

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

FERNANDA JOOS ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA SAÚDE DE MAQUINÁRIO  
ATRAVÉS DE SEUS ÓLEOS LUBRIFICANTES

SÃO CARLOS -SP  
2022

FERNANDA JOOS ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA SAÚDE DE MAQUINÁRIO ATRAVÉS DE SEUS ÓLEOS  
LUBRIFICANTES

Trabalho de conclusão de curso  
apresentada ao Departamento de  
química da Universidade Federal  
de São Carlos, para obtenção do  
título de bacharel em química.

Orientador: Prof. Dr. Renato Lajarim Carneiro

São Carlos-SP  
2022

Dedico este trabalho aos meus pais, Mateus e Tania,  
minha família, e meu noivo.

## **AGRADECIMENTO**

A minha família, que sempre deu apoio em todos os momentos e compreendeu a ausência enquanto me dedicava à minha formação.

Ao professor Renato, por ter sido meu orientador e ter demonstrado muita dedicação e solidariedade, além do exímio suporte oferecido desempenhando tal função.

Ao professor Caio pelo auxílio e direcionamento que se mostraram fundamentais na confecção deste trabalho.

Aos colegas de curso, em especial as amigas Mariana e Lorys, com quem convivi durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiu crescer não só como formando, mas também como pessoa.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no processo de formação profissional ao longo do curso.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a saúde de maquinário por meio do seu respectivo óleo lubrificante com foco nas técnicas de Espectroscopia de emissão óptica de eletrodo de disco rotativo (RDE-OES) e contagem de partículas. Para tanto, buscou-se compreender o funcionamento das técnicas e seu respectivo impacto econômico, bem como a forma de interpretação dos dados, com ênfase em óleo lubrificante através de revisão bibliográfica. Por fim, demonstrando o quanto as técnicas são importantes para se determinar possíveis fontes de desgaste e contaminantes, o que sendo realizado de forma periódica leva à redução da possibilidade de falhas do equipamento e economia na manutenção.

**Palavras-chave:** Espectroscopia de emissão óptica. Óleos lubrificantes. Contagem de partículas.

## **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the health of machinery through its respective lubricating oil with a focus on the techniques of Rotary disk electrode optical emission spectroscopy (RDE-OES) and particle counting. To this end, we sought to understand the operation of the techniques and their respective economic impact, as well as how to interpret the data, with emphasis on lubricating oil through literature review. Finally, demonstrating how important the techniques are to determine possible sources of wear and contaminants, which, if performed periodically, leads to a reduction in the possibility of equipment failure and savings in maintenance.

**Keyword:** Optical emission spectroscopy. Lubricant Oils. Particles count.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Espectro de emissão do Ferro	10
Figura 2 – Espectrômetro Q100 RDE	11
Figura 3 – Espectrômetro Q100 RDE (durante análise)	12
Figura 4 – Código ISO	15
Figura 5 – Quadro ISO	16
Figura 6 – Quadro NAS	16

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2 A ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO ÓPTICA DE ELETRODO DE DISCO ROTATIVO (RDE-OES)</b>	<b>10</b>
2.1 METODOLOGIA APLICADA	11
2.2 ANALISANDO RESULTADOS	13
<b>3 O TESTE DE CONTAGEM DE PARTÍCULAS</b>	<b>14</b>
3.1 NORMAS E PADRÕES	15
3.1.1 ISO 4406	15
3.1.2 NAS 1638	16
3.2 METODOLOGIA E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS	16
<b>4 FATORES ECONÔMICOS</b>	<b>17</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>20</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, quase todos os setores utilizam-se de máquinas para realizar processos a fim de otimizar tempo gasto e ter melhores resultados como quando comparados com o trabalho humano. Um dos setores onde se tem diversas máquinas sendo utilizadas constantemente e no qual focaremos é o do Petróleo, melhor dizendo, plataformas de petróleo.

As análises de óleo se originaram algum tempo depois da segunda guerra mundial, sendo feitas em óleo de motor de locomotivas, onde era feita a excitação por meio elétrico utilizando eletrodos de carbono, gerando assim linhas espectrais. Nos dias de hoje a análise é feita para praticamente todo tipo de sistema, tais como turbinas a gás, motores diesel e a gasolina, transmissões, compressores entre outros.

O uso das técnicas de espectroscopia de emissão óptica e de contagem de partículas, são duas das mais importantes para análise de óleos lubrificantes. A análise multielementar por espectroscopia possui limites de detecção ao nível de partes por milhão, e pode ser utilizado para monitoramento de metais de desgaste, contaminantes e aditivos das amostras de óleo. Já para a contagem de partículas, seguindo os graus ISO associados a cada tipo de lubrificante/maquinário, são dados valores quantitativos de partículas presente na amostra de acordo com seus respectivos tamanhos em microns.

Para ter um acompanhamento dos maquinários, essas análises podem ser feitas de forma periódica, verificando os desgastes e tomando medidas de manutenção mais simples e mais baratas.

Um dos fatores que torna a análise de óleo tão interessante é o custo. Uma máquina parada por conta de estar falhando ou até mesmo estar quebrada, no caso de uma plataforma de petróleo, dependendo da função que ela emprega, causa prejuízos da ordem de milhões de reais.

A utilização da manutenção preventiva permite que se identifiquem pontos a serem melhorados ou com algum problema; podendo evitar dessa forma a ocorrência de danos graves.

Com isso, relacionaremos nesse trabalho, o funcionamento de duas técnicas importantes da análise de óleo, como são avaliados seus resultados e o que isso implica na saúde do maquinário.

## 2 A ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO ÓPTICA DE ELETRODO DE DISCO ROTATIVO (RDE- OES)

A espectroscopia quando aplicada à óleos lubrificantes nos fornece um “diagnóstico” do equipamento. Quando o equipamento está realizando seu processo de funcionamento, o óleo lubrificante “corre” por meio das peças agregando nele todos os elementos e particulados que estão ali presentes.

Ao ser coletada uma amostra desse óleo, agregado a ele estarão presentes elementos e por meio da espectroscopia é possível detectar quanto e qual é o elemento. Existem normas para serem seguidas, para a realização desse tipo de análise. Essas normas foram criadas a fim de padronização da forma de análise.

A técnica de espectroscopia se utiliza do fator de que cada elemento tem sua respectiva estrutura atômica e que quando recebe energia, emite radiação em comprimento de onda específico.

Com isso são geradas linhas espectrais, por meio das quais, podemos determinar e quantificar cada elemento.

Como o espectro de linha (Figura 1) é único para cada elemento, consegue-se diferenciar um elemento mesmo em meio a diversos outros através da utilização de monocromador específico para isolamento das linhas de emissão.

Figura 1 - Espectro de emissão do Ferro



Fonte: [https://www.bcluae.com/upload/product/White\\_paper\\_Overview\\_of\\_Rotating\\_Disc\\_Electrode\\_\(RDE\)\\_Optical\\_Emission\\_Spectroscopy\\_for\\_in-service\\_oil\\_analysis14.pdf](https://www.bcluae.com/upload/product/White_paper_Overview_of_Rotating_Disc_Electrode_(RDE)_Optical_Emission_Spectroscopy_for_in-service_oil_analysis14.pdf). Acessado em 16 fev. 2022.

## 2.1 METODOLOGIA APLICADA

Um exemplo de equipamento utilizado é representado na Figura 2, no caso um espectrômetro Q100 RDE. A metodologia geralmente utilizada para análise de óleo lubrificante é a da norma ASTM D5185 / D6595.

Figura 2 - Espectrômetro Q100 RDE



Fonte: [https://www.bcluae.com/upload/product/White\\_paper\\_Overview\\_of\\_Rotating\\_Disc\\_Electrode\\_\(RDE\)\\_Optical\\_Emission\\_Spectroscopy\\_for\\_in-service\\_oil\\_analysis14.pdf](https://www.bcluae.com/upload/product/White_paper_Overview_of_Rotating_Disc_Electrode_(RDE)_Optical_Emission_Spectroscopy_for_in-service_oil_analysis14.pdf). Acessado em 16 fev. 2022.

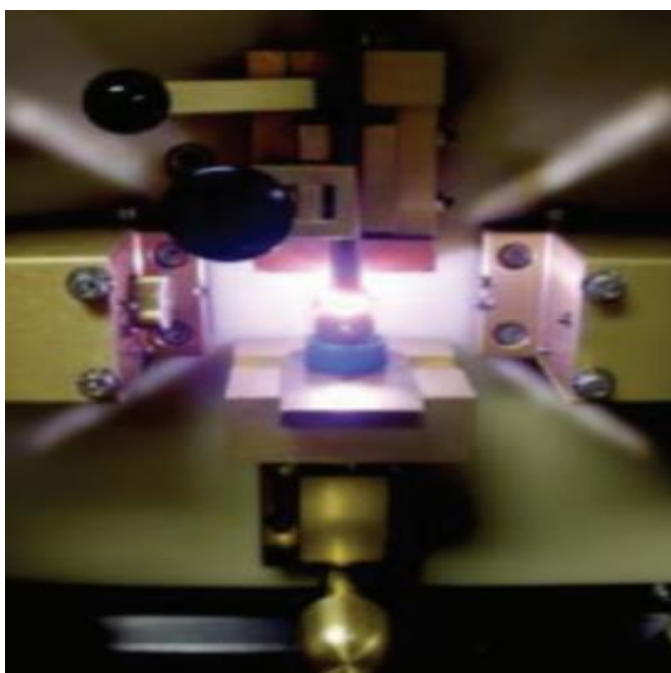
Primeiramente o equipamento deve estar ligado, estabilizado a determinada temperatura (entre 37 ~40 °C) e com a porta fechada. Depois de estabilizado abre-se o equipamento, realiza-se a higienização com álcool isopropílico. Em seguida, com auxílio de luvas, adiciona-se o disco e o eletrodo de carbono, de forma que fique o respectivo “gap” entre os dois.

Em seguida é adicionado em um suporte de amostra descartável (“Black cup”) uma quantidade suficiente para preencher todo o espaço interno do suporte com amostra de óleo branco, utilizado para verificar se o aparelho ainda está calibrado (de forma que ao realizar a análise com este óleo, seu resultado seja

zero para todos elementos). Feito isso, coloca-se o mesmo no braço de suporte de amostras e verifica-se se o óleo molhou o disco de carbono. Com isso, fecha-se a porta do aparelho e aperta o botão de início, iniciando desta forma o processo da análise como pode ser visto na Figura 3.

Terminado essa etapa e com todos os elementos terem o resultado igual à zero é então descartado esse suporte de amostra ("black cup"), trocado os eletrodos internos por novos e então adicionado uma nova amostra. Depois segue-se a análise igual feita para o óleo branco. Durante esse processo pode ser verificado a formação de uma chama, de diversas colorações.

Figura 3 - Espectrômetro Q100 RDE (durante análise)



Fonte: [https://www.bcluae.com/upload/product/White\\_paper\\_Overview\\_of\\_Rotating\\_Disc\\_Electrode\\_\(RDE\)\\_Optical\\_Emission\\_Spectroscopy\\_for\\_in-service\\_oil\\_analysis14.pdf](https://www.bcluae.com/upload/product/White_paper_Overview_of_Rotating_Disc_Electrode_(RDE)_Optical_Emission_Spectroscopy_for_in-service_oil_analysis14.pdf). Acessado em 16 fev. 2022.

Realizado esse processo, o software do equipamento, o qual está ligado a um computador, apresenta os resultados de quanto está presente cada elemento naquela amostra.

Esfriado a amostra, pode ser feito o descarte adequado e a higienização do equipamento.

## 2.2 ANALISANDO RESULTADOS

Cada tipo/marca de óleo apresenta uma respectiva carga de aditivos, que garantem as propriedades físico-químicas, entre elas viscosidade, ponto de fulgor, etc.

Para avaliarmos, precisamos ter os parâmetros de cada óleo e por isso é necessário buscar a ficha técnica do mesmo.

Nessas fichas, o fabricante disponibiliza qual é o valor padrão para ser considerado para cada propriedade daquele óleo.

O teste de espectroscopia nos fornece qual valor em ppm (partes por milhão) temos de cada elemento.

As peças de maquinário geralmente apresentam camadas com diferentes tipos de elementos como ferro, cobre, alumínio entre outros.

Com isso, encontram-se partículas de diversos elementos, e de acordo com a quantidade pode-se determinar o que está ocorrendo (desgaste, corrosão, contaminação).

Para entendermos melhor como deve ser feita a análise, temos os seguintes exemplos: um determinado maquinário de uma plataforma de petróleo, que está no ambiente interno (em área coberta e fechada, ou seja um sistema controlado), ao fazer teste de espectroscopia multielementar foi identificado na concentração de cerca de 100 ppm (partes por milhão) de Fe (ferro) e a viscosidade do óleo lubrificante estava baixa.

Com essas informações já temos indício de desgaste das peças do maquinário. O lubrificante talvez esteja com carga aditiva baixa (que pode ser vista nos resultados de espectroscopia, apenas comparando com outras amostragens) e seu óleo já apresenta baixa viscosidade, com isso as peças passam a perder o filme formado do lubrificante entre as peças causando o atrito, e por fim liberando ferro.

Outro exemplo que podemos relacionar, é um maquinário em ambiente externo, (considerando externo como sendo ao ar-livre, ambiente que não tenha como ser controlada as condições), que ao fazer a análise observou-se a presença de sódio, ou seja, por meio desse tipo de análise pode-se identificar um elemento que não é correto para aquele lubrificante, sendo assim uma

contaminação deve estar ocorrendo.

Por meio desse resultado, procurando por fontes de exposição do maquinário, pode-se achar a localização da entrada do sódio, o que sendo efetuada uma breve manutenção evita falhas no mesmo.

### **3 O TESTE DE CONTAGEM DE PARTÍCULAS**

Assim como define Fitch e Troyer (2010), temos que as partículas causam grande parte dos desgastes que depois se tornaram falhas, e o grau dessa falha é dado de acordo com o tamanho, dureza, forma, entre outras características que os particulados podem ter.

Ainda de acordo com Fitch e Troyer (2010), o primeiro tipo de contaminação por partículas que se dá por meio da remoção de superfície, onde ao entrar em contato com o óleo lubrificante, e se manter entre as superfícies, começa-se a ocorrer o corte no metal, essa condição é conhecida como abrasão de três corpos. Esse tipo de desgaste, pode levar a fadiga superficial, buracos entre outros.

Podemos inferir como é tratado por Fitch e Troyer (2010), que no primeiro tipo de contaminação por partículas quando o maquinário é exposto a condições de alto particulado, sejam essas condições, por exemplo, poeira com terra, tem-se uma grande chance de ocorrer corte e perfuração nas faces internas de fricção, com isso reduzindo sua vida útil.

Outra forma de contaminação que prejudica o funcionamento do equipamento e pode despender certo tempo e dinheiro é o acúmulo de partículas. Nesse caso as partículas se desprendem até determinado local do maquinário e ao atingir determinado ponto se acumulam naquele local, impedindo o movimento de peças e causando desgaste.

Essas partículas podem acelerar o consumo de aditivos presentes nos óleos promovendo desta forma o consumo de lubrificantes e filtros mais rapidamente. Com o esgotamento do aditivo, não será formada uma película de filme de proteção ou ela se tornará mais fina, gerando assim o desgaste por meio da fricção entre as peças.

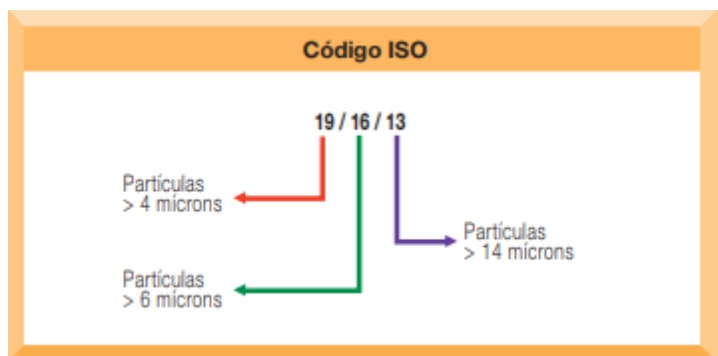
### 3.1 NORMAS E PADRÕES

O teste de contagem de partículas é aplicado por meio de equipamentos como, por exemplo, o Lasernet Fines Q200. A metodologia empregada geralmente segue a norma ISO 4406 (International Standards Organization 4406), porém algumas empresas ainda utilizam a NAS 1638 que é um padrão que foi desenvolvido para determinar a classe de contaminação em 1964.

#### 3.1.1 ISO 4406

A ISO 4406 (International Standards Organization 4406) determina padrões de limpeza para fluidos onde atualmente é mais utilizada para partículas maiores que 4, 6 e 14 microns, avaliando esses tamanhos em cerca de 1 ou 100 mililitros. Os códigos ISO aplicados ao fluido determinam seguindo a ordem de 4, 6 e 14 microns quanto se tem de cada tamanho de particulado como é visto na Figura 4.

Figura 4 - Código ISO



Fonte: <https://www.vemag.com.br/novo/wp-content/uploads/2019/03/Normas-de-Controle-de-Contamina%C3%A7%C3%A3o.pdf> >. Acesso em: 23 fev. 2022.

Cada código representado por um número equivale a uma faixa de número de partículas por mililitro (Figura 5).

Figura 5 - Quadro ISO

Quadro ISO 4406		
Número de partículas	Número de partículas por ml	
	Mais de	Até e inclusive
24	80.000	160.000
23	40.000	80.000
22	20.000	40.000
21	10.000	20.000
20	5.000	10.000
19	2.500	5.000
18	1.300	2.500
17	640	1.300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2,5	5
8	1,3	2,5
7	,64	1,3
6	,32	,64

Fonte: <https://www.vemag.com.br/novo/wp-content/uploads/2019/03/Normas-de-Controle-de-Contamina%C3%A7%C3%A3o.pdf> >. Acesso em: 23 fev. 2022.

### 3.1.2 NAS 1638

No caso da NAS, esta também avalia o nível de contaminação de fluidos por partículas com a diferença de ater-se à 5 faixas de tamanho, e relacionando a um volume de 100 mililitros (Figura 6).

Figura 6 - Quadro NAS

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

Fonte: <https://www.vemag.com.br/novo/wp-content/uploads/2019/03/Normas-de-Controle-de-Contamina%C3%A7%C3%A3o.pdf> >. Acesso em: 23 fev. 2022.

A NAS 1638 foi pensada para avaliar componentes de aeronaves e fluidos hidráulicos e com a implementação da ISO se tornou praticamente obsoleta.

### 3.2 METODOLOGIA E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

O equipamento de contagem de partículas acoplado à um computador é controlado através de um software específico. Geralmente é feito o processo de



purga entre 1 à 3 vezes com solvente, para evitar que restos de amostras contaminem a nova análise.

Feito a purga costuma-se passar uma vez pelo equipamento a amostra de forma a retirar as possíveis bolhas, pois isso pode atrapalhar na quantificação. Terminado esse processo, é feita a análise onde resumidamente, aciona-se no software e o mesmo envia o sinal para o equipamento sugar a amostra. Conforme a amostra de óleo lubrificante passa pelo equipamento, onde apresenta instrumentos ópticos sensíveis, as partículas são detectadas por meio dos seus diferentes tamanhos e então contadas. Quando terminado, é dado o resultado no formato ISO 4406 e com os valores totais para cada tamanho de partícula.

A análise é rápida e provem dados muito importantes para determinar se está ocorrendo algum tipo de desgaste.

Um exemplo que pode ser utilizado para avaliarmos essa análise é de um equipamento que seu grau de limpeza ISO 4406 deve ser 20/18/15. Ao realizar a contagem de partículas o operador tem como resultado, 22/19/17, ou seja, o aparelho apresenta contaminação por partículas. Esse fator geralmente é confirmado na espectroscopia multielementar onde se tem altos níveis para determinados elementos como, por exemplo, ferro, cobre, silício, entre outros. Na maioria das vezes a fonte de particulado vem do elemento de desgaste encontrado na espectroscopia.

#### **4 FATORES ECONÔMICOS**

Podemos listar alguns fatores que a análise de óleos lubrificantes de forma periódica pode trazer para as empresas:

- Diminuição de paradas por conta de falhas, levando a melhor utilização dos maquinários;
- Diminuição de gastos desnecessários como troca de óleo antes do tempo necessário, contratação de profissional para manutenção, etc;
- Melhor organização e planejamento antecipado, aumentando assim a produtividade;
- Possibilidade de agendamento de manutenção de forma que não

afete prazos de produção.

Essas são apenas algumas das diversas vantagens que a coleta de amostras com certa periodicidade pode acarretar ao maquinário das empresas.

A análise de óleos tem preços determinados por pacote de exames, tipo de óleo lubrificante utilizado e quantidade de amostras.

Cada empresa que realiza esse tipo de serviço leva em conta a mão de obra qualificada, se será necessário ter operadores que irão até as empresas fazer as coletas de amostras nos equipamentos e a logística para receber essas amostras/enviar insumos para realizar a coleta (no caso dos próprios funcionários da empresa que solicitaram a análise realizarem a coleta). Os preços definitivamente variam, mas a taxa de lucro em prevenir por meio das análises do óleo, de que a máquina não falhará, é enorme.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A manutenção preventiva através da análise de óleos lubrificantes de maquinário não é novidade, mas está sendo atualmente mais empregada em todos seguimentos, ou seja, está se perdendo a tradição de esperar os equipamentos falharem ou até mesmo quebrarem para então buscarem soluções e manutenções.

As técnicas empregadas nos dão dados que ao interpretarmos e conectá-los podemos visualizar a “saúde” do maquinário, e o que é mais interessante é que com apenas duas técnicas, de diversas que podem ser utilizadas, já é possível tirar conclusões do que está ou pode estar ocorrendo no equipamento.

Vimos também que como a NAS e a ISO, esse mercado da análise de óleo está em constante evolução, a fim de atender aos requisitos de novos equipamentos e produtos empregados, mostrando que existe uma tendência do aumento de utilização destas técnicas.

Referente às técnicas empregadas para análise tratadas neste trabalho, podemos dizer que atualmente são as mais importantes nesse setor, porém existem outras que também podem ser empregadas de acordo com o interesse do cliente. Os maquinários estão cada dia mais modernos e o setor de prevenção

e manutenção necessita acompanhar as inovações tecnológicas.

Devemos deixar claro que mesmo com o grande volume de empresas que aderiram às técnicas de acompanhamento por meio da análise de óleo lubrificante para averiguar a saúde do maquinário, ainda há vasta quantidade que enxerga a técnica como gasto de dinheiro desnecessário.

Outro ponto a ressaltar é que as técnicas de análise de espectroscopia e contagem de partículas abrangem muitos tipos de óleos, assim como equipamentos. Dependendo da norma e/ou equipamento que é utilizado para análise, o custo por amostra, para empregar a técnica, é baixo.

Diante do exposto, fica evidente os benefícios que as análises podem trazer quando empregadas de forma correta e seguindo as orientações. As técnicas de espectroscopia e contagem de partículas nos dão um deslumbre de possibilidades de manutenção que podem evitar falhas, tendo baixo custo quando comparado ao preço de um maquinário novo.

## REFERÊNCIAS

FITCH, Jim; TROYER, Drew. **Oil analysis basics**. 2 ed. Oklahoma – USA: Noria Corporation, 2010. 198 p.

ALVES, Luana F. N. **Determinação de metais em óleos lubrificantes utilizando a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por laser**. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de tecnologia nuclear – materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2016.

BARONI, Tarcísio D. **Contagem de partículas em óleo: entenda a importância**. Disponível em: <[FERRÃO, Ian P. \*\*Análise de Óleo. Artigo Técnico\*\*. Supreme Lubrificantes. Disponível em: <<https://silo.tips/download/analise-de-oleo-artigo-tecnico>>. Acesso em: 15 abr. 2022.](https://www.alsglobal.com/%2Fpt-br%2Fnews%2Fartigos%2F2018%2F08%2Fcontagem-de-partculas-em-leo-entenda-a-importancia#:~:text=A%20contagem%20de%20part%C3%ADculas%20refere,co mo%20os%20tamanhos%20do%20particulado.>. Acesso em 15 abr. 2022.</p></div><div data-bbox=)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Normalização**. Disponível em: <<https://www.bco.ufscar.br/servicos-informacoes/normalizacao>>. Acesso em 15 abr. 2022.

SPECTRO SCIENTIFIC. **Overview of Rotating Disc Electrode (RDE) Optical Emission Spectroscopy for in-service oil analysis**. Disponível em: <[https://www.bcluae.com/upload/product/White\\_paper\\_Overview\\_of\\_Rotating\\_Disc\\_Electrode\\_\(RDE\)\\_Optical\\_Emission\\_Spectroscopy\\_for\\_in-service\\_oil\\_analysis14.pdf](https://www.bcluae.com/upload/product/White_paper_Overview_of_Rotating_Disc_Electrode_(RDE)_Optical_Emission_Spectroscopy_for_in-service_oil_analysis14.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DYSON, Chad. **Oil Analysis “House Calls” Help Reduce Offshore Equipment Failures**. Disponível em: <<https://www.spectrosci.com.cn/product/q5800/?fileID=e548424061d9f2db0161db9a8e330167>>. Acesso em: 16 fev. 2022.

PARKER. **Normas e Padrões (ISO 4406 e NAS 1638) no Controle da Contaminação**. Disponível em: <<https://www.vemag.com.br/novo/wp-content/uploads/2019/03/Normas-de-Controle-de-Contamina%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Apresentação de Sumário de acordo com NBR 6027/2012**. Disponível em: <[https://www.bco.ufscar.br/arquivos/manual-sumario-nbr6027\\_2012.pdf](https://www.bco.ufscar.br/arquivos/manual-sumario-nbr6027_2012.pdf)>. Acesso em 18 abr. 2022.

IMACHINE TECHPLUS. **Benefícios da manutenção preditiva no atual cenário econômico.** Disponível em: <<https://www.imachine.com.br/single-post/beneficios-da-manutencao-preditiva-no-atual-cenario-economico>>. Acesso em: 23 fev. 22

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Apresentação do trabalho acadêmico de acordo com NBR 14724/2011.** Disponível em: <<https://www.bco.ufscar.br/arquivos/manual-bco-nbr-14724-2.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Normalização Documentária: elaboração de Referência NBR 6023/2018.** Disponível em: <<https://www.bco.ufscar.br/arquivos/manual-bco-nbr-6023-2018.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2022.

BARRACLOUGH, Tom. **Diagnosing Wear Faults.** Disponível em: <<https://www.windssystemsmag.com/diagnosing-wear-faults/>>. Acesso em: 16 fev. 2022.