antárticos e áreas de atuação que expõem o maquinário a fortes variações térmicas negativas.

2.3.2 Óleo hidráulico para trabalho em altas temperaturas

Sob altas temperaturas, os óleos se tornam menos viscosos e fluem com maior facilidade, o que pode acarretar maiores vazamentos ou perda de propriedades. Então, para os fluidos hidráulicos que são expostos à altas temperaturas, são incrementados aditivos na forma desse fluido para reter essa viscosidade, permitindo que esse trabalhe dentro de uma faixa de temperatura sem a perda de características demandadas.

A viscosidade do fluido hidráulico é mensurada em *Centistokes* (cSt) e usualmente em temperaturas de 40°C à 100°C. O valor medido sempre será a temperatura próximo ao mesmo, caso contrário, ter-se-ia resultados inexpressivos.

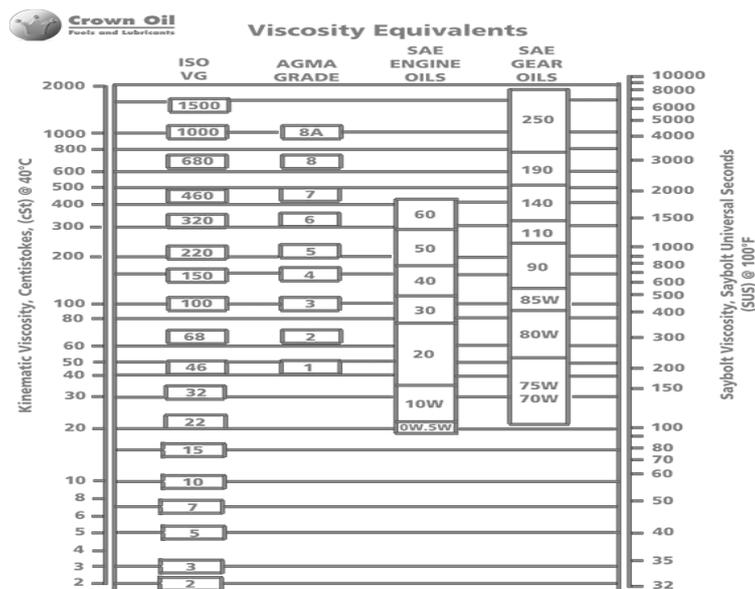
Tabela 1: Curva de viscosidade pela temperatura



Fonte 1: <https://buysinopec.com/blogs/news/iso-32-46-68-100-hydraulic-oil-temperature-range-hydraulic-oil-specification-chart>

Sabe-se ainda, que a incorreta escolha de viscosidade do óleo hidráulico para determinado fim, poderá causar danos aos equipamentos hidráulicos e baixos resultados de produtividade para a atividade escolhida. Essa viscosidade é mensurada em laboratório utilizando a seguinte tabela.

Tabela 2: Tabela de viscosidade pela temperatura

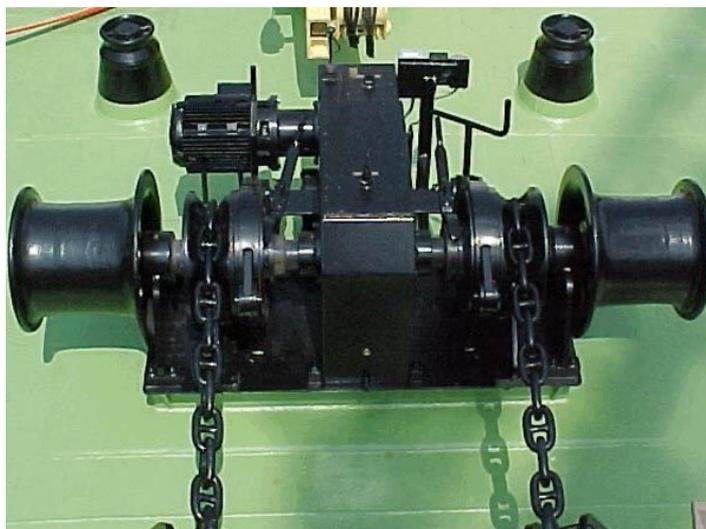


Fonte 2: <https://www.crownoil.co.uk/guides/hydraulic-oil-guide/>

2.3.3 Óleo Hidráulico para atividades pesadas

Para as atividades denominadas como *Heavy-duty*, o fluido hidráulico estará exposto a um ambiente de altas pressões e deverá suportar altos níveis de estresse. Dessa forma, os aditivos que serão adicionados na fórmula desse, terão tipicamente propriedades anti-desgastantes. Esses aditivos são um dos mais comumente utilizados na indústria e construção civil.

Figura 5: Mooring Winch onboard



Fonte: <https://pin.it/6y6YdKd>

2.3.4 Óleo hidráulico biodegradável

Para os ambientes que possam ter uma grande possibilidade de contaminação ambiental por vazamento ou derramamento, acarretando prejuízos ambientais e financeiros, é recomendado o uso dos óleos hidráulicos biodegradáveis, onde a base típica desses óleos é vegetal.

Figura 6: Trabalho hidráulico em agricultura



Fonte: <https://pin.it/5sbWxNk>

Tem-se como exemplo desse tipo de aplicação, máquinas hidráulicas que atuam na agricultura, reflorestamento e outros ambientes com maior sensibilidade na flora e fauna. Isso porque, caso haja algum tipo de contaminação do óleo no ambiente, esse irá degradar-se naturalmente.

2.4 Contaminação nos Sistemas Hidráulicos

Estudos mostram que 82% das falhas mecânicas em sistemas hidráulicos ocorrem por contaminação do óleo. Isso porque os contaminantes bloqueiam os orifícios, desgastam os componentes, formam ferrugem, oxidações, produzem componentes químicos e contaminantes biológicos, que irão interferir em suas principais funções. Além da formação de gases e espuma no sistema hidráulico que irá aumentar o nível de compressibilidade do óleo para valores acima do desejado, diminuindo a eficiência de resposta do sistema. Então, sabe-se que a perda das principais propriedades desses óleos afetará diretamente a vida útil do equipamento.

Além disso, as preocupações com o meio ambiente vêm aumentando a rigidez das regulamentações federais, estaduais e municipais, contra toda e qualquer forma de poluição. Isso também pode ser percebido em todo o mundo, no tangente às preocupações inerentes a manutenção dos ecossistemas. A saber, que a poluição provinda de óleos de origem do petróleo pode trazer maiores danos ao meio ambiente, já que os seus efeitos poderão se estender durante décadas.

Então, para aquelas empresas que precisam realizar descarte de óleo desgastado e provindo de suas atividades, deverá se atentar ainda mais ao aumento da vida útil dos seus equipamentos hidráulicos, mantendo-se o fluido hidráulico desses maquinários dentro de um correto padrão de pureza, evitando os frequentes altos custos do correto descarte e a possibilidade de multas por não se enquadrar nesses restrições ambientais.

2.4.1 Agentes Contaminantes

A poeira e outras partículas invisíveis a olho nu, com tamanho de 2 a 5 micron, são os mais perigosos agentes contaminadores para sistemas atuais. Em razão do tamanho das folgas desses sistemas, partículas de determinada dimensão podem dar início a desgastes prematuros e perda de eficiência, mesmo em pequena quantidade. A contaminação do sistema hidráulico pode ser classificada de duas formas: Partículas contaminantes (partículas metálicas provindo de desgaste, sujeira externa) e contaminante químico (água, ar, calor etc.).

Existem diversas formas de agentes contaminadores, afinal, tudo que não é parte componente do sistema é considerado contaminação. Algumas das fontes mais comuns de onde vem a contaminação do óleo hidráulico e seus sistemas são:

- a) Água: O contaminante mais comum dos sistemas hidráulicos. A sua presença pode apresentar os mais diversos efeitos nocivos por causa do potencial das suas propriedades poderem alterar as características físicas e químicas do óleo hidráulico, diminuindo a viscosidade, resistência à carga e espessura dos filmes hidrodinâmicos.

Figura 7: Mistura água óleo



Fonte: <http://ctgls.com.au/case-studies/hydraulic-oil-cleaning-case-study/>

Isso aumentaria as superfícies de contato e a produção das contaminantes provindas destes desgastes, com formação de ferrugem e reações químicas adversas. E caso o sistema seja exposto à baixas temperaturas, pode-se apresentar bloqueio de orifícios, devido à formação de cristais. A empresa SKF informa que a contaminação de 0.1% de água, diminui em 50% a vida útil do rolamento, enquanto uma contaminação de 1%, diminui em 75%.

b) Ar: Sabe-se que o óleo mineral puro não causa a produção de espuma, onde somente os aditivos e impurezas causam esse comportamento. A contaminação pelo ar, podendo está ou não dissolvido, apresentará uma densidade de espuma que dependerá da pressão ao fluido submetido, e a viscosidade deste. Quando essa quantidade de ar se apresenta no estado não dissolvida, poderá causar maiores danos, quando esse passa pelos componentes do sistema. E na mudança súbita de pressão, causará uma larga produção de calor em pequenas bolhas, danificando bombas hidráulicas e causando o efeito de aborbulhamento nos tanques de armazenamento. Um fato curioso é que o aumento de 10% de contaminação pelo ar diminui em 15% a viscosidade e quando o nível de ar chega a 30%, rebaixa-se a viscosidade ao ponto de engatilhar formação de espuma.

Figura 8: Espuma na superfície do óleo



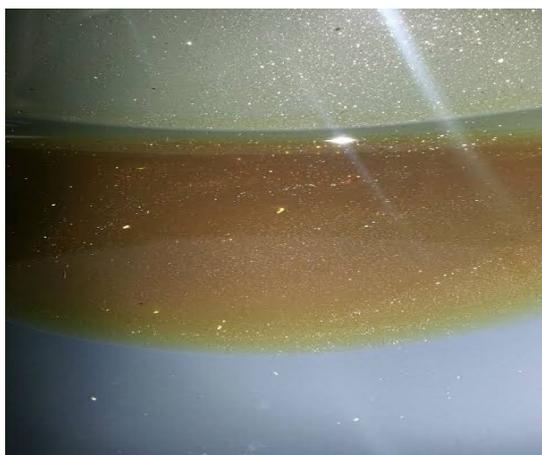
Fonte: <https://www.machinerylubrication.com/Read/1088/air-contamination-oil>

- c) Calor: Como as máquinas hidráulicas são sistemas geradores de calor, uma vez que esse excesso de temperatura não seja devidamente nivelado para níveis visto como normais, utilizando do auxílio de trocadores de calor, poderá haver a degradação acelerada de aditivos e mudanças nas propriedades químicas do Óleo.

Também são vetores de contaminação:

- a) Poeira;
- b) Tinta;
- c) Partículas metálicas de desgaste;
- d) Fibras de tecido (geralmente desprendidas de panos de limpeza).

Figura 9: Partículas metálicas vista a olho nu



Fonte: <https://www.mobilehydraulictips.com/hydraulic-system-contamination-causes-and-solutions/>

2.4.2 Formas de contaminação

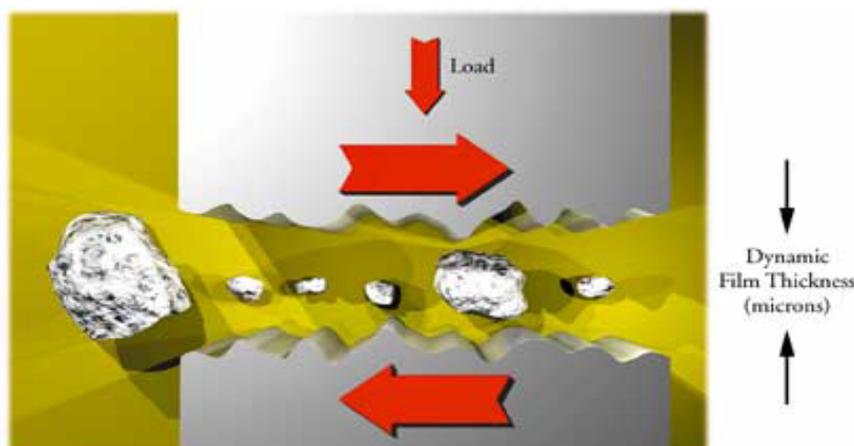
Contaminação Nativa: a contaminação por partículas durante o processo de manufatura, montagem, reparo e inclui contaminantes provindos de resíduos de soldas adversa, pedaços de teflon ou uso excessivo de selantes.

Contaminação por óleo novo: O novo óleo utilizado não tem o grau de pureza adequado para os modernos sistemas de alta pressão; contaminação do óleo novo estocado, quando o lugar de armazenamento não é bem arejado, seco ou o modo de acondicionamento não é adequado; na lubrificação manual, quando não são usados recipientes adequados e limpos ou não se limpam as áreas a serem lubrificadas; na própria máquina ou equipamento, quando há desgaste no sistema ou desgaste no lubrificante.

Ingresso de contaminantes: A contaminação por água acontece quando a vedação do atuador está desgastada, quando há vazamentos na abertura do reservatório, por condensação da umidade do ar e por vazamento no trocador de calor. Já a contaminação por ar se dá por vazamento no sistema, aeração da bomba ou turbulência do fluido no reservatório. Ademais, sempre que o sistema estiver aberto, existirá uma alta probabilidade do ingresso desses contaminantes no sistema.

Contaminação gerada internamente: partículas geradas pelo desprendimento de superfícies internas dos componentes irão circular pelo sistema, causando os mais diversos danos, até serem removidos. Esse processo também pode ser chamado de Ciclo degenerativo.

Figura 10: Partículas contaminantes em visão microscópica



Fonte: <https://hydraulicolution.com/2016/11/14/part-2-contamination-hydraulic-systems/>

2.4.3 Sinais do aumento de intempérie no Óleo Hidráulico

Antes mesmo da ocorrência de uma pane geral, agentes contaminadores nos fluidos podem reduzir a eficiência do sistema, acarretando perda de produtividade. Trata-se de um processo lento e gradual, no qual a perda de eficiência pode passar despercebida em muitos casos. Em sistemas hidráulicos contaminados, por exemplo, pode haver perda de eficiência de até 20% antes que o operador note o problema, o que representaria um dia de produtividade desperdiçado por semana e terá um impacto muito maior se alongarmos essa análise anualmente.

Geralmente, nós nos atentamos mais a agentes contaminadores visíveis à olho nu (mudança de coloração, formação de espuma e metais expostos), facilmente eliminados em limpezas manuais e utilizando ferramentas facilmente disponíveis no mercado. Entretanto, em sistemas hidráulicos atuais, os tempos de ciclo e as folgas entre as superfícies metálicas internas são menores, ao passo que a pressão, a potência e a força de escavação são maiores. Todos esses aspectos tornaram os equipamentos atuais mais produtivos e fáceis de operar; porém, ainda assim se exige a necessidade de limpeza nos sistemas de fluido com mais frequência durante a vida útil do produto.

2.4.4 Problemas provenientes da Contaminação

Os agentes contaminadores têm formato irregular, sem superfícies lisas e com arestas pontiagudas, que, em contato com superfícies metálicas, geram fricções e abrasão. Conseqüentemente, podem ser criados outros agentes contaminadores e danos de diversas formas ser causados. Veja, logo abaixo, alguns dos problemas mais comuns que resultam da contaminação e seus indícios:

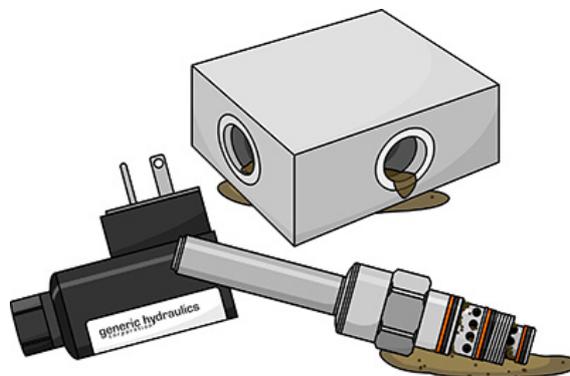
- a) Aceleração de desgastes de componentes.
- b) Bloqueio de orifícios de válvulas de controle hidráulico.
- c) Formação de ferrugem ou oxidação nas partes internas.
- d) Degradação de aditivos internos.

- e) Formação de outros químicos indesejados.
- f) Degeneração do Óleo hidráulico.
- g) Oscilação e lentidão no comando do Pitch Propeller.
- h) Trepidação nas bombas de carga hidráulicas (Framo Pumps).
- i) Vazamentos frequentes nas Redes hidráulicas.
- j) Dificuldade de operação e manuseio guincho.
- k) Necessidade mais frequente de serviços.
- l) Maiores custos operacionais.
- m) Queda de produtividade.
- n) Falhas catastróficas.

Se atentarmos mais à parte de controle do sistema hidráulico, veremos que jamais deverá circular *Slurry* (lama) pelos mesmos (quando partículas isoladas são misturadas com óleo hidráulico, o resultado dessa interação é a chamada *slurry*). Essas partículas se movimentando em alta velocidade e de forma aleatória, podem se dirigir para espaços de minúsculo distanciamento, tais como as peças internas de válvulas de controle. Isso poderá causar:

- a) Entupimento dos canais internos;
- b) Lentidão no movimento de abertura ou fechamento do comando;
- c) Rompimento de *O-Rings*; e
- d) Vazamentos adversos.

Figura 11: Válvula de Controle suja



Fonte: <https://www.mobilehydraulictips.com/hydraulic-system-contamination-causes-and-solutions/>

As máquinas hidráulicas atuais apresentam pequenas válvulas de controle acopladas à válvulas pneumáticas com comando elétrico, onde o acionamento desses dispositivos de controle poderá ser realizado de forma remota ou local. Seguindo a mesma linha de pensamento, as válvulas redutoras de pressão hidráulica produzem uma precisa pressão necessária para mover na direção desejada uma determinada válvula de abertura de fluxo na quantidade proporcional necessária. Tem-se como exemplo a movimentação de menos de 1 milímetro, com espaçamentos internos tão pequenos que são dificilmente perceptíveis a olho nu. Toda essa aparelhagem pode vir a ser instalada nas primeiras etapas de um sistema de controle de uma enorme e complexa máquina hidráulica tal como o sistema de passo variável de um navio. Adicionalmente, válvulas de segurança podem falhar em seu movimento de alívio, se partículas contaminantes estiverem presentes no seu curso. Tudo isso nos leva a perceber a importância de manter a pureza de um sistema hidráulico, já que em casos de falhas catastróficas, reparar o sistema contaminado pode levar dias ou até mesmo semanas. Podendo, inclusive, causar estragos em vários sistemas ao redor do mesmo.

2.5 Ferramentas de Controle da Qualidade e Contaminação

Vários métodos estão disponíveis para remoção de partículas contaminantes e água dos fluidos hidráulicos, onde a escolha do método irá depender do nível de contaminação, bem como da área de atuação. Contaminações mais pesadas no fluido, são mais fáceis de serem removidas do sistema operacional, purificando o óleo fora de sua linha de circular para fim de reutilizá-los. Subsequentemente, pôde-se também utilizar em linha ao fluxo por onde o óleo hidráulico circula, filtros de partículas e absorvedores de água, aprimorando o controle da contaminação. Tem-se como exemplo desses equipamentos: Purificadores, Clarificadores, *Coalescers Cartridges*, *Water-removal cartridges* etc. Como forma de complemento, as centrífugas também podem remover solventes voláteis e gases dissolvidos.

2.5.1 Filtragem

Para prevenir falhas e desgastes prematuros dos equipamentos, a filtragem e a micro filtragem do óleo hidráulico são ferramentas de suma importância. Esses procedimentos consistem na passagem do óleo por um conjunto de filtros que eliminam os agentes contaminantes. Por meio da filtragem e da micro filtragem de óleo, torna-se possível prolongar a vida útil de componentes, reduzir o tempo de paradas e aumentar a disponibilidade dos sistemas hidráulicos e muitas vezes elevar ao máximo a performance da filtragem de óleo. Esses métodos reduzem custos de operação, evitando futuras paradas e intervenções corretivas. Saiba mais sobre os tipos de filtragem de óleo hidráulico em nosso post.

Figura 12: Purificadores



Fonte: <https://pin.it/27QxHkG>

Figuras 13: Filtros



Fonte: <https://pin.it/63MewDc>

2.5.2 Boas práticas de armazenamento à bordo

Todos os barris e galões de óleo hidráulico que chegam à bordo dos navios, devem ser devidamente amarrados, armazenados e estocados. Uma correta amarração, muitas vezes realizada com cabos resistentes, é necessária para evitar o

dano da estrutura do barril ou galão, quando o navio estiver realizando os seus movimentos naturais de navegação (*Sway, Roll, Pitch, Yaw* etc.).

O ambiente de estoque desses barris e galões, não poderá apresentar humidade excessiva, temperaturas extremas, risco de choque mecânico e abrasamento. Grande prejuízo existe na perda de material supostamente novo, caso haja qualquer tipo de perfuração na estrutura desses recipientes, já que acarretará derramamento, desperdício, contaminação e, talvez, a perda de total do óleo estocado.

Tem-se uma particularidade para a estocagem de barris de aço, já que devem ser armazenados sobre suportes de madeira ou qualquer outro material que tenha uma característica de ser um bom isolante elétrico. Isso porque um material isolante dificultará a troca de elétrons da estrutura metálica do barril para o navio, já que esse pode ser visto como a terra da ligação elétrica. Diminuindo assim a oxidação do barril que debilitaria a espessura da camada metálica e causaria a produção de fissuras. E a consequência final de toda essa cadeia, seria a contaminação provinda do ar ou humidade.

Figura 14: Suporte para Barris



Fonte: www.canstockphoto.com

2.5.3 Análise a bordo

Dentro da rotina de um oficial de máquinas a bordo dos navios, está a análise dos óleos lubrificantes e hidráulicos dos sistemas de acordo com o tempo de uso e datas marcadas. Essa verificação pode ser feita através de kits de análise de óleo, que são verdadeiros minilaboratórios a bordo dos navios que permite ao responsável pela análise, a monitoração de circunstâncias mais genéricas para com o fluido, tal como nível de ppm de água presente, acidez, oxidação e viscosidade.

Esses testes são simples e rápidos, além de conter no conjunto do kit, todas as informações necessárias para uma boa análise à bordo, facilitando assim a operação do responsável por esse monitoramento. Sabendo-se ainda que o aparelho detector das substâncias contaminantes desse kit tem uma calibração com prazo de validade e na proximidade dessa data, o responsável deverá solicitar junto com a empresa sua calibração ou o fornecimento de um novo kit de análise.

Figura 15: Kit de análise



Fonte: www.indiamart.com

Já quando se trata de acompanhamentos mais detalhados que comumente são chamados de monitoramento das condições do óleo hidráulico por laboratórios de terra, são requisitados os serviços de análise desses óleos para com empresas que desejam o máximo de benefícios dos seus fluidos antes de suas trocas dentro das manutenções preditivas, preventivas ou até mesmo corretiva.

Dentro das empresas de navegação marítimas, geralmente de 3 em 3 meses, é exigido que seja realizada uma análise geral do óleo dos equipamentos do navio, onde dentre esses, está presente também alguns óleos hidráulicos de:

- a) *Steering Gear;*
- b) *Mooring Winches;*
- c) *Cranes;*
- d) *Freefall Lifeboat;*
- e) *David Rescue Boat;*
- f) *Water Tight Sliding Door e etc.*

Esses fluidos são recolhidos dos seus compartimentos de estoque para análise e prontamente separado em pequenos tubos de amostra contendo todas as informações inerentes do seu sistema integrante, para depois serem enviados para o laboratório de análise escolhido pela empresa.

Geralmente o envio para esses laboratórios é feito através de companhias que assistem aos navios em porto, recolhendo essas amostras e enviando para o endereço dessas instituições. Esses laboratórios terão que prover à empresa requisitante com detalhes a respeito da característica atual o óleo analisado, onde mostrará se esse está em bom estado para o seu contínuo uso, ou deverá ser trocado, assegurando ao utilizador do fluido hidráulico:

- a) Aumento da vida útil do óleo hidráulico;
- b) Melhora na performance dos maquinários hidráulicos;
- c) Detalhamento quantitativo e qualitativo de qualquer contaminação no óleo;
- d) Redução dos custos envolvendo a troca e descarte prematura do óleo;
- e) Diminuição dos danos nos equipamentos hidráulicos através da pronta identificação de determinados problemas;
- f) Redução dos riscos de dano de equipamentos, produtos e serviços;

- g) Redução do risco de acidentes de trabalho, e;
- h) Retorno financeiro no longo prazo devido à diminuição de custos operacionais;

Figura 16: Exemplar de ficha de preenchimento para análise.

SeaTec
Condition Monitoring

Form No: [REDACTED]

If you are using the pre-printed labels please affix the label in the box below or alternatively please complete all the relevant sections of the sampling form. Pre-printed labels can be downloaded online at www.pact-oil.com

Affix pre-printed label here

When you affix the pre-printed labels please ensure that the labels are legible, unless any specific information needs to be provided. Please fill the shaded box in case of scrape down analysis.

SAMPLING FORM

Please fill in the sampling form thoroughly and legibly. To enable us to provide the best possible service to our Customers fill all the boxes. - mandatory boxes are marked in red!

Vessel Name	[REDACTED]	Dispatch PORT	[REDACTED]
Owner Name	[REDACTED]	Machinery Name (i.e. MAIN ENGINE)	MANUAL / AC
Machinery Maker	[REDACTED]	Machinery Type	MANUAL / AC
Serial No.	[REDACTED]	Sample Date	17/06/12
Sampled by (Ranking)	[REDACTED]	Unit Running Hours (B/Hrs)	170
Port Sample taken/landed	[REDACTED]		

Routine sample of oil in use Special
 2 Stroke Engine Hydraulic Stern Tube
 4 Stroke Engine Gearbox Shaft Bearing

Compressor, note gaseous medium Other

Oil in use: MOSIGEAR 600XP 100

Daily Make up (Ltrs) Oil Capacity (Ltrs) Hrs since last Oil change Hrs since Filter change

Remark

CYLINDER SCRAPEDOWN ONLY (Please attach relevant copy of Bunker report)

Engine Load (%)	Liner R/Hrs.	MCL Feed Rate (g/kWh)
Engine RPM	Piston Crown R/Hrs.	Abs. Scavenge Air Press.
Ambient Temp. (°C)	Piston Ring R/Hrs.	Scavenge Air Temp. (°C)
Ambient Humidity (%)	Sulfur in Fuel (%)	Water fr. Scavenger (t/d)

Fonte: Foto própria.

3 CONCLUSÃO

É uma realidade a busca de maior eficiência e segurança na utilização dos equipamentos hidráulicos. Isso leva os operadores desses maquinários a aumentar a conscientização de toda a problemática que envolve a contaminação provindas de diversas intempéries para dentro desses sistemas, bem como a vital necessidade de manter a sua pureza dos fluidos hidráulicos dentro de padrões atualmente requisitados.

A partir da comparação do comportamento de sistemas contaminados junto com sistemas que seguem o requisitado nível de pureza, é comprovado o aumento dos custos no que tange aos sistemas que negligenciam os padrões referenciais para o desempenho do trabalho requerido.

Sendo assim, existe um interesse econômico inerente em manter o óleo hidráulico nas margens de pureza estabelecido pelo fabricante, mesmo que para isso seja necessário desembolsar um investimento inicial, mas que no longo prazo, com o aumento da vida útil do fluido e dos seus respectivos equipamentos envolvidos, justificará aquele primeiro capital empregado.

Dessa forma, existe uma forte tendência da indústria em se mobilizar na busca de ferramentas que possam dar maior longevidade aos fluidos hidráulicos, a saber, que o custo-benefício de tal ação justifique e valide esse caminho a ser trilhado.

REFERÊNCIAS

A CONTAMINAÇÃO EM ÓLEOS HIDRÁULICOS E LUBRIFICANTES; Disponível em: <https://www.grupoht.com.br/a-contaminacao-em-oleos-hidraulicos-e-lubrificantes/> Acesso em: 20 set. 2020.

Contamination in Hydraulic Systems; Disponível em: <https://hydraulicsolution.com/2016/11/14/part-2-contamination-hydraulic-systems/> Acesso em: 28 set. 2020.

Fluido hidráulico; Disponível em: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Fluido_hidr%C3%A1ulico/ Acesso em: 01 out. 2020.

Hydraulic Oil Explained – An Easy Guide; Disponível em: <https://www.crownoil.co.uk/guides/hydraulic-oil-guide/> Acesso em: 03 out.

2020.Hydraulic system contamination: causes and solutions; Disponível em: <https://www.mobilehydraulictips.com/hydraulic-system-contamination-causes-and-solutions/> Acesso em: 08 out.

Hydraulic Solutions; Disponível em: <https://hydraulicsolution.com/> Acesso em: 29 set.

Ovens J: The Performance of Hydraulically Fractured Stimulated Wells in Tight Gas Sands. A Southern North Sea Example,” paper SPE 20972, presented at Europec 90, The Hague, The Netherlands, October 22-24, 1990.

Saiba de onde vem a contaminação do óleo hidráulico; Disponível em:
<https://pocfiltros.com.br/blog-noticias/saiba-de-onde-vem-contaminacao-do-oleo-hidraulico/> Acesso em: 26 set.

Understanding hydraulic fluid contamination; Disponível em:
<https://www.hydraulicspneumatics.com/fluid-power-basics/fluid-cleanliness/article/21882786/understanding-hydraulic-fluid-contamination/> Acesso em: 30 set.

Utilities up in the air — safely — with hydraulics; Disponível em:
<https://www.mobilehydraulictips.com/utilities-up-in-the-air-safely-with-hydraulics/> Acesso em: 29 set.

What functions do hydraulic fluids perform in a system?; Disponível em:
<https://www.sealingandcontaminationtips.com/what-functions-do-hydraulic-fluids-perform-in-a-system/> Acesso em: 28 set.

.