

ANÁLISE DE APLICAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA LUBRIFICAÇÃO DE MÁQUINAS

**Matheus Eduardo Farias
Douglas de Novais
Guilherme
Rafael Jacob**

RESUMO

Este trabalho aborda a contribuição da nanotecnologia para a otimização da lubrificação de máquinas industriais e principalmente em motores automobilísticos. Diante das limitações dos óleos lubrificantes convencionais em relação ao atrito, desgaste e dissipação de calor, o objetivo deste estudo é analisar como a incorporação de nanopartículas sólidas, como as de carbono, em lubrificantes de última geração pode melhorar a eficiência e resistência dos equipamentos. A metodologia envolve a pesquisa detalhada sobre o desenvolvimento desses lubrificantes avançados e a análise experimental de seu desempenho em condições industriais e rotineiras. Antecipamos que os resultados destacarão a capacidade desses lubrificantes de reduzir drasticamente o atrito entre as superfícies de contato, resultando em menor desgaste e maior eficiência energética. Essas descobertas têm implicações significativas para a indústria, e também para o desenvolvimento dos motores automobilísticos, disponibilizando mais resistência e exigindo menores índices de manutenção.

Palavras-chave: Lubrificação de máquinas, tecnologia, manutenção, nanopartículas, meio ambiente.

¹Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, matheusedfarias@gmail.com;

²Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, ra_fa_jacob@hotmail.com;

³Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, guilherme@gmail.com;

Graduando do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, douglasnovais@gmail.com;

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia, com seu foco na manipulação de materiais em escala nanométrica, surgem como uma força transformadora na indústria de manufatura e engenharia. Este cenário é especialmente evidente na área da lubrificação de máquinas e motores automotivos, onde práticas tradicionais baseadas em óleos e graxas convencionais revelam limitações significativas em termos de atrito, dissipação de calor e resistência ao desgaste.

Ao longo desta análise, examinaremos avanços recentes que têm moldado esse campo, concentrando-nos em aplicações inovadoras de nanopartículas sólidas em lubrificantes e na criação de revestimentos nanoestruturados para proteger as superfícies de desgaste. Este percurso permitirá uma exploração abrangente dos benefícios decorrentes dessas tecnologias.

Diante desse contexto, o presente trabalho busca aprofundar a compreensão da influência da nanotecnologia na lubrificação, tanto de máquinas industriais, quanto em sistemas automobilísticos.

Além da abordagem teórica, este trabalho também se propõe a destacar aplicações práticas da nanotecnologia. Através de exemplos concretos, demonstraremos como sistemas específicos têm empregado essa tecnologia para melhorar a eficiência e a durabilidade das máquinas.

Buscando assim, como objetivo, realizar uma análise minuciosa da nanotecnologia na lubrificação de máquinas, explorando desde os fundamentos teóricos até suas aplicações práticas, a fim de compreender e contextualizar plenamente seu papel na otimização do desempenho e na prolongação da vida útil dos equipamentos industriais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lubrificantes Industriais

A grande maioria dos lubrificantes, são eles substâncias aplicadas entre duas superfícies, fixa e móvel ou duas superfícies móveis. Assim são capazes de formar uma película protetora. Essa camada tem como principal função reduzir o atrito e o desgaste entre as peças em contato.

Nosso objetivo é envolver as funcionalidades dos óleos lubrificantes industriais de máquinas e automobilísticos com nanotecnologia aplicada neles. Por essa razão, a qualidade do lubrificante industrial é fundamental para garantir a durabilidade e a segurança no processo. Além disso, o fluido lubrificante deve ser monitorado e sua manutenção deve ser planejada e executada cuidadosamente.

Estudos mostram que 34% das falhas de equipamentos rotativos são de problemas com lubrificação. Sobretudo a falta ou excesso de lubrificante e incompatibilidade química. Muitos profissionais não sabem escolher a graxa certa. Além disso, 14% de falhas ocorrem por contaminação do sistema. Então, chegamos a 50% de manutenções corretivas por conta dos problemas de lubrificação.

Desta forma, com o auxílio da tecnologia que nós temos hoje podemos aumentar o índice de falha nos equipamentos, máquinas e nos carros e outros tipos de automóveis.

2.2 Nanotecnologia

Nanotecnologia é um campo científico-tecnológico transversal, disruptivo e pervasivo, dedicada à compreensão, controle e utilização das propriedades da matéria na nanoescala ($1,0 \times 10^{-9} \text{m}$, que equivale a 1 bilionésimo do metro). Materiais que possuem pelo menos uma de suas dimensões em tamanho nanométrico podem apresentar novas propriedades e características diferenciadas, passíveis de serem exploradas para diversas aplicações tecnológicas. Dentre os exemplos mais comuns de nanomateriais estão as nanopartículas, nanomembranas, nanotubos de carbono, fulerenos, dentre outros.

As novas propriedades dos nanomateriais, conquistadas a partir do entendimento e da utilização da nanotecnologia, revolucionam não somente a ciência, mas também os setores

produtivos de bens de capital, na geração de novos produtos e serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis nas mais diversas áreas, tais como: energia, saúde e medicamentos, HPPC (higiene pessoal, perfumaria e cosméticos), indústria têxtil, agronegócios e alimentos, indústria automotiva e aeroespacial, meio ambiente, entre várias outras.

Devido às suas diversas aplicações e potencial de agregação de valor, a nanotecnologia é considerada uma tecnologia estratégica e chave para o desenvolvimento social e econômico das maiores nações e bloco econômicos (Estados Unidos, Coréia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China e outros), incluindo para o Brasil, contando, para diversos destes países/blocos, com iniciativas nacionais especificamente dedicadas à nanotecnologia.

A nanotecnologia abre a possibilidade de manipular átomos e moléculas e já tem sido largamente empregada na fabricação de semicondutores e circuitos integrados (chips) – como computadores e telefones celulares -, e na confecção de dispositivos que incorporam a combinação de porções orgânicas e inorgânicas. A biologia integrada com tecnologia eletrônica e mecânica será sem dúvida um dos maiores mercados para a nanotecnologia, criando a possibilidade de ferramentas analíticas e implantes que interligue computadores e dispositivos avançados com conexões neurais, o que será sem dúvida de real benefício ao ser humano.

2.3 Óleo lubrificante com nanotecnologia

Com o passar dos anos os engenheiros estão sempre tentando fabricar óleos de alta performance e qualidade, que possam lubrificar de forma mais eficiente e por mais tempo. Isso é decorrente no caso dos motores dos automóveis, além de uma vida útil mais longa, um melhor lubrificante tem um efeito direto sobre o consumo de combustível.

A nanotecnologia, permite a fabricação de nanopartículas com dimensões abaixo dos 50 nanômetros, isso resolve uma série de outros problemas e abre novas possibilidades de uso. Através de uma reação química simples, as nanopartículas transformam-se em um líquido que pode funcionar como aditivo para o combustível utilizado nos motores.

Com a utilização do óleo lubrificante com nanotecnologia, o calor gerado pelo atrito no motor é reduzido em até dois terços, com o ganho na economia de combustível chegando a 4 ou 5

por cento. Isso são vantagens que o estudo relacionado a nanotecnologia está trazendo para engenharia e sendo posta em pratica.

Principais funções dos lubrificantes industriais

Dentro das etapas de lubrificações mecânicas, temos de falar sobre as funções e condições de trabalho com lubrificações e seus rendimentos inserido no meio fabril.

Destacamos as principais funções para analisarmos.

- Reduzir o desgaste das peças em movimento
- Diminuir o aquecimento das peças
- Evitar o acúmulo de depósitos
- Proteger as superfícies da ferrugem e corrosão
- Eliminar as impurezas
- Melhorar a estanqueidade (pó)
- Transmitir energia (fluidos térmicos)

2.4 Condições de atrito

O principal sujeito e muitas vezes obstáculos na mecânica, é o atrito, a diminuição de atrito é uma atividade que requer conhecimento e análises nas maquinas e equipamentos mecanicos, são eles:

Atrito seco: As superfícies dos corpos em atrito se encontram em intenso contato, completamente limpos e não estão cobertos por nenhum lubrificante.

Atrito na camada superficial: As superfícies dos corpos em atrito se encontram em intenso contato e estão cobertas com camadas de reação ou lubrificantes sólidos.

Atrito misto: As superfícies dos corpos em atrito se encontram parcialmente em contato, não estão completamente separadas. O desgaste normalmente se apresenta dentro dos limites aceitáveis.

Atrito fluido: As superfícies dos corpos em atrito se encontram completamente separadas por um filme lubrificante.

2.5 A implementação da Gestão de Lubrificação com Nanotecnologia

Quando implementamos a gestão da lubrificação, conseguimos reduzir quebras, elevar a vida útil do ativo e contribuir para redução dos custos de manutenção.

Porém, esse aspecto não é tratado com a relevância merecida, o processo de lubrificação em um plano de manutenção do ativo.

Essa gestão deve ser bem estruturada e requer cuidados, adequações como, uma sala de lubrificação para o devido armazenamento e identificação dos lubrificantes. Assim como, o manuseio correto com ferramentas e instrumentos adequados para que não haja ali uma fonte de contaminação, imagine por exemplo um lubrificante que tenha presença de água, esse contaminante afetará diretamente a função do ativo podendo manifestar uma falha em potencial.

Fundamental existir um plano de lubrificação isso irá permitir ao lubrificador acesso aos parâmetros que serão necessários para o desempenho de sua função, qual equipamento ou componente a lubrificar, qual lubrificante, quantidade de lubrificante a ser aplicada, qual periodicidade, e procedimento operacional padrão que lhe dê instruções quanto ao modo de lubrificação.

Este processo de gestão da lubrificação com nanotecnologia traz diversas vantagens para a vida útil do equipamento.

Vantagens:

- Redução na troca de componentes
- Aumento nos intervalos de manutenção
- Conservação e performance dos ativos
- Mais produtividade com menores interrupções
- Redução de reposição de peças

2.6 Formação das nanopartículas

A ação das nanopartículas pode ocorrer de diferentes formas, de acordo com a sua natureza e composição, conforme apresentado abaixo:

1. Formação de película protetora, agrupando-se de forma controlada na superfície metálica;
2. Preenchimento das rugosidades da superfície metálica, diminuindo a presença de picos indesejados (Figura 1);
3. Ação como nanorolamentos entre as superfícies metálicas, diminuindo o contato e, por consequência, o desgaste;
4. Remoção de asperezas indesejadas por abrasão, gerando algo como um efeito de polimento (Figura 2).

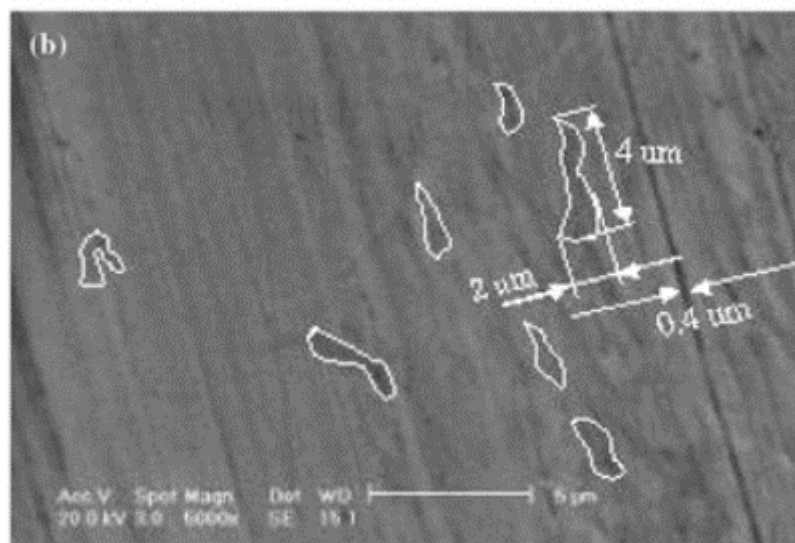
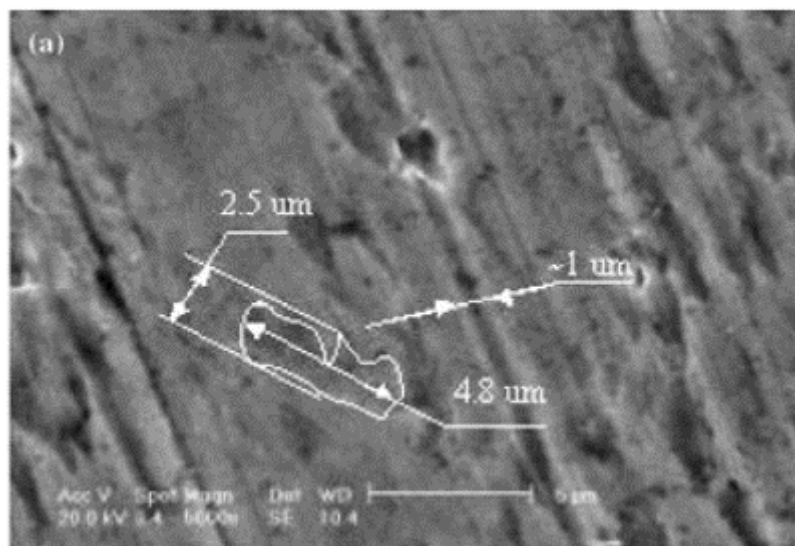


Figura 1. Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura de uma zona de desgaste em metal. (a) lubrificado com óleo mineral branco; (b) lubrificado com o mesmo óleo adicionado de nanopartículas de cobre. Observa-se o preenchimento das rugosidades. Extraído de: <https://doi.org/10.1007/s11249-004-8109-6>.

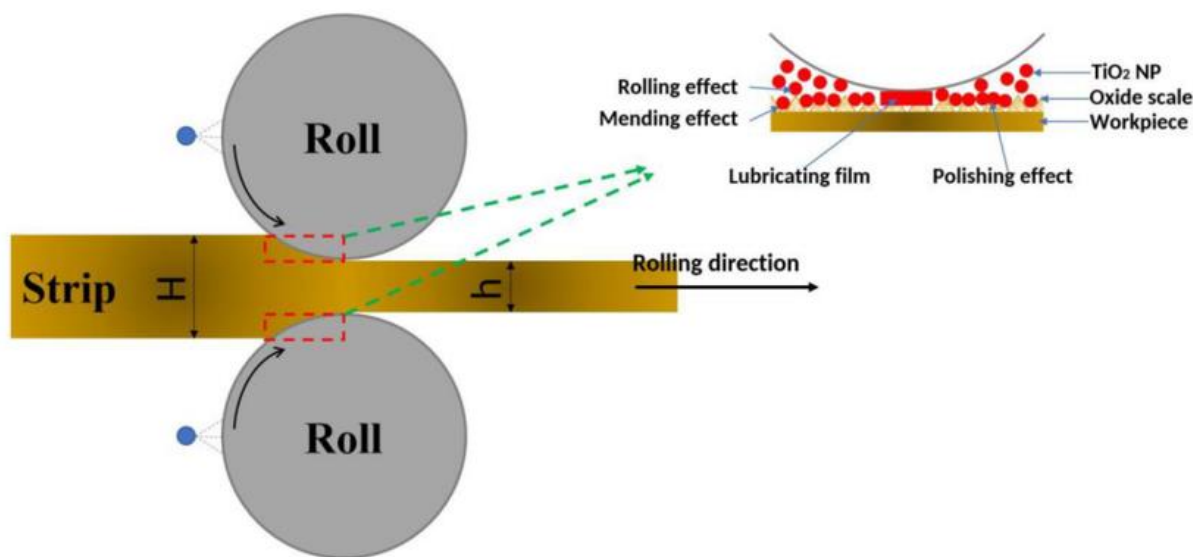


Figura 2. Esquema para exemplificação dos mecanismos de lubrificação usando nanopartículas de TiO_2 em laminação de aço quente a $850\text{ }^\circ\text{C}$.

Diversas nanopartículas já foram exploradas como aditivos para lubrificantes, sendo classificadas basicamente em sete grandes famílias:

1. Nanopartículas metálicas (Fe, Pb, Al, Cu etc.);
2. Óxidos metálicos (TiO_2 , ZnO, CuO etc.);
3. Sulfuretos (MoS_2 , WS_2 etc);
4. Carbono baseados (grafeno, grafite etc.);
5. Cerâmicas (SiO_2 , Al_2O_3 etc.);
6. Nanocompósitos ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{ZrO}_2/\text{SiO}_2$ etc.);
7. Outros (hBN, PTFE (politetrafluoretileno) etc.)

2.7 Principais Erros na lubrificação industrial e como evitá-los

Os sistemas de lubrificação apesar de serem necessários e com fácil acesso, são encontrados muitos erros e neste artigo vamos explicar também como evitá-los.

Lubrificação industrial insuficiente

Um dos erros e problemas é de lubrificação insuficiente. Este problema é provavelmente o mais fácil de ser identificado, pois peças mal lubrificadas se sobreaquecem e emitem ruído. A lubrificação insuficiente pode levar à falha de rolamentos.

A forma de se evitar este problema é fazendo o monitoramento do rolamento ou de outro componente em uso, para verificar se não está havendo perda de lubrificante por vazamento.

Lubrificação industrial excessiva

A falta de lubrificante causa problemas, mas colocar lubrificante demais não é a solução. O excesso de lubrificante pode levar a peça a sair do lugar e também à ocorrência de falhas.

Por isso, ao se aplicar um lubrificante, o profissional deve prestar atenção tanto aos limites mínimos quanto aos máximos indicados pelos fabricantes.

Lubrificação industrial com o lubrificante errado

O lubrificante errado pode levar à falha dos equipamentos. Os equipamentos são projetados com certos tipos de lubrificantes, eles dependem de suas propriedades físico-químicas para trabalharem bem. O uso do lubrificante errado pode inclusive levar à perda de garantia do equipamento.

Para evitar este problema, o pessoal responsável pela lubrificação deve saber quais lubrificantes são indicados para o tipo de equipamento em questão.

Contaminação de lubrificantes

Os contaminantes podem prejudicar os equipamentos levando a falhas. Eles também podem ser difíceis de remover e sua limpeza pode ser uma operação de alto custo para o proprietário. Evita-se a contaminação com um plano de prevenção e monitoramento de contaminantes. Os principais contaminantes são sujeira e partículas do ambiente da oficina ou em suspensão no ar, e materiais particulados que surgem pelo desgaste do próprio equipamento.

2.8 Aplicação dos descartes dos lubrificantes atuais e nanotecnológicos

A importância de reciclar o óleo lubrificante usado ou contaminado vai muito além das vantagens econômicas. O motivo mais importante de efetuar um descarte correto é evitar riscos à saúde e ao meio ambiente. O seu manuseio despreocupado acarreta inúmeros danos à saúde.

Por vir do petróleo, o óleo é tóxico e, geralmente, contém diversos tipos de aditivos que, em altas concentrações, potencializam seus efeitos contaminantes.

Ele também contém elementos tóxicos, como cromo, cádmio, chumbo e arsênio, oriundos da fórmula original ou absorvidos do próprio motor do equipamento.

Contaminante	Efeitos no Organismo Humano
Chumbo	• Intoxicação aguda – dores abdominais; vômito; diarreia; oligúria; sensação de gosto metálico; colapso e coma. • Intoxicação crônica – perda de apetite; perda de peso; apatia; irritabilidade; anemia. • Cancerígeno para rins e sistema linfático.
Cádmio	• Intoxicação aguda – diarreia; dor de cabeça; dores musculares; dores no peito e nas pernas; salivação; sensação de gosto metálico; • Cancerígeno para pulmões e traqueia.
Arsênio	• Intoxicação aguda – violenta gastroenterite; queimação no esôfago; diarreia sanguinolenta; vômito; queda da pressão sanguínea; • Intoxicação crônica – dermatite; escurecimento da pele; edema; danos no sistema nervoso central, cardiovascular; nefrite crônica;
Cromo	• O cromo hexavalente – Cr(VI)- é extremamente tóxico diferente mente do cromo trivalente – Cr(III)

	– que é essencial na potencialização da insulina. O Cr (VI) é gerado em processos a partir do Cr (III).
Dioxinas	• São substâncias organocloradas, persistentes na natureza, extremamente tóxicas, carcinogênicas e teratogênicas. • Essas substâncias agressivas são geradas quando da queima do óleo lubrificante usado ou contaminado, que é ilegal.
Hidrocarbonetos Policíclicos (Polinucleares) aromáticos	• Compostos caracterizados por possuírem dois ou mais anéis aromáticos (por exemplo benzeno) condensados. • Têm longa persistência no ambiente.

Assim como danos à saúde das pessoas, o óleo também tem grande poder de destruição quando é descartado incorretamente no ambiente, causando danos irreversíveis.

O óleo lubrificante usado ou contaminado, por não ser biodegradável, leva dezenas de anos para desaparecer na natureza. Quando vaza ou é jogado no solo, tanto para a agricultura, quanto para edificações, mata a vegetação e os micro-organismos, além de causar a infertilidade da área, que pode se tornar uma fonte de vapores de hidrocarbonetos.

Sendo assim, para ter uma boa sustentabilidade e cuidado com o meio ambiente, os lubrificantes nanotecnológicos por sua vez apresenta vantagens sobre os lubrificantes encontrados no chão de fábrica e que prejudicam ainda mais o meio ambiente. O uso de lubrificantes nanotecnológicos apresenta diversas vantagens ambientais, destacando-se pela redução do impacto negativo no meio ambiente.

Esses lubrificantes, devido ao seu tamanho molecular reduzido, proporcionam uma maior eficiência na lubrificação, resultando em menor desperdício e, conseqüentemente, na diminuição da quantidade de resíduos liberados no ambiente.

Além disso, sua formulação avançada muitas vezes permite intervalos de troca mais espaçados, contribuindo para a redução do consumo total de lubrificantes e, por conseguinte, para a diminuição do descarte inadequado. Assim, a aplicação de lubrificantes nanotecnológicos surgem como uma alternativa sustentável, alinhada aos princípios de preservação ambiental.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos conduzidos e executados durante a análise de aplicação da nanotecnologia na lubrificação de máquinas. Afim de atingir os objetivos deste artigo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito dos materiais constituintes, as suas múltiplas aplicações e comportamentos de diferentes práticas, buscando então abordar os conceitos técnicos que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

3.1 Importância na lubrificação de máquinas e equipamentos

A principal função da lubrificação é diminuir o desgaste e atrito apresentado por uma máquina devido ao uso recorrente e condições externas. Ao lubrificar áreas específicas das máquinas que estão em constante movimento, evita-se paradas não programadas, ou seja manutenções corretivas e prolonga-se sua vida útil.

Equipamentos como os de linha amarela (retroescavadeiras, empilhadeiras, tratores, escavadeiras e motoniveladoras), exigem lubrificação diária. As falhas de lubrificação nos equipamentos, impactam diretamente nos custos altos com manutenção, como troca prematura de peças e componentes, que poderiam ser facilmente evitadas se lubrificadas periódica e corretamente. As lubrificações devem ser realizadas de acordo com o tempo operacional da máquina e tipo de equipamento.

Há equipamentos como retroescavadeira, por exemplo, que precisam ser lubrificados a cada 8 horas devido ao acúmulo de poeira, fuligem etc.

Portanto, é de extrema importância possuir um software para gestão de ativos, principalmente que conte com ordens de serviços automatizadas, isso facilitará a gestão da manutenção e garantirá históricos confiáveis.

3.2 Principais tipos de lubrificantes para maquinas

Os tipos básicos de lubrificantes podem ser a graxa ou algum óleo específico

- **Líquidos:** São lubrificantes que são compostos por óleo e aditivo. Normalmente apresentam baixa viscosidade. Ideal para equipamento de sistema de transmissão.
- **Sólidos:** São os lubrificantes mais usados entre a superfície de alguns tipos de peças que sofrem mais atrito.
- **Pastosos:** São os lubrificantes conhecidos como graxas que, além do óleo, compõem espessantes e aditivos.
- **Gasosos:** Já os lubrificantes gasosos, por sua vez, são realizados em películas extremamente finas ou superfícies muito lisas. Os mais comuns são nitrogênio e hélio.

Além disso, existem outros tipos de lubrificantes muito usados são eles os seguintes tipos:

Lubrificante sintéticos:

Os lubrificantes sintéticos têm origem no petróleo. Seu processamento é complexo o que reflete no seu custo. Porém existem vantagens para compensar o custo alto para tê-lo, como:

- Menos propício à oxidação;
- Menos propício à contaminantes e sedimentos (partículas, água, detritos metálicos etc.);
- Mais estabilidade térmica, ou seja, mais resistência a oscilações de temperaturas.

Lubrificante semissintéticos:

Os lubrificantes semissintéticos, são a junção de lubrificantes sintéticos com lubrificantes do tipo mineral. Existem vantagens também com sua utilização:

- Custo-benefício em relação ao lubrificante sintético;
- Tempo de troca da lubrificação que se faz maior que o primeiro;
- Mais eficiência na limpeza do motor.

Lubrificante Minerais:

Já os lubrificantes minerais, são mais baratos que o Sintético ou Semissintético devido à sua origem que se dá no petróleo bruto.

Por possuírem um tratamento bruto, se tornam mais viscosos dependendo da temperatura, fazendo com que suas trocas sejam mais frequentes que os demais tipos de lubrificantes. Portanto, é necessário avaliar seu custo-benefício.

4 Ferramentas para lubrificação industrial

Todo processo de lubrificação e manutenções programadas precisa de profissionais que conhecem e sabem como realizar tais medidas de manutenção, e para isso existe alguns equipamentos para auxiliar na implantação da lubrificação e cuidado com o maquinário.

- **Lubrificadores automáticos:** se trata de um sistema de lubrificação automática, normalmente utilizado em equipamentos que estão em pleno funcionamento. É claro que sua utilização depende do tipo de equipamento que sua empresa possui.
- **Bombas de Graxa:** se trata de uma ferramenta para bombear a graxa para a máquina.
- **Medidor de Graxa:** nada mais é que uma ferramenta para medir a quantidade de graxa existente.

5 Estudo da utilização de nanoaditivos para melhoria de desempenho de óleos lubrificantes minerais e sintéticos.

5.1 Propriedades

A viscosidade, que pode ser definida pela resistência ao escoamento ou movimento que os fluidos apresentam, ou ainda como a proporcionalidade entre a tensão e a taxa de deformação, que qualifica majoritariamente o óleo mineral utilizado como óleo básico como fluido newtoniano. A Figura 2 apresenta o comportamento dos diferentes tipos de fluidos em função da variação da relação entre a tensão e a taxa de deformação.

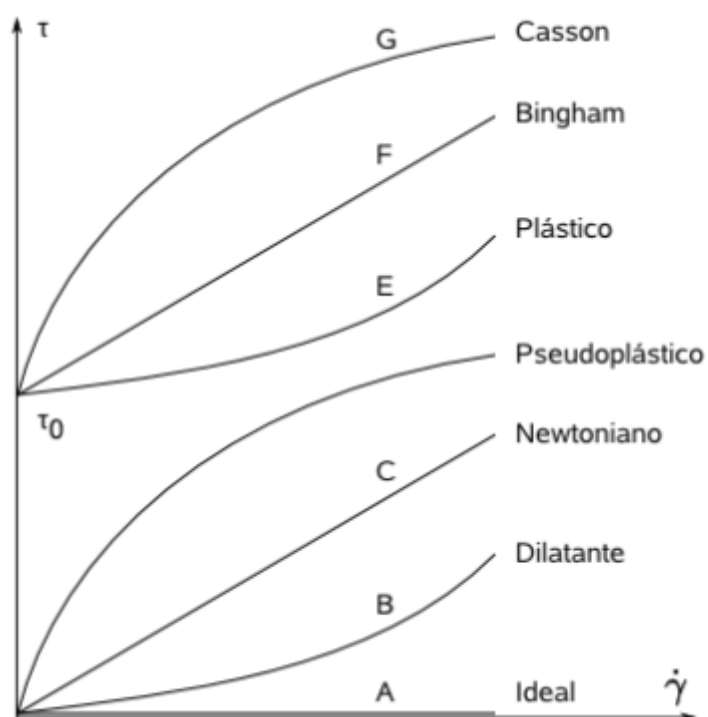


Figura 2. Curvas ilustrativas dos tipos de fluidos de acordo com o comportamento da tensão de cisalhamento. Fonte: MSPC, 2010

5.2 Aditivos

Aditivos são compostos orgânicos ou inorgânicos que são dissolvidos ou usados em suspensão no óleo, normalmente utilizados na faixa de 0,1 a 30%, de acordo com a sua aplicação. Na Tabela 5 são apresentados alguns exemplos de aditivos comuns e o percentual de uso.

Tabela 5. Aplicação mais comum de aditivos
Fonte: SAIT, JCF, apud NORIA, 2010.

<i>Máquina</i>	<i>Aditivos mais comuns</i>	<i>%v/v no óleo</i>
Motores	Antioxidante, inibidor de corrosão, detergentes, antidesgaste, antiespuma, melhorador de alcalinidade	10 – 30%
Turbinas de vapor, compressores	Antioxidante, inibidor de corrosão, demulsificante, antiespumante	0,5 – 5%
Engrenagens espirais, cônicos ou hipoidais	Antidesgaste, antioxidante, antiespumante, extrema pressão, inibidor de corrosão	1 – 10%
Engrenagens sem fim	Extrema pressão, antioxidante, inibidor de corrosão	3 – 10%
Sistemas hidráulicos	Antioxidante, antidesgaste, antiespumante, abaixador de ponto de congelamento	2 – 10%

A ação dos aditivos nos equipamentos vai ocorrer de forma variada e de acordo com a sua função na mistura com o óleo básico. Como apresentado na Tabela 5, é possível que seja adicionado mais de um aditivo a um óleo básico com a finalidade de atingir determinada característica. A Figura 4 demonstra a gama de aditivos desenvolvidos e esta relação tem aumentado com o aumento de novas demandas e com as novas tecnologias.

5.3 Nanotecnologia

O Brasil tem incentivado as indústrias a produzir e atuar com enfoque na nanotecnologia, por meio de programas federais. Com isso, houve um crescimento no número de artigos e invenções, principalmente no setor de cosméticos e farmacêuticos. (Sandroni et al., 2011).

Transistores amplificadores.

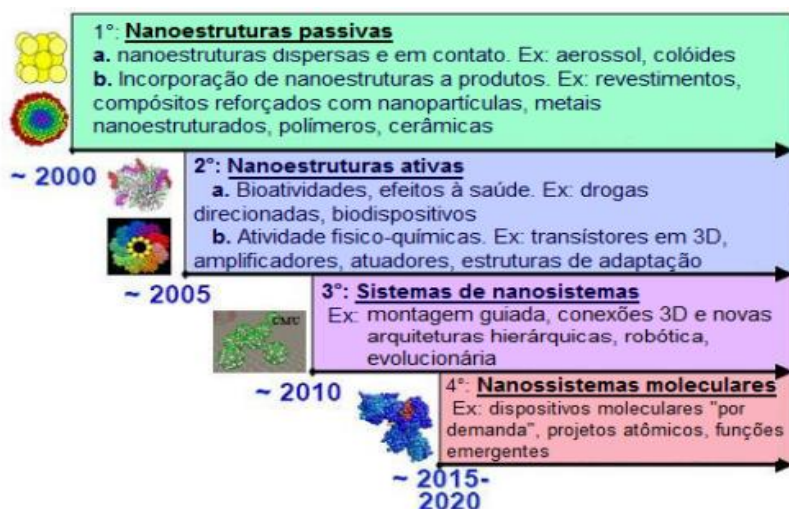
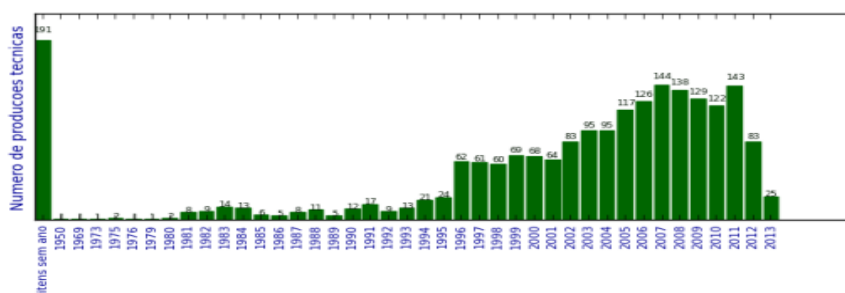


Figura 14. Gerações da Nanotecnologia Fonte: ROCO, M., 2005, apud CRN, 2008.

5.3.1 INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual)

A pesquisa realizada na base do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) apresentou um número pequeno de pedidos de depósito de patentes no segmento em análise. Conforme resultado da busca, foram obtidas apenas 4 patentes nos últimos anos referentes ao estudo de nanoaditivos, segundo o instituto. Isto mostra um pequeno avanço na área. Os resultados podem ser observados no anexo A. Já utilizando como referência o banco Lattes com as informações dos autores de patentes da área, é possível notar na Figura 16 que a área apresentou um grande número de depósito de patentes no assunto geral nanotecnologia, entretanto, ao comparar com o número relativo ao estudo de caso, o número obtido é ínfimo.



5.4 Anti-corrosão

Na pesquisa realizada por Canter (2009) foram utilizadas nanopartículas de boro, onde o pesquisador verificou que o nanoaditivo, além de reduzir o desgaste e o atrito do sistema, apresenta a propriedade de inibidor de corrosão, o que permite a redução de custo por duas razões: primeiro porque dispensa a necessidade da adição de mais de um produto para uma das três finalidades que o aditivo atribui ao óleo lubrificante e por minimizar a interferência em outras propriedades do óleo, como a viscosidade, que podem sofrer alteração com a adição de mais de um aditivo, sendo necessário um novo balanceamento ao término das incorporações no óleo básico.

Além disto, o emprego do nanoaditivo de boro se mantém disperso e estável ainda que diante da presença de água e outros contaminantes, gerando a proteção contra a corrosão nas superfícies.

Com o aumento da carga, ocorre o aumento da temperatura do sistema, o que favorece à corrosão. Com a adição do nanoaditivo, notou-se que houve uma relação inversa entre a concentração e temperatura, ao passo que na adição do nanoaditivo de fulereno, ocorreu a redução da temperatura do sistema. Como foram apresentadas apenas duas concentrações de fulereno, quais sejam 0,1 e 0,01% de volume do nanoaditivo em relação ao óleo mineral, a melhor resposta do sistema no que tange à redução do sistema foi aquela em que houve a maior incorporação do nanoaditivo

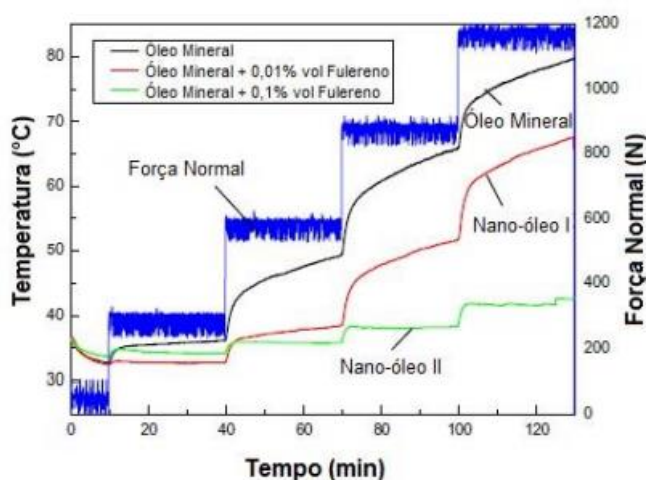


Figura 30. Comparação da temperatura superficial entre o óleo mineral cru e o óleo mineral aditivado com fulereno a 0,01 e 0,1%.

Fonte: Lee *et al.*, 2009

6 Óleo nanotecnológico e Combustível com nanotecnologia

Quando falamos sobre lubrificação de máquinas e equipamentos mecânicos, pensamos apenas nas máquinas industriais. Porém, se formos pensar o motor do carro também é uma máquina que necessita de lubrificação e cuidamos para evitar os danos causados pelo atrito e melhorar o desempenho mecânico e econômico do automóvel.

Sendo assim, vamos apresentar também modelos de combustível nanotecnológico, para trazer cada vez mais as vantagens de estarmos incentivando e utilizando os óleos lubrificantes no nosso dia-a-dia.

Segundo Presidente da RodOil, Roberto Tonietto, a gasolina “DuraMais”, age nas moléculas de combustível, alinhando-as. O que promove a melhor queima e reduz consideravelmente as sobras. Isto é bem diferente das demais, que trabalham para a limpeza de resíduos que ficam no motor após a queima, essa nanotecnologia tem ação preventiva. Ou seja, não há resquícios para serem limpos, pois ela proporciona a utilização total do combustível.

Além disso, esta queima proporciona benefícios ao veículo, como melhor funcionamento, catalisador com maior vida útil, rodagem mais limpa e redução de poluentes.

Outro posto de combustível é o ALE, onde seus novos combustíveis prometem uma economia de consumo de pelo menos 7%, além de uma redução na emissão de poluentes, em média de 30% na comparação com os produtos atualmente disponíveis no mercado brasileiro.

Os combustíveis estão passando por modificações e possuem na formulação um catalisador de combustão, baseado em nanotecnologia líquida, e aditivos que mantêm a limpeza do motor e depuram os depósitos no sistema de injeção dos veículos, explica a rede.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Contribuição para aérea

A nanotecnologia aplicada na lubrificação de máquinas e equipamentos venho para revolucionar o mercado, pois, com o seu alto desempenho e o uso correto conseguimos reduzir e muito quebras em máquinas, manutenções corretivas, redução na troca de componentes, aumento nos intervalos de manutenção, conservação e performance dos ativos, mais produtividade com menores interrupções, redução de reposição de peças, essa tecnologia trouxe também outras inovações para essa aérea que podem aprimorar o desempenho, a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas mecânicos como:

Aumento da eficiência energética

Redução do atrito resultante da aplicação de nanotecnologia na lubrificação contribui diretamente para o aumento da eficiência energética. Sistemas mais eficientes consomem menos energia, o que é crucial para setores que buscam reduzir o impacto ambiental e os custos operacionais.

Inovações em materiais

A pesquisa em nanotecnologia abre caminho para o desenvolvimento de materiais inovadores, como nanomateriais sólidos, grafeno e nanotubos de carbono, que podem ser incorporados aos lubrificantes para melhorar ainda mais suas propriedades.

Lubrificação autônoma

O desenvolvimento de sistemas de lubrificação autônoma, nos quais as nanopartículas são liberadas conforme necessário para otimizar a eficiência da lubrificação. Isso contribui para um gerenciamento mais eficaz dos recursos lubrificantes.

Desafios e limitações

Apesar dos benefícios potenciais, a aplicação da nanotecnologia na lubrificação de máquinas enfrenta alguns desafios e limitações. É importante reconhecer esses aspectos para orientar o desenvolvimento futuro e a implementação prática dessa tecnologia. Aqui estão alguns desafios e limitações associados à nanotecnologia na lubrificação:

Custo de produção

Nanomateriais muitas vezes envolvem processos de produção complexos e custosos. A fabricação de lubrificantes nanotecnológicos pode ser dispendiosa, o que pode limitar sua acessibilidade, especialmente para pequenas e médias empresas.

Escalabilidade

A transição de métodos de laboratório para processos de produção em larga escala pode ser desafiadora. A escalabilidade dos processos de fabricação de nanolubrificantes é um ponto crítico a ser considerado para viabilizar sua adoção em larga escala.

Efeitos colaterais inesperados

Dada a complexidade da nanotecnologia, pode haver efeitos colaterais inesperados. É necessário realizar estudos abrangentes de segurança para antecipar e mitigar possíveis impactos indesejados.

Aceitação do mercado

A adoção de novas tecnologias muitas vezes enfrenta resistência devido à falta de confiança ou compreensão. A aceitação no mercado de lubrificantes nanotecnológicos pode exigir esforços educacionais e demonstrações práticas de seus benefícios.

Compatibilidade com matérias existentes

A interação entre lubrificantes nanotecnológicos e materiais convencionais pode ser complexa. A compatibilidade com materiais existentes, como selos, vedações e outros componentes de máquinas, é um desafio que precisa ser abordado para evitar problemas de desempenho ou degradação prematura.

Aplicações práticas

Adaptação de lubrificantes nanotecnológicos para aplicações específicas em setores como aeroespacial, automotivo, naval e manufatura. Cada setor pode se beneficiar de propriedades específicas da nanotecnologia adaptadas às suas necessidades.

Perspectivas futuras

As perspectivas futuras para a nanotecnologia na lubrificação são promissoras e apontam para um avanço significativo na otimização de sistemas mecânicos. Algumas das possíveis direções e desenvolvimentos futuros incluem:

Desenvolvimento de lubrificantes específicos para aplicações:

Pesquisas direcionadas para o desenvolvimento de lubrificantes nanotecnológicos específicos para aplicações particulares, levando em consideração as demandas e condições operacionais únicas de setores específicos, como automotivo, aeroespacial, naval e manufatura.

Integração de inteligência artificial:

A integração de sistemas de lubrificação nanotecnológicos com plataformas de inteligência artificial pode permitir uma otimização em tempo real com base em dados operacionais. Isso levará a uma lubrificação ainda mais adaptativa e eficiente.

Nanomaterias sustentáveis:

Desenvolvimento de nanomateriais mais sustentáveis e ecologicamente corretos para uso em lubrificantes. Isso pode envolver a utilização de materiais mais seguros e a consideração de todo o ciclo de vida desses nanomateriais.

Tecnologias híbridas:

Pesquisas sobre tecnologias híbridas que combinam nanotecnologia com outras inovações, como Internet das Coisas (IoT) e sensoriamento remoto, para criar sistemas de lubrificação totalmente integrados e monitorados.

Considerações éticas e ambientais

A aplicação da nanotecnologia na lubrificação, assim como em qualquer outra área, levanta considerações éticas e ambientais importantes que devem ser abordadas de maneira cuidadosa e responsável. Aqui estão algumas das principais considerações:

Toxicidade e saúde humana

A possibilidade de que certos nanomateriais possam ser tóxicos ou ter efeitos adversos à saúde humana é uma preocupação ética significativa. A pesquisa deve incluir avaliações rigorosas da segurança para minimizar qualquer risco potencial para aqueles que manuseiam ou estão expostos a esses materiais.

Transparência e informação

A transparência na comunicação sobre os riscos e benefícios associados à nanotecnologia na lubrificação é crucial. A divulgação clara de informações ajuda a construir a confiança entre os stakeholders, incluindo consumidores, trabalhadores e comunidades afetadas.

Impacto no ecossistema

A introdução de nanomateriais no meio ambiente pode ter impactos desconhecidos no ecossistema. Avaliações ambientais rigorosas são necessárias para entender e mitigar quaisquer efeitos adversos na flora, fauna e ecossistemas aquáticos e terrestres. As regulamentações ambientais atuais podem não ser suficientes para abordar os desafios específicos relacionados à nanotecnologia na lubrificação. A implementação de regulamentações específicas e diretrizes ambientais é crucial para garantir práticas responsáveis.

Ciclo de vida dos nanomateriais

A consideração do ciclo de vida dos nanomateriais é essencial. Isso inclui não apenas sua produção e aplicação, mas também seu descarte. Estratégias para reciclar ou eliminar nanomateriais de maneira segura precisam ser desenvolvidas.

Prevenção da liberação não controlada

Estratégias para evitar a liberação não controlada de nanopartículas durante a produção, aplicação e descarte dos lubrificantes nanotecnológicos são necessárias para minimizar os riscos ambientais.

Conclusão Geral

A evolução dessas perspectivas futuras dependerá de avanços contínuos na pesquisa e desenvolvimento, bem como de uma abordagem colaborativa entre cientistas, engenheiros, reguladores e indústrias.

8 CONCLUSÃO

A nanolubrificação é uma área de pesquisa fascinante que tem ganhado crescente atenção devido aos avanços tecnológicos e às demandas por eficiência e sustentabilidade na indústria. Ao longo deste trabalho, exploramos os fundamentos, as aplicações e os benefícios da nanolubrificação na lubrificação de máquinas e sistemas automotivos. A nanotecnologia aplicada à lubrificação oferece vantagens significativas, como a redução do desgaste e atrito, aumento da eficiência energética, prolongamento da vida útil dos componentes, e, conseqüentemente, a redução dos custos de manutenção. Esses benefícios são alcançados através do uso de nanopartículas e aditivos nanométricos que melhoram as propriedades tribológicas dos lubrificantes. Além disso, discutimos as diferentes técnicas de aplicação da nanolubrificação, como a dispersão direta de nanopartículas nos lubrificantes convencionais e a formulação de lubrificantes específicos contendo aditivos nanométricos. A seleção adequada de nanopartículas e a otimização das concentrações são aspectos cruciais para alcançar os resultados desejados.

Destacamos também as questões relacionadas à segurança e ao impacto ambiental da nanolubrificação, ressaltando a importância de pesquisas adicionais para compreender completamente esses aspectos e garantir a sustentabilidade a longo prazo dessa tecnologia. Em síntese, a nanolubrificação emerge como uma abordagem promissora para melhorar o desempenho tribológico das máquinas, contribuindo para a eficiência operacional, a redução do consumo de energia e a sustentabilidade ambiental. No entanto, é fundamental continuar a pesquisa e o desenvolvimento nesta área para resolver desafios remanescentes e garantir a implementação eficaz e segura dessas tecnologias inovadoras na indústria.

Em conclusão, a pesquisa abordada neste artigo destaca o papel transformador da nanotecnologia na lubrificação de máquinas, abrangendo os setores industrial e automotivo. Os avanços na formulação de lubrificantes nanotecnológicos não apenas mitigam o desgaste, mas também elevam a eficiência operacional, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Essa convergência de ciência e engenharia redefine os padrões de desempenho, promovendo uma era inovadora na qual a precisão molecular impulsiona a durabilidade e a eficiência, solidificando assim a importância estratégica da nanotecnologia na evolução contínua da lubrificação de máquinas.

Contudo, conseguimos analisar e apresentar fatos que comprovam o quão essas tecnologias surgidas ao longo dos anos podem melhorar e contribuir para um melhor desempenho

mecânico. Tanto os lubrificantes de óleos para manutenção de máquinas, como para os combustíveis mais eficazes. Com os índices de melhor performance e menos poluição ao meio ambiente, conseguimos assim, comprovar a eficiência da nanotecnologia na lubrificação de máquinas.

AGRADECIMENTOS

Sempre em primeiro lugar, agradecemos a Deus, que nos deu força, sabedoria, para não desistirmos deste nosso sonho, nos fez lutar contra varios obstaculos para chegar nesta ultima fase. As nossas famílias, que nos apoiaram, incentivaram e deram ajuda necessária para que chegassemos ate aqui. Agradecer também aos professores, que com todo conhecimento e sabedoria nos ensinaram ao longo do curso. Agradecimento aos amigos que escreveram este artigo, que muitos se doaram e foram atras com garra para conquistar nosso “título” de engenheiros mecânicos. Contudo, esses são nossos votos de agradecimentos, de orgulho e capacidade de termos chegado até aqui fortes e confiantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Marco Antônio. Gestão dos processos de lubrificação na indústria contemporânea. Disponível em: <https://revistaft.com.br/gestao-dos-processos-de-lubrificacao-na-industria-contemporanea/>. Acesso em 25 nov. 2023.

BALHESSA, Mauro. Posto Ale – Lançamento de combustivel. Disponível em: <https://motorshow.com.br/posto-ale-lanca-combustiveis-que-prometem-ser-30-menos-poluentes/>. Acesso em 18 de nov. 2023.

MÁQUINAS, Eae. Nanotecnologia: a tecnologia molecular de lubrificação. Disponível em: <https://eaemaq.com.br/noticias-do-mercado/nanotecnologia-a-tecnologia-molecular-chegou-ao-mercado-de-lubrificantes/>. Acesso em 23 nov. 2023.

S3NANO, Smart Scientific Solutions. Lubrificação com nanotecnologia. Disponível em: <https://s3nano.com/lubrificantes-com-nanotecnologia/>. Acesso em 15 nov. 2023.

TOTAL, lubrificantes. Treinamento básico de lubrificação industrial. Disponível em: <https://www.motorlub.com.br/downloads/materiais-complementares/CURSO%20B%C3%81SICO%20LUBRIFICA%C3%87%C3%83O%20INDUSTRIAL.pdf>. Acesso em 20 nov. 2023.

ULIANA, Fernando Saulo. Mecânica lubrificação. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM285/Conte%FAdos/Complementos/Apostila%20Lubrificacao.pdf>. Acesso em 20 nov. 2023.