

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TRIBOLÓGICA DO ÓLEO ANIMAL COMO LUBRIFICANTE

Bruna Louyse de Araujo, brunalouysea@gmail.com¹
Salette Kerimma Pegado de Medeiros, salette.kerimma@gmail.com¹
Felipe César da Silva Lopes, felipecesar_lopes@hotmail.com¹
Edalia Azevedo de Faria, edalia_azevedo@yahoo.com.br¹
Marinalva Ferreira Trajano, marinalvamary@hotmail.com¹
Salette Martins Alves salette.martins@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do norte, Avenida Senador Salgado Filho 3000 - Campus Universitário 59078-970 NATAL – RN,

Resumo: Sabe-se que os lubrificantes são essenciais para a indústria automobilística, máquinas, engrenagens, eixos, mancais, entre outros mecanismos. Atualmente estudam-se vários tipos de lubrificantes que em sua maioria são mineral e sintética. Entretanto, estes óleos não são de fontes renováveis e possuem um custo elevado. Os óleos vegetais (óleo de girassol e óleo de girassol epoxidado) tem sido promissores como novos lubrificantes. Porém, o óleo de origem animal (gordura suína) ainda não foi investigado como lubrificante de componentes mecânicos. O objetivo deste trabalho é avaliar e comparar a eficiência tribológica de um óleo de origem animal em relação aos demais óleos citados. Os óleos foram caracterizados em termos de densidade, viscosidade, índice de viscosidade e acidez. O teste tribológico foi realizado sob condições de lubrificação limite no tribômetro HFRR. Os corpos de prova utilizados foram, a esfera de aço AISI 52100 (570-750 HV) de 6 mm e o disco AISI 52100 (190-210 HV) de 10 mm de diâmetro e 3 mm de espessura. Nas condições de ensaios no equipamento, tanto a esfera quanto o disco estão submersos no óleo ensaiado, tendo como parâmetros: carga (10N); frequência (20 Hz); deslocamento (1 mm); tempo (60 minutos); temperatura (50 °C). O coeficiente de atrito, formação de filme e desgaste da esfera foi medido pelo equipamento. O desgaste do disco foi analisado após ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Através da caracterização físico-química dos óleos estudados pôde-se observar que possuem boas especificações para um lubrificante. Na parte tribológica verificou-se que o óleo animal possui uma menor formação de filme, porém, o coeficiente de atrito se assemelha aos demais óleos vegetais e o desgaste avaliado na esfera foi o que obteve menor média de desgaste. Desta forma, pode-se dizer que este óleo (gordura suína) torna-se um novo tipo de lubrificante.

Palavras-chave: óleo vegetal; gordura suína; tribologia; comparação; lubrificantes

1. INTRODUÇÃO

Desde a criação dos primeiros equipamentos mecânicos, que os engenheiros pensam em como reduzir o atrito, o desgaste e conservar por mais tempo tais equipamentos. Os lubrificantes têm um papel primordial em qualquer elemento de máquina, como também nas indústrias, eixos, mancais e outros equipamentos mecânicos. Sua função é a proteção e redução do desgaste desses equipamentos. A vida útil de todo equipamento pode ser aumentada, com o uso de lubrificantes (Souza, 2000).

Os lubrificantes são divididos de acordo com suas origens em quatro classes principais: os animais (provenientes da gordura animal), os minerais (proveniente do petróleo), o sintético (sintetizado em laboratório) e os vegetais (proveniente das sementes das plantas).

Os óleos de origem animal são usados como lubrificantes desde o Antigo Egito. O sebo de boi foi usado em trenós para facilitar o deslizamento de colossos e de blocos de pedras para a construção civil. Na idade média a gordura animal era usada em pequenas quantidades para lubrificação dos portões dos grandes castelos. Com o desenvolvimento da civilização e depois com a Revolução Industrial, foi cada vez mais necessário o estudo do atrito e o melhoramento dos lubrificantes, foi aí que surgiram os lubrificantes oriundos do petróleo-óleo mineral (Carreteiro, 2006).

Assim, os óleos vegetais mostraram-se bastante promissores, devido as suas características. Eles são biodegradáveis, renováveis, menos tóxicos, além de possuírem um alto índice de viscosidade, elevado ponto de fulgor,

baixa volatilidade, baixa corrosividade e bom contato de lubrificação. Suas desvantagens são a falta de boas propriedades, são instáveis se forem expostos a variações de temperatura e são suscetíveis a degradação oxidativa. Entretanto essas características podem ser melhoradas, através de um processo chamado epoxidação, que é uma modificação química dos óleos. Os ácidos mais utilizados nessa síntese para modificação do óleo in natura são o acético e o fórmico, o uso dos ácidos acético necessita do uso de um catalizador, que gera produtos secundários (Trajano, 2013).

Têm-se observado que os óleos lubrificantes usados atualmente vêm causando sérios problemas ambientais, pois, seu descarte indiscriminado polui rios e mananciais aquíferos (Cerqueira, 2004). Além disso, ocorre também a queima indevida desses óleos. Muitas vezes essa queima ocorre sem respeitar os limites de emissões exigidos pelos órgãos ambientais, lançando no meio ambientes óxidos e gases tóxicos (Azevedo, 2005).

Neste sentido, a gordura animal torna-se uma boa opção para aplicação na tribologia porque não polui o ambiente e é um produto renovável. A indústria Brasileira de processamento de materiais de origem animal é uma ótima aliada, para a manutenção do ambiente limpo. A cada ano cerca de 4,25 milhões de toneladas de subprodutos são produzidos devido à comercialização de carne. Esses resíduos, quando tratados, passam a produtos de valor agregado superior a R\$ 2 bilhões, com aplicações na fabricação de vários produtos como: de rações, sabões, tintas, cosméticos, explosivos, farmacêuticos, couro, têxteis e de lubrificantes. A qualidade das gorduras é dada de acordo com a sua composição de ácidos graxos, bem como pelo grau de saturação (Bellaver, 2004).

Objetivou-se neste trabalho realizar um estudo comparativo das propriedades tribológicas de um óleo de origem animal com os óleos lubrificantes de origem vegetais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Neste estudo foram utilizadas duas classes de óleos lubrificantes: dois óleos de base vegetal (um in natura e outro epoxidado) e um à base animal (gordura suína), ambos adquiridos comercialmente. A análise tribológica do desempenho dos lubrificantes ocorreram no tribômetro *HFRR* em condições limítrofes, com contato não conforme.

Os lubrificantes utilizados nos ensaios foram:

- Óleo de Girassol (in natura);
- Biolubrificante de Girassol epoxidado;
- Óleo de gordura animal.

Os óleos de origem vegetal foram utilizados na sua forma natural a temperatura ambiente, enquanto que a gordura suína usada no ensaio, estando ela em estado sólido, foi aquecida durante 1 minuto em um micro ondas e testado em estado líquido.

A seguir será descrito como ocorreu cada ensaio, os procedimentos para avaliar estes óleos e os seus desempenhos.

2.2 Propriedades Físicas e Químicas dos Lubrificantes

2.2.1 Densidade

O óleo de origem animal foi colocado em um equipamento, em uma quantidade de aproximadamente 50 ml, esperou-se até que a temperatura atingisse 20 °C, e então as medidas foram obtidas.

Enquanto que nos óleos de origem vegetal foi realizada a densidade em picnômetros, onde se pesou o picnômetro vazio, depois com água destilada. Após lavar e secar o picnômetro pesou-se em balança analítica com o óleo lubrificante e o óleo puro de soja e girassol. Essa análise foi realizada no Laboratório de Química da ECT, segundo a norma do Instituto Adolfo Lutz (1985, p. 18-21).

2.2.2 Viscosidade e Índice de Viscosidade

A análise de viscosidade foi realizada no Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes (NUPEG – Núcleo de Petróleo e Gás) com o Reômetro, que é um viscosímetro rotacional medindo assim, por uma velocidade angular de uma parte móvel separada de uma parte fixa pelo líquido.

Foram utilizadas 40 mL das amostras (Óleo de Girassol Puro, Óleo de Girassol Epoxidado, Óleo de Gordura Suína) para análise de viscosidade no equipamento Reômetro de marca CONTENCO e modelo PAVITEST, com dois níveis de temperatura (40 °C e 100 °C) e com taxa de cisalhamento de na faixa de 0 - 3000 (s⁻¹), durante 150 s, com uma medida por segundo.

O índice de viscosidade é obtido pela norma ABNT NBR-14358, cujo cálculo é baseado nos valores da viscosidade cinemática às temperaturas de 40° C e 100 °C. Quanto mais alto o IV, menor o efeito da temperatura sobre a viscosidade do produto.

2.2.3 Acidez

Esta análise determina o teor de ácido livre em um óleo. Pesa-se, com exatidão, aproximadamente, 5 g de óleo diretamente dentro de um erlenmeyer de 250 mL. Adiciona-se 50 mL de uma mistura recém-preparada de éter etílico – etanol (1:1). Faz-se a mistura na capela, aquecendo-a levemente para facilitar a solubilização. Adicionam-se 2 a 3 gotas de fenolftaleína e titula-se com solução de hidróxido de sódio 0,02 mol. L⁻¹, até coloração rósea persistente por 15 segundos. Essa análise foi realizada no Laboratório de Química da ECT segundo norma do Instituto Adolfo Lutz (1985, p. 25). A determinação da acidez foi feita pela Eq.(1):

$$I.A = [(B \times M_b \times 56,1) \times 100] / M_a. \quad (01)$$

Aonde:

B = volume gasto de NaOH.

M_b = molaridade do NaOH.

M_a = massa de amostra pesada.

2.2.4 Análise Térmica (TG)

Utilizou-se 10 mg da amostra de óleo de girassol comercial, óleo animal e girassol epoxidado, numa taxa de aquecimento de 10 °C/min, iniciando a corrida em 25 °C e chegando aos 600 °C, em atmosfera de nitrogênio a um de fluxo de 50 mL/min.

2.3 Análise Tribológica por Contato não Conforme (HFRR)

A preparação dos discos (AISI 52100) com uma dureza de aproximadamente 120 HV foi realizada através de lixamento (220# a 1200#) e polimento para atingir a menor rugosidade possível, tendo em vista que o ensaio tem como objetivo reproduzir condições limítrofes de uso. Após o procedimento de preparação do contra-corpo, o disco e a esfera (AISI 52100), com uma dureza aproximadamente de 66 HRC, foram limpas com detergente e secas com papel toalha. Em seguida, o disco e a esfera são colocados num béquer imersos em álcool isopropílico por 10 minutos. Após este tempo, elas foram secas em ar quente e posteriormente pesadas, deixando as amostras prontas para os ensaios.

O par tribológico (esfera – disco) mostrado no esquema de HFRR abaixo, (Fig. 1) é colocado nos suportes e o ensaio é realizado com as condições mostradas na Tab. 1.

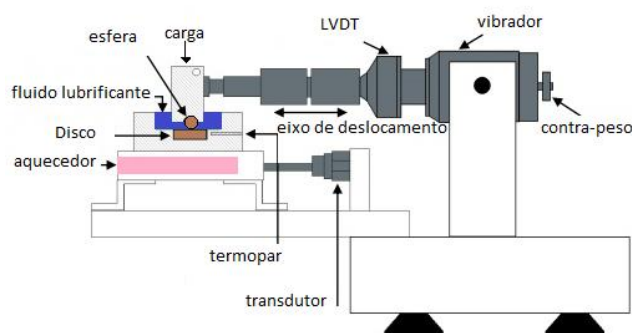


Figura 1. Esquema do HFRR de Farias (2011).

Tabela 1: Parâmetros usados no ensaio tribológico para verificar atrito e desgaste.

Parâmetros de ensaio no equipamento HFRR				
Frequência	Carga	Deslocamento	Temperatura	Tempo
20 Hz	10 N	1 mm	50 ° C	60 min

Após a preparação da esfera e do disco, o ensaio para análise tribológica de contato não conforme, está pronto para ser iniciado. A princípio coloca-se o disco no suporte inferior (Fig. 2-a), em seguida, a esfera no suporte superior (Fig. 2-b) e o lubrificante no suporte inferior.

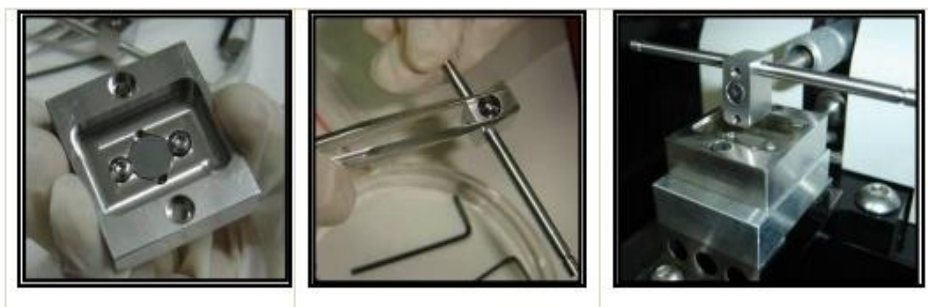


Figura 2. Posicionamento do disco e da esfera nos suportes (a) e (b), respectivamente, e configuração do contato no equipamento HFRR (c) de Farias (2011).

2.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

As imagens de microscopia eletrônica de varredura foram realizadas no equipamento TM3000 (Shimadzu) com análise acoplado com microanálise química (EDS), operando com voltagem de 5 volts e aumento de até 3000x e distância de trabalho 8100 μm .

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização Físico- Química dos Biolubrificantes

As propriedades físicas dos lubrificantes se encontram na Tab. 2:

Tabela 2: Parâmetros Físicos dos Lubrificantes.

Óleo/ Parâmetros Físicos	Densidade (g/cm^3)	Viscosidade (cSt) (40-100°C)	Índice Viscosidade(Norma D2270)	Índice de Acidez (mg de KOH/g de gordura)	TGA (°C)
Óleo Vegetal (Girassol)	0,9183	27,57/5,7	144	2,26	145
Óleo Vegetal Epoxidado (Girassol)	0,9559	78,7/12,1	132	0,22	300
Óleo animal (gordura suína)	0,9127	33/11,7	197,7	0,0009	380

Tais parâmetros são de grande importância na verificação da qualidade dos lubrificantes, pois, dependendo de como se encontram os óleos, os testes podem ser influenciados, camuflando o resultado do desempenho dos lubrificantes.

A partir da Tab. 2, percebeu-se que a densidade está de acordo com (Neto 1999), onde a densidade de óleos vegetais é de (0,9160 a 0,9220 g/cm^3), pela resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999 e para o óleo de girassol, a densidade é de (0,9150 - 0,9200 g/cm^3) a uma temperatura de 25° C e a densidade para óleo animal é de aproximadamente 0,91 g/cm^3 . Porém, o óleo de girassol epoxidado teve modificação química aumentando sua densidade e viscosidade em relação ao óleo de girassol comercial.

A viscosidade para os óleos lubrificantes apresentaram maiores valores (Tab. 2) para o óleo vegetal epoxidado e o óleo animal apresentou um valor intermediário. De acordo com (Brock et al. 2008), óleos modificados quimicamente torna o biolubrificante mais viscoso que os demais lubrificantes quando submetidos a temperaturas mais elevadas. Entretanto, a viscosidade para o óleo animal (11,7cSt) em alta temperatura é semelhante ao óleo de girassol epoxidado (12,1 cSt), o que é um bom resultado.

Para o índice de viscosidade, todos os óleos lubrificantes obtiveram índices adequados para um lubrificante de boa qualidade, destacando para o óleo animal que possui o maior índice de viscosidade (Tab. 2). Um alto índice de viscosidade indica uma menor mudança na viscosidade com o aumento da temperatura e um baixo índice ocorre o contrário.

A acidez dos óleos lubrificantes (Tab. 2) apresentou índice abaixo dos valores para os óleos comerciais refinados e para a gordura suína (óleo animal), indicados pela literatura na faixa (até 2,00 mg/gKOH) de acordo com Farias (2010) e pela ASTM D 974/08e1 e NBR 14248/2009, o que é excelente, pois, uma alta acidez nos lubrificantes não é recomendável devido à maiores ocorrências de oxidação.

Para os valores de TGA (termogravimetria), pode-se verificar que o óleo animal (gordura suína) obteve um maior equilíbrio térmico. Este óleo começa a perder massa e se degradar a partir de 380 °C. Em seguida, o óleo de girassol epoxidado com (300 °C) e o óleo de girassol comercial com pouca estabilidade térmica (147 °C). Quanto maior a estabilidade térmica é melhor para um bom lubrificante, pois, facilita a aplicação desejada e são consideradas de grande importância para a determinação do processo de volatilização dos componentes de baixa e larga distribuição de peso molecular (Azevedo et al, 2005).

3.2. Análise Tribológica dos Óleos Lubrificantes

Os coeficientes de atrito e as formações de filme de todos os lubrificantes foram apresentados na Fig. 3a-b.

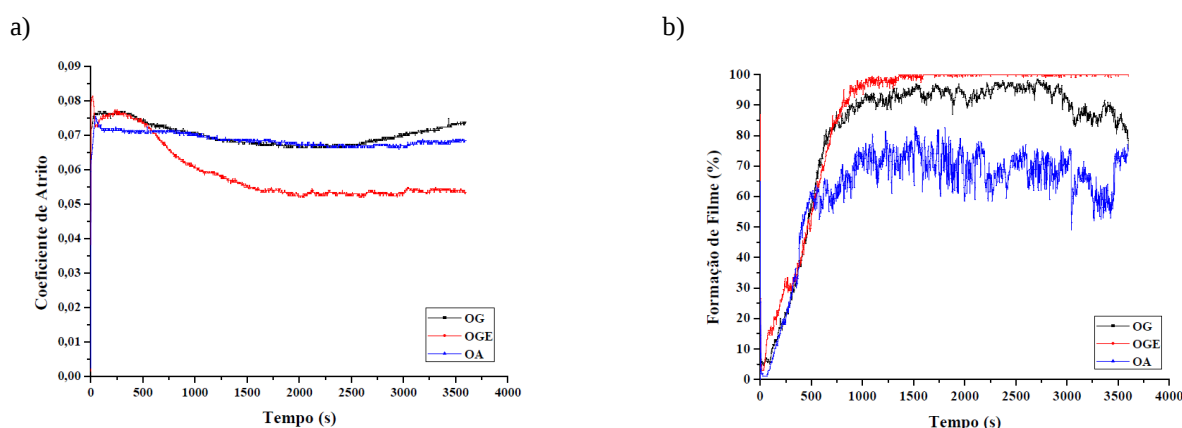


Figura 3: a) Gráfico de coeficiente de atrito(COF) b) Gráfico de formação de filme

Analisando-se o gráfico da Fig. 3, percebeu-se que, para o óleo vegetal epoxidado (OGE), o coeficiente de atrito começa a apresentar mudanças a partir de 550 segundos do início da análise, onde observou-se uma diminuição significativa. Houve uma estabilidade para este biolubrificante a partir de 1750 segundos, mantendo um coeficiente de atrito (0,06) obtendo assim melhor afinidade do óleo com o metal, como Trajano (2013) e Kleinová *et. al.*, (2007) também afirmam em seus estudos. O óleo vegetal de girassol (OG) apresentou um coeficiente de atrito inicial de 0,075, diminuindo para 0,07 a partir de 1250 até 2600 s, onde houve um acréscimo de coeficiente de atrito. Desta forma, o óleo começa a perder suas propriedades de lubrificação, não mais atuando como um lubrificante anti-atrito, apresentando o maior valor (0,08). Em comparação, o óleo de origem animal (OA), foi o que possuiu uma maior estabilidade do coeficiente de atrito durante o ensaio (0,07), apresentando então, uma tendência mediana de coeficiente de atrito se comparado aos óleos OG e OGE.

Dessa forma, se compararmos os óleos vegetais e a gordura suína com os óleos minerais e sintéticos que possuem coeficientes de atrito de aproximadamente 0,11 (Alves et al., 2013), eles possuem melhores propriedades de lubrificação.

Em relação aos filmes formados na superfície de atrito, pode-se observar que o melhor comportamento foi para o óleo OGE, que desde os primeiros segundos apresentou uma crescente formação de filme até cerca de 1350 segundos.

A partir desse instante, o biolubrificante apresentou uma formação de filme constante até o final do ensaio, confirmando o menor coeficiente de atrito obtido na Fig. 3a. Quanto ao óleo vegetal de girassol OG, obteve um comportamento similar ao óleo OGE, porém, com maiores oscilações e menor percentual. Para a gordura suína, obteve-se a menor formação de filme em relação aos demais, com muitas oscilações durante o ensaio a partir de 500 segundos.

Segundo Trajano (2013) e Alves et al. (2013), essas oscilações de formação de filme durante o ensaio ocorrem devido à remoção desse filme durante o movimento relativo, ou seja, *reciprocating*. Existe uma hipótese em que quando ocorre o movimento, ida ou volta das superfícies em contato, formam o filme fino protegendo estas superfícies. Porém, quando a película é rompida, ocorre contato direto dessas superfícies causando um desgaste abrasivo.

Mesmo assim, estes óleos ainda apresentam melhores percentuais de formação de filme (60% - 100%) que os óleos minerais e sintéticos (20 % - 50%, respectivamente) observados no estudo de Trajano (2013).

3.3. Análise do Desgaste da Esfera

As normas que avaliam a lubrificidade de um lubrificante consideram apenas o diâmetro da escara de desgaste calculado a partir do tamanho da escara (X e Y), analisada no microscópio ótico, sem observar a morfologia do desgaste obtido, assim é importante analisar a imagem desta esfera obtida após ensaio no HFRR como demonstrado na Fig. 4.

a) Óleo vegetal de girassol	b) Óleo animal	c) Óleo vegetal de girassol epoxidado
-----------------------------	----------------	---------------------------------------

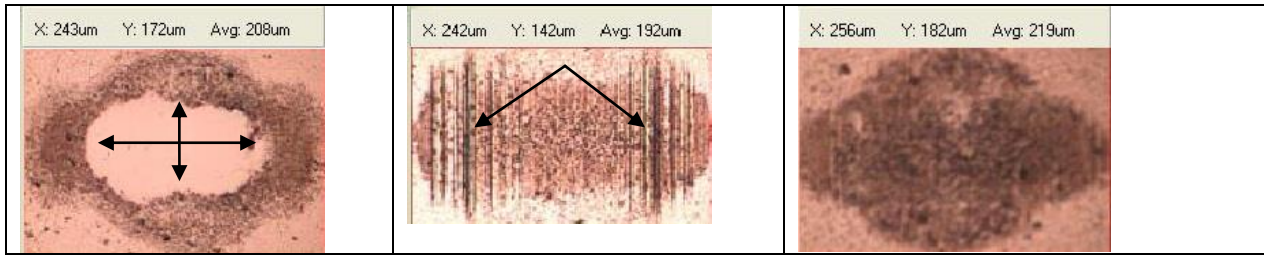


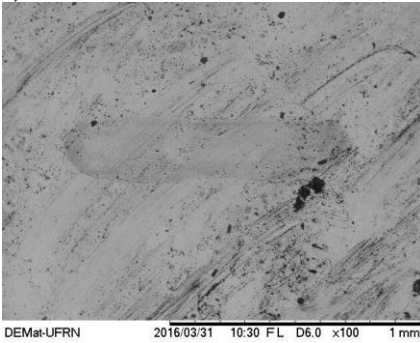
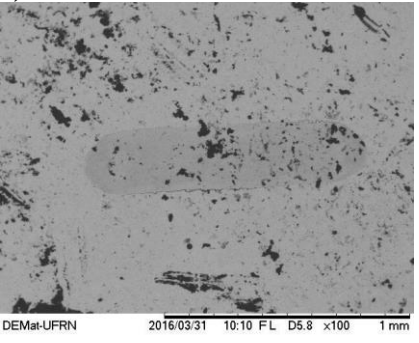
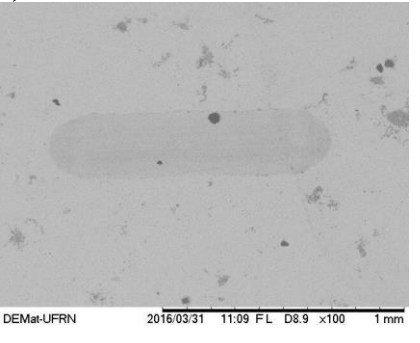
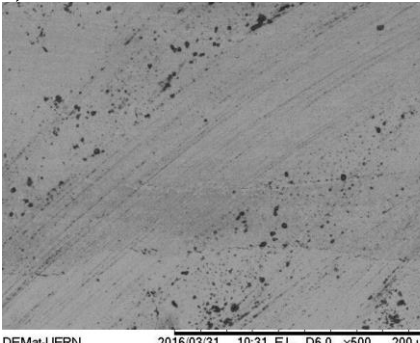
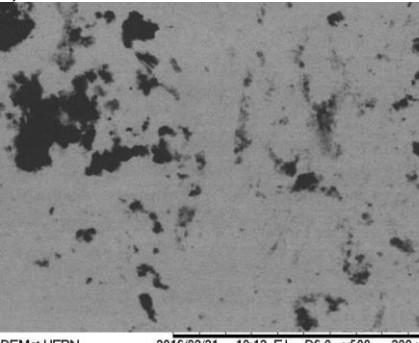
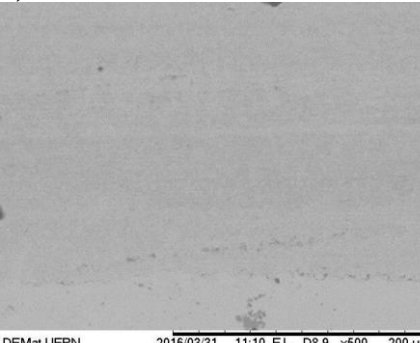
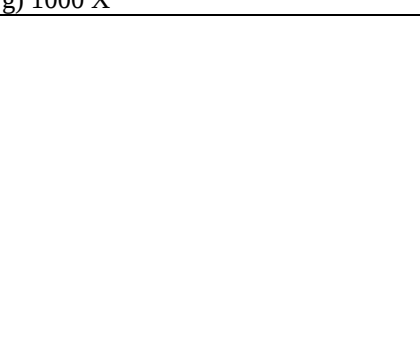
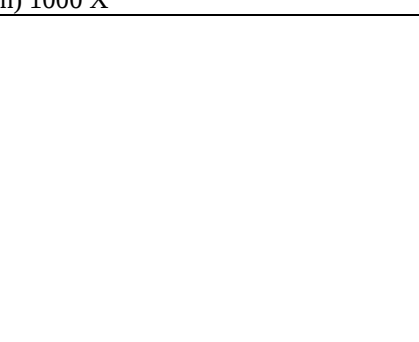
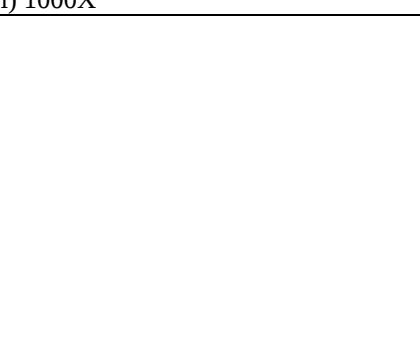
Figura 4. Desgaste das esferas após ensaio HFRR dos óleos lubrificantes

Analisando as escalas de desgaste da Fig. 4, o óleo vegetal de girassol (Fig. 4a) pode-se verificar um desgaste médio da escara de 208 μm e com arrancamento de material para as bordas da escara, pois, este óleo sem uma modificação química possui afinidade com o metal como afirma Hwang *et. al.* 2003, porém, não é eficaz como o óleo epoxidado para proteger as superfícies metálicas em contato (Trajano, 2013). No óleo animal observou-se maiores ranhuras tanto do lado esquerdo, quanto direito, caracterizando um desgaste abrasivo e com menor tamanho médio da escara de desgaste (192 μm) (Fig. 4b).

Existe um desgaste médio maior para a escara com óleo vegetal de girassol epoxidado (219 μm) (Fig. 4c), porém, visualmente, este apresentou um menor desgaste abrasivo em relação aos demais. Isso pode ser explicado devido a sua modificação química, aumentando sua viscosidade e outras propriedades físico-químicas em relação ao óleo de girassol comercial e melhorando a superfície de desgaste (Akishino, 2008 e Pedroso, 2009).

3.1 Resultados das Micrografias

Através da Fig. 5a-i, pode-se visualizar as micrografias dos discos geradas para os óleos vegetal de girassol, animal e vegetal de girassol epoxidado.

Óleo Vegetal de girassol	Óleo Animal	Óleo Vegetal de girassol epoxidado
a) 100 X 	b) 100 X 	c) 100 X 
d) 500 X 	e) 500 X 	f) 500 X 
g) 1000 X 	h) 1000 X 	i) 1000X 

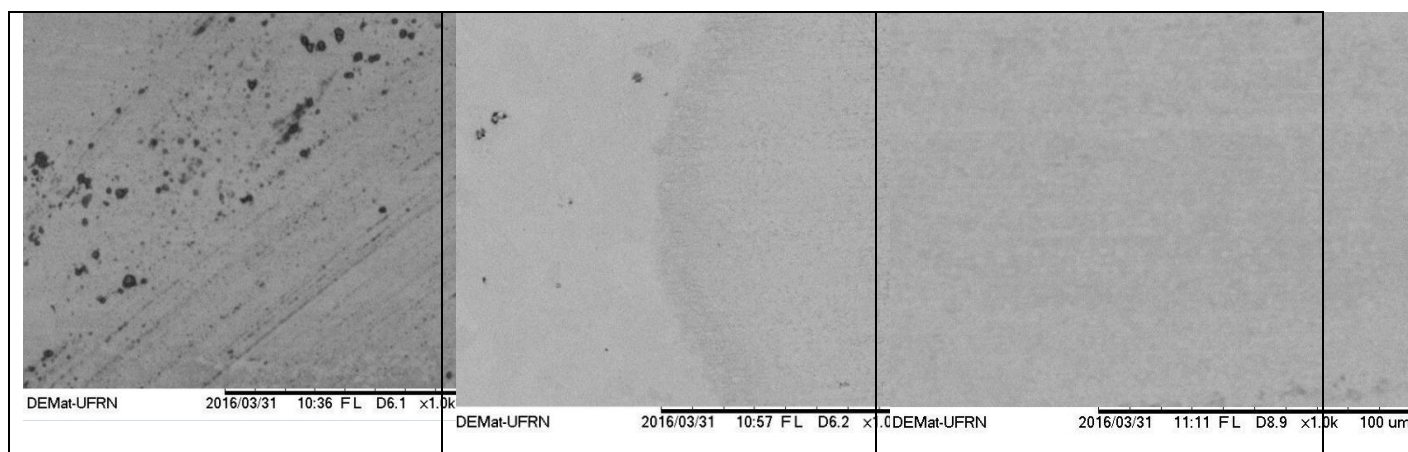


Figura 5. Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura.

Nas imagens de microscopia eletrônica de varredura, os óleos lubrificantes estudados apresentaram suas funções anti-desgaste com maior eficiência para o óleo de girassol epoxidado (Fig. 5c-f-i), onde observa-se uma superfície homogênea, sem oxidação e sem ranhuras. Diferentemente do óleo de girassol sem modificação química, que apresenta ranhuras e oxidação (Fig. 5a-d-g), não sendo um lubrificante anti-desgaste. No óleo animal ocorreu maior oxidação, mas, foi observado na figura 6h (borda esquerda da escara de desgaste do disco após ensaio HFRR) que este lubrificante pode ser um anti-desgaste devido a superfície ter apresentado homogeneidade e sem maiores ranhuras, havendo assim, semelhança com o óleo vegetal epoxidado (Fig. 5i). Isso pode ser explicado devido aos fatores estudados anteriormente neste trabalho, como: a qualidade do lubrificante, viscosidade e formação de filme.

A viscosidade e a formação de filme influem na lubrificação, no momento do contato, diminuindo o desgaste e isso foi mostrado no óleo de girassol epoxidado (Fig. 5c-f-i).

Hwang *et. al.* (2003) afirmou em seus estudos que os óleos vegetais e os óleos de origem animal sem nenhuma modificação química, mesmo possuindo afinidade com o metal, possuem suas desvantagens para lubrificação devido a sua baixa estabilidade e degradação oxidativa como foi comprovado nas imagens da Fig. 5a-b-d-e-g. Essa degradação oxidativa pode ser atenuada com uso de aditivos e melhorar suas propriedades físicas e químicas através de uma modificação química em sua gordura.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos na realização dos ensaios e das caracterizações desenvolvidas nos biolubrificantes, foi possível concluir que: a gordura suína possui boas características para se ter um lubrificante de qualidade, funcionando como um lubrificante anti-atrito e anti-desgaste. Porém, por não possuir propriedades anti-oxidantes, este óleo animal não é tão eficiente quando o óleo de girassol epoxidado (modificado quimicamente), comprovado através da microscopia eletrônica de varredura, formação de filme e coeficiente de atrito. Contudo, esta degradação oxidativa pode ser atenuada com relativa facilidade através do uso de aditivos e com uma modificação química melhorando suas propriedades físicas e químicas, podendo ser semelhante ao óleo vegetal epoxidado.

Desta forma, o biolubrificante de óleo animal estudado, tem propriedades para ser um bom lubrificante, levando em consideração em quais aplicações ele será utilizado.

5. REFERÊNCIAS

- Akishino, J. K., 2008. "Esterificação e epoxidação de ácidos oleicos e óleos vegetais". Núcleo de química e biologia. Curso superior de tecnologia em processos ambientais - Relatório de Estágio pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, pp. 69-75
- Alves, S. M.; Barros, B. S.; Trajano, M. F.; Ribeiro, K. S. B.; Moura, E. I. F., 2013. "Tribological behavior of vegetable oil with oil-based oxide nanoparticles in boundary lubrication conditions". *Tribology International*, Elsevier, v. 65, pp 28-36.
- Avilino, Sequeira Jr., 2004, "Lubricant base oil and wax processing. Chemical Industries", New York: Marcel
- Azevedo, J. B, Carvalho, L.H., Fonseca, V.M., 2005, "Propriedades Reológicas de Óleos Lubrificantes Minerais e Sintéticos com Degradação em Motor Automotivo", 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador, Brasil.
- Azevedo, J. B., Carvalho, L. H., Fonseca, V. M., 2005. "Efeito da degradação em motor automotivo nas propriedades termogravimétricas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos". 3º Congresso Brasileiro De P&D Em Petróleo E Gás, Anais do Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador.
- Bellaver, C., "Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos protéicos de origem animal"., 2004, In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004. Santos-SP, Santos-SP: FACTA, 2004, v.1, p.79-102.

- Brock, J.; Nogueira, M. R.; Zakrzewski, C.; Corazza, F. De C.; Corazza, M. L.; Oliveira, J. V., 2008, Experimental measurements of viscosity and thermal conductivity of vegetable oils. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3): 564-570 p. 564, jul.-set.
- Carreteiro, R., Belmiro, P. N., 2006, "Lubrificantes & Lubrificação Industrial", Editora Interciência.
- Cerqueira, C. P., 2004 "Estudo do reaproveitamento energético de óleos lubrificantes usados", Dissertação (Mestrado em regulação da indústria de energia), Universidade Salvador.
- Dekker, Inc.
- Farias, Aline Cristina Mendes de. et. al., 2011. Os Combustíveis Verdes do Brasil - Avaliação da lubricidade do biodiesel B5 e óleos de mamona e coco. *Holos*, Natal, v.3, Ano 27.
- Farias, Maritana; MARTINELLI, Márcia, 2010. Síntese, Caracterização de Catalizadores e Estudo de suas Atividades Catalíticas na Epoxidação de Óleos Vegetais. Tese de Doutorado (Química). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, pp 142.
- Hwang, H.S., Adhvaryu, A., Erhan, S.Z., 2003, "Preparation And Properties Of Lubricant Base Oils Epoxidized Soybean Oil And 2-Ethylhexanol. *J. Am. Oil Chem. Soc.*", Pennsylvania, V.80, Pp.811–815.
- Kleinová, A.; Fodran, P.; Brncalová, L.; Cvengros, J., 2007. "Substitute esters of stearic acid as potential lubricants. *Biomass e Bioenergy*". v.32, pp. 366-371.
- Lutz, A, 1985. "Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos". 3. ed. v. 1, São Paulo: IMESP, pp. 25.
- Pedroso, M.M , Nunes, Mrs, Martinelli, M., 2008, "Epoxidized castor oil derivatives and employing the catalytic system VO 2/TBHP (ACAC). *New Chemistry*". Porto Alegre, vol. 31, n. 4, p.213-219.
- SOUZA, M.S.M. Métodos analíticos para lubrificantes e isolantes. *Químicos e Derivados*, n 382, p. 20-28, 2000
- VIEGAS, J.C. *Tribologia*, 2003.
- Trajano, M. F., 2013. "Estudo Tribológico de Biolubrificantes com Adição de Nano Partículas de Óxidos (Zinco e Cobre)". Dissertação (Engenharia Mecânica). – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, pp 87.
- Viegas, J., "Tribologia e Lubrificação", 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/tribologia-e-lubrificacao-pdf-a46717.html>>. Acesso em: 07/03/2016.
- Zisman W. A., 1962, "Historical review lubricants and lubrication, synthetic lubricants". Chapter 2 Synthetic Lubricants, New York: Reinhold, p.6-60.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

"Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho".

ANALYSIS OF THE TRIBOLOGICAL EFFICIENCY OF ANIMAL OIL AS LUBRICANT

Bruna Louyse de Araujo, brunalouysea@gmail.com¹

Salete Kerimma Pegado de Medeiros, salete.kerimma@gmail.com¹

Felipe César da Silva Lopes, felipecesar_lopes@hotmail.com¹

Edalia Azevedo de Faria, edalia_azevedo@yahoo.com.br¹

Marinalva Ferreira Trajano, marinalvamary@hotmail.com¹

Salete Martins Alves salete.martins@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do norte, Avenida Senador Salgado Filho 3000 - Campus Universitário 59078-970 NATAL – RN,

Abstract: It is known that lubricants are essential for the automotive industry, machinery, gears, shafts, bearings, and other mechanisms. Currently we study various types of lubricants that are mostly mineral and synthetic. However, these oils are not renewable and have a high cost. Vegetable oils (sunflower oil and epoxidized sunflower oil) has been promising as new lubricants. However, animal oil (swine lard) has not been investigated as a lubricant for mechanical components. The objective of this study is to evaluate and compare the tribological efficiency of an animal oil compared to other oils mentioned. The oils were characterized by techniques of TGA, density, viscosity, viscosity index and acidity. The tribological test was performed under conditions of lubrication limit on tribometer HFRR. The samples used were, steel sphere AISI 52100 (570-750 HV) of 6 mm and AISI 52100 disc (190-210 HV) of 10 mm diameter and 3 mm thick. The test conditions of the equipment, both the ball and the disc tested are submerged in oil, with the parameters: load (10N); frequency (20Hz); displacement (1mm); time (60 minutes); temperature (50 ° C). The coefficient of friction, film-forming, and wear of the ball was measured by the equipment. The disc wear was analyzed after scanning electron microscopy test (SEM). Through the physico-chemical characterization of the oils studied could observe that have good specifications for a lubricant. In tribological part it is found that the animal oil has a lower film formation, however the friction coefficient is similar to other vegetable oils and wear on the ball was evaluated which had lower average wear. Thus, it can be said that this oil (swine lard) becomes a new type of lubricant.

Keywords: vegetable oil; swine lard; tribology; comparison; lubricants