

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DE DENDÊ NA LUBRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA ATRAVÉS DO ENSAIO PIN-ON-DISK

S.O. Cézar¹, sillas_cezar@hotmail.com¹

E.F.M.S Silva¹, efmssilva@uesc.br¹

P.R.R Matos¹, paulomatosf@gmail.com¹

A. C. Gonçalves², cido@dem.feis.br²

¹ Universidade Estadual de Santa Cruz, BA, Brasil,

² Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil,

Resumo: Alternativas que reduzam a dependência da matriz energética mundial aos derivados do petróleo são discutidas cada vez mais. Existe uma grande quantidade de dados acadêmicos relacionando consequências perniciosas ao meio ambiente devido a indústria de petróleo e seus componentes refinados. A substituição dos óleos a base mineral pela base vegetal é uma medida seguindo essa tendência. O óleo vegetal é uma substância biodegradável com a capacidade comprovada de ser decomposta em um intervalo de até um ano, o que faz com que seja um produto menos tóxico e agressivo ao meio ambiente do que os de base minerais. O óleo vegetal escolhido para esse trabalho foi o de dendê, por ser um óleo popularmente conhecido na culinária brasileira, principalmente baiana. É um dos óleos vegetais mais consumidos no mundo, atrás apenas dos óleos de soja e canola. O objetivo desse estudo foi comparar as propriedades e comportamentos do óleo mineral 15w-40 com o óleo de dendê através de um ensaio PIN-ON-DISK com presença do filme de óleo. Após os ensaios, os óleos utilizados foram analisados através dos dados de espectrometria, ferrografia, viscosidade de Saybolt, monitor de partículas ferrosas e dos sinais coletados pelo software, gerados pelo tribômetro. Pelos resultados obtidos, observou-se que o lubrificante vegetal, óleo de dendê, tem grande potencial para ser usado na substituição do óleo mineral. Os dados apresentaram a real possibilidade da utilização do óleo livre de qualquer tipo de tratamento adicional a fim de torná-lo mais eficiente, como mistura de aditivos ou envelhecimento.

Palavras-chave: Tribologia. PIN-ON-DISK. Óleo vegetal. Óleo de dendê. Biodegradável.

1. INTRODUÇÃO

O termo tribologia, que vem do grego Τριβο (Tribo - esfregar) e Λογος (Logos - estudo), de forma que uma tradução literal significa 'Estudo do Atrito', ou a ciência que estuda o Atrito. O termo tribologia foi utilizado oficialmente, pela primeira vez em 1966, na Inglaterra, em um relatório feito por H. Peter Jost para o comitê do departamento de educação e ciência. Segundo Jost a tribologia é definida como “A ciência e a tecnologia da interação entre superfícies com movimento relativo e dos assuntos e práticas relacionadas” (AIROLDI, BONETTI, RADI, SANTOS, 2007). Jost foi pioneiro no estudo de impactos econômicos devido à utilização dos conhecimentos de tribologia. Segundo seu relatório as estimativas de reduções de gastos apresentadas mediante o uso do conhecimento já existente, poderiam se reduzir as perdas por desgaste em até 20% (JOST, 1966). Tendo em vista isto, as análises de perdas por desgaste são de grande importância no aspecto ambiental. Segundo Anderson (1991) citado por Sinatora (2005), se tomar como exemplo o funcionamento de um automóvel que pode ter cerca de 15% em perdas por atrito, uma melhoria de 20% significaria em uma economia de 300 milhões de reais por ano, que são investidos para uma redução de 37.500 toneladas de CO₂ emitidos anualmente para atmosfera, levando em consideração apenas na cidade de São Paulo.

Apesar da palavra ser relativamente nova, o assunto a que faz referência não é, a tribologia se dedica, ao estudo do desgaste, do atrito e, por conseguinte, da lubrificação, como forma tradicional de minimizá-los. Apoiar-se em áreas como a mecânica, física, química e ciências dos materiais, não envolvendo, portando, nenhum conhecimento novo (SINATORA, 2005). A invenção da roda ilustra bem a preocupação do homem em reduzir o atrito nos movimentos de rotação e translação, sendo esta é anterior a qualquer registro histórico existente.

Os fenômenos tribológicos não estão restritos as máquinas, seus mancais ou a inovações tecnológicas, a própria habilidade de andar é decorrente da ação do atrito entre os pés e o chão. Logo o atrito é algo desejado em algumas

situações como esquiar, surfar, correr, frear algo em movimento, de modo que os efeitos tribológicos tiveram uma grande influência no processo da evolução humana (STOETERAU, 2004).

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As amostras de latão foram usinadas com a ajuda do torno Universal, aplicando um furo central e um chanfro de ambos lados da amostra. Esse furo com o auxílio do chanfro foi feito para que as amostras pudessem ser fixadas no tribômetro para a realização dos testes. Para um maior aproveitamento das amostras, registradas na Fig. 1, esta foi usinada e preparada para poder ser utilizada no tribômetro de ambos os lados.



Figura 1- Amostras usinadas

Após a perfuração de fixação do disco, este foi polido com o objetivo de diminuir sua rugosidade ao máximo para uma melhor observação dos resultados posteriores como pode ser observado na Fig. 2. Para que esses não sofressem problemas com o coeficiente de atrito inicial, fez-se necessário que todas as faces das amostras tivessem rugosidades iguais ou próximas, e dentro do padrão de rugosidades para polimento.



Figura 2- Amostras 1 e 2 após o polimento

Após o polimento o disco de bronze foi avaliado quanto a sua rugosidade, verificando se está dentro das especificações desejadas.

Foram feitos 3 diferentes tipos de teste. Os ensaios serão divididos em 3 partes:

- Utilizando o óleo mineral como lubrificante (30ml);
- Utilizando o óleo vegetal como lubrificante (30ml);
- Sem a utilização de lubrificante.

O óleo mineral utilizado no experimento foi o Shell Helix HX5 (15w-40), por se tratar de um óleo comumente utilizado nos carros de passeio, e para o óleo vegetal o de dendê, por se tratar de um dos óleos mais utilizados no mundo e ser muito conhecido da culinária baiana.

Para um melhor aproveitamento das amostras foram realizados 2 ensaios em cada lado da mesma, para cada tipo de teste, obtendo o total de 5 ensaios. Cada ensaio simulou um percurso de 2km, onde os raios dos percursos do pino sobre os discos terão 22 e 16,5mm respectivamente. A força aplicada sobre a peça se manteve constante e de valor correspondente a 100N, assim como sua velocidade de rotação com o valor de 300 rpm.

A cada início e término de ensaio, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão afim de se medir a quantidade de massa perdida durante o processo de desgaste. Os resultados visuais obtidos nas amostras após os testes realizados podem ser observados nas Fig. 3 a 5.

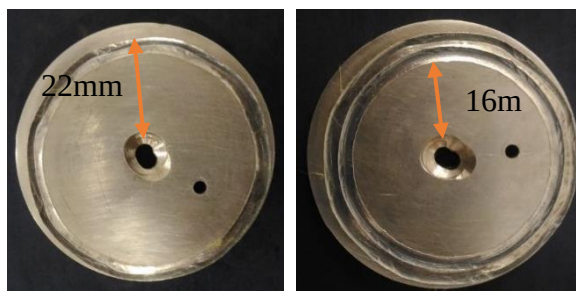
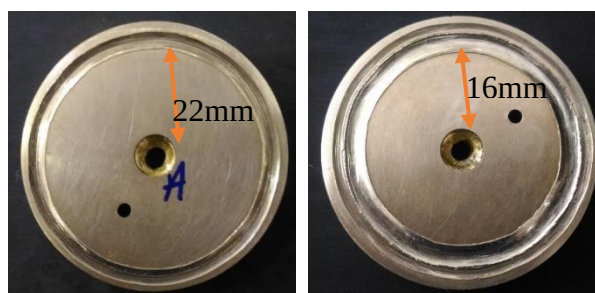
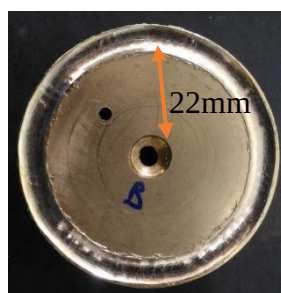


Figura 3- Resultado nas amostras para o teste com óleo mineral**Figura 4- Resultado nas amostras para o teste com óleo vegetal****Figura 5- Resultado na amostra sem lubrificante**

Após a realização dos testes PIN-ON-DISK, fez-se os testes da viscosidade, utilizando o Viscosímetro Saybolt; depositador rotativo de partículas (RPD – Rotary Particle Depositor); microscópio óptico ou ferrosópio; monitor de Partículas Ferrosas (PQA – Particle Quantifier Analysis).

3. RESULTADOS E DISCURSÕES

Com os dados obtidos das Tab. 1 e 2 pode-se analisar as perdas de massas observadas em cada um dos testes realizados. Observa-se que o óleo mineral sofreu uma menor perda de massa que o óleo vegetal em ambos os testes. Comparando-se a quantidade de massa perdida para o teste de 22mm dos lubrificantes percebe-se um aumento muito pequeno da perda de massa total de uma amostra quando se muda o lubrificante mineral para o vegetal.

No teste para o óleo mineral com o raio de 16,5mm por outro lado, o que chamou a atenção foi o pequeno valor de massa perdida. Nesse teste o valor de massa perdida é um pouco mais que a metade do que no teste feito com o raio de 22mm para o mesmo lubrificante.

Tabela 1-Analise de perda de massa para o teste com óleo mineral

	Antes do teste	Teste (22mm)	Teste (16,5mm)
Media do peso	128,8239	128,3655	128,1692
Perda em (g)	-----	0,4584	0,1962
Perda em (%)	-----	0,36	0,15

Tabela 2-Analise de perda de massa para o teste com óleo vegetal

	Antes do teste	Teste (22mm)	Teste (16,5mm)
Media do peso	133,258	132,6914	128,6761
Perda em (g)	-----	0,5667	1,1103
Perda em (%)	-----	0,43	0,86

A partir da captura dos sinais do hardware do tribômetro foi possível analisar graficamente parâmetros como a força aplicada ao longo do eixo Z, posição do eixo Z e coeficiente de atrito.

Na força aplicada ao longo do eixo Z a variação da aplicação da força do tribômetro na amostra foi 8 vezes menor para o teste com o óleo lubrificante mineral, o lubrificante vegetal que por sua vez está próxima da variação no teste sem lubrificante que chegou a ser levemente superior, como pode-se observar na Fig. 6.

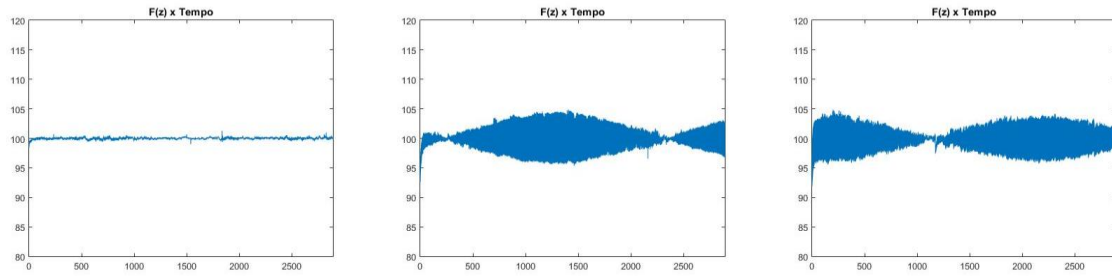


Figura 6- Força aplicada em Z pelo tempo, para o teste com óleo mineral, vegetal e sem lubrificante para o raio de 22mm

Para a posição do eixo Z, observou-se que a profundidade alcançada pela haste do tribômetro, como era de se esperar, é menor conforme a eficiência do lubrificante utilizado. Essa peculiaridade era esperada em função de quanto menor a eficiência do lubrificante utilizado, maior seria o desgaste sobre a peça e consequentemente, maior seria a profundidade do mesmo, conforme a Fig. 7.

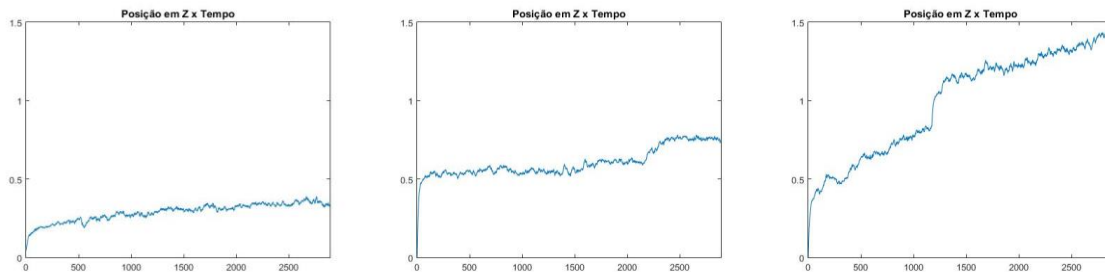


Figura 7- Posição do eixo Z pelo tempo, para o teste com óleo mineral, vegetal e sem lubrificante para o raio de 22mm

Analisando o coeficiente de atrito, foi observado que o lubrificante mineral e o vegetal trabalharam dentro de valores muito próximos para os primeiros 2000s de teste. Após ultrapassados os 2000s de teste para o óleo vegetal, o comportamento do coeficiente de atrito passa a sofrer uma variância muito maior em sua faixa de trabalho, chegando muito próximo ao comportamento no teste sem lubrificante, como pode-se observar na Fig. 8.

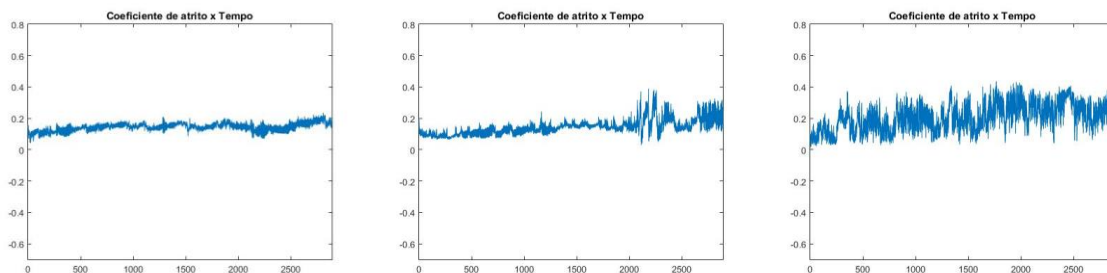


Figura 8- Coeficiente de atrito pelo tempo, para o teste com óleo mineral, vegetal e sem lubrificante para o raio de 22mm

Para a análise de viscosidade observou-se que o óleo de dendê e o mineral possui valores de SSU (segundos Saybolt universal) muito próximos quando trabalhado na maior temperatura, chegando a ter semelhança igual a 90%. Porém quando se trata da menor temperatura essa diferença se distancia, chegando a aproximadamente 57,7%. Se tratando de valores de IV (índice de viscosidade), o óleo de dendê é 150% maior que o óleo mineral, sendo eficiente que o óleo mineral para altas temperaturas. Esses fatos podem ser observados na Tab. 3.

Tabela 3- Valores de SSU e IV para os óleos mineral e dendê

Óleo	Temperatura	SSU	IV
Mineral	40	484,3	37,76
	100	84,1	
Dendê	40	279,5	56,91
	100	72,5	

Através do monitor de partículas ferrosas obteve-se o índice PQ (Fig. 9), constatou-se que a quantidade de partículas encontradas no monitor de partículas ferrosas para os testes no óleo mineral para 22 e 16,5mm possuem valores muito próximos bem como os testes para o óleo vegetal, apesar de maior que a do teste mineral. Comparando por sua vez a diferença entre os óleos mineral e vegetal, a grosso modo, para os testes com o raio de 22mm, a diferença na quantidade de partículas não chega a ser grande, tendo em vista que o aparelho de monitor partículas não tem muita precisão para uma pequena quantidade de partículas.

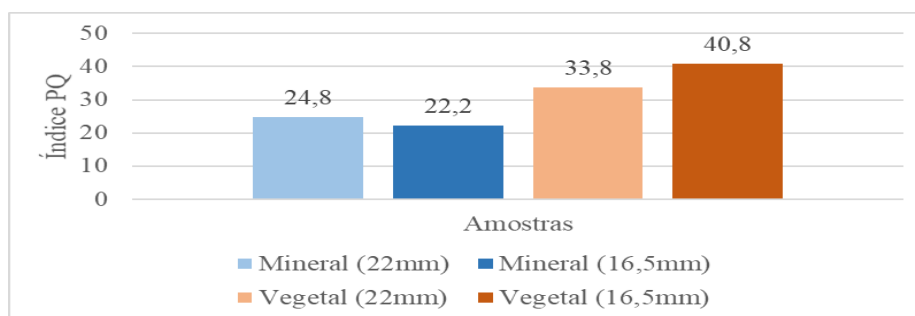


Figura 9- Gráfico Índice PQ

As fotografias obtidas através da análise dos ferrogramas resultantes do ensaio de RPD, representadas na Fig. 10, mostram algumas partículas com tamanhos maiores que 60 μm , onde aparecem em segundo plano uma vasta quantidade de partículas menores mostrando que o ensaio não teve característica severa para o material. A pequena quantidade de partículas encontradas no ensaio PQ mostra que o ensaio poderia ter sido com um tempo maior. Algumas partículas com formas arredondadas pode ser um indicio de oxidação.

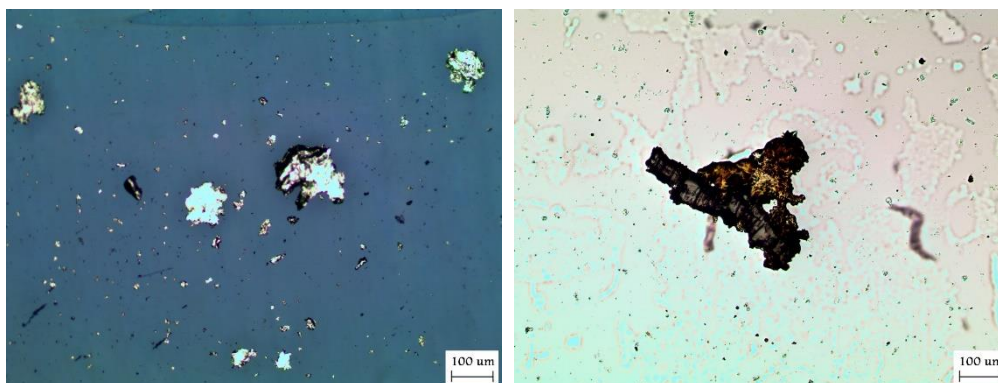


Figura 10- Partículas de desgaste da amostra de raio 22mm para o óleo mineral e vegetal (Ampliação 100X)

4. CONCLUSÃO

Como apresentado os lubrificantes vegetais tem um grande nicho a ser explorado por existirem poucas pesquisas e investimentos nessa área. Apesar do pouco investimento que vem acontecendo no mercado, os biolubrificantes são os lubrificantes do futuro por serem biodegradáveis, ecologicamente menos agressivo, além de se tratar de uma fonte “inesgotável” de matéria prima, ao contrário das bases minerais.

As análises de perda de massas bem como o monitoramento de partículas ferrosas mostraram que o óleo de dendê e o óleo mineral possuem resultados muito próximos quando analisados de uma visão mais ampla. Os coeficientes de atrito encontrado em ambos os óleos estão muito próximos quando observado nos primeiros 2000s de teste.

A variação do índice PQ entre os dois óleos ficaram bem próximos, mostrando que o óleo de dendê sem nenhum aditivo se comportou bem em comparação com o óleo mineral 15w-40 que é muito utilizado em carros de passeio.

Logo pelos resultados obtidos, observou-se que o lubrificante vegetal, óleo de dendê, tem grande potencial para ser usado na substituição do óleo mineral. As análises realizadas nesse trabalho mostraram bons resultados, pois este estava

livre de todo e qualquer tipo de tratamento a fim de torna-lo mais eficiente. Em trabalhos futuros poderão ser analisados os resultados com óleos envelhecidos e com incremento de aditivos.

Sendo assim essa pesquisa espera poder divulgar os conhecimentos adquiridos sobre os óleos vegetais como forma de lubrificantes automotivos, de forma a incentivar novas pesquisas nessa área e quem sabe até um possível investimento de empresas interessadas.

5. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho teve apoio da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) através do projeto de pesquisa nº PROPP 00220.1300.1607 e pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus Ilha Solteira através da utilização do laboratório de tribologia.

6. REFERÊNCIAS

Airolidi, Vladimir J. T. & Bonetti, Luiz F. & Radi, Polyana A. & Santos, Lúcia V. Tribologia, conceitos e aplicações. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2007.

Jost, H.P, 1960, Lubrication (tribology) education and research, Jost Rep., Department of Education and Science, HMSO, London, 1966, p.4. Citado em: Sinatora, A., 2005, "Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte", Prova de Erudição, São Paulo.

Sinatora, A., 2005, "Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte", Prova de Erudição, São Paulo.

Stoeterau, RODRIGO L. Tribologia. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

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

VIABILITY ANALYSIS OF THE USE OF DENDE OIL IN AUTOMOTIVE LUBRICATION THROUGH THE PIN-ON-DISK TEST

S.O. Cézar¹, sillas_cezar@hotmail.com¹

E.F.M.S Silva¹, efmssilva@uesc.br¹

P.R.R Matos¹, paulomatosf@gmail.com¹

A. C. Gonçalves², cido@dem.feis.br²

¹ Universidade Estadual de Santa Cruz, BA, Brasil,

² Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil,

Abstract. Alternatives that reduce the dependency of the world energy resources on mineral oil derivatives are increasingly discussed. Large amount of academic data relates harmful consequences to the environment due to the petroleum and its refined components industry. The substitution of mineral based oils for the vegetable base is a step following this trend. Vegetable oil is a biodegradable substance with a proven ability to decompose within an interval up to one year, making it a less toxic and environmentally aggressive product than mineral based ones. The vegetable oil chosen for this study is extracted from the palm tree (*Elaeis guineenses*). This oil is popularly known in Brazilian cuisine, mainly in Bahia. It is one of the most consumed vegetable oils in the world, soy and canola oils are in the upper positions. The objective of this study was to compare the properties and behaviors of 15w-40 mineral oil against palm oil through a PIN-ON-DISK test with presence of the oil film. After the tests, the oil used was analyzed using spectrometric, ferrography, Saybolt's viscosity, ferrous debris monitor data and signals from the tribometer collected by the software. From the results obtained, it was observed that the palm oil lubricant has great potential to replace mineral oil. The data showed the real possibility of using palm oil without any additional treatment in order to make it more efficient, such as mixture of additives or artificial aging.

Keywords: Tribology. PIN-ON-DISK. Vegetable oil. Palm oil. Biodegradable.