

LUBRICIDADE DO COMBUSTÍVEL DIESEL E DOS BIOCOMBUSTÍVEIS DE SOJA B20 E B100

Aline Cristina Mendes de Farias, alinecmfarias@ufrnet.br¹
Jaciana Silva de Santana, jaciana_santana@yahoo.com.br¹
Janaina Silva de Santana, santana.js@ufrnet.br¹
Ademir Oliveira da Silva, ademiros@ufrnet.br³
Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br^{1,2}
João Telésforo Nóbrega de Medeiros, jtelesforo@yahoo.com^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

²Departamento de Eng. Mecânica – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

³Departamento de Química – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

***Resumo:** As pressões ambientalistas pela melhor da qualidade do ar e redução do aquecimento global intensificam metas legalmente amparadas com níveis decrescentes de emissões veiculares e o desenvolvimento de motores/ veículos e combustíveis, os quais devem ser compatíveis com essas exigências ambientais, variáveis de país para país. A redução do teor de enxofre para 50 ppm no óleo diesel em 2009 proporcionou a minimização dos poluentes no meio ambiente, entretanto essa redução comprometeu negativamente a auto lubrificação do combustível, resultando em possível intensificação da taxa de desgaste de componentes do sistema de injeção e motor, e redução da vida útil dos mesmos. Com a função de aumentar a lubricidade do óleo diesel, a ele é adicionado biodiesel, reconstituindo a lubricidade necessária para atender ao bom funcionamento dos motores do Diesel. No Brasil, a utilização do B5 foi antecipada de 2013 para 2010. A norma ASTM D-6079 e o método HFRR são utilizados pela ANP para designar a lubricidade do Biodiesel. Segundo cinco importantes fabricantes europeus de equipamentos de injeção de combustível Diesel e Biodiesel, a lubricidade é um critério importante para garantir um bom "running-in" do motor Diesel no primeiro abastecimento, o que exige um combustível com boas características de lubricidade de dimensão da escara de desgaste - $d_e < 400 \mu\text{m}$, tolerando-se, nos abastecimentos subseqüentes, $d_e < 460 \mu\text{m}$ (ISO 12156-1). Este trabalho dedica-se à determinação e à avaliação da lubricidade de três óleos: B20 e B100 (proveniente da soja) e diesel convencional, utilizando-se uma sonda de deslizamento alternado de alta frequência (High Frequency Reciprocating Test Rig, HFRR). Os resultados destes ensaios de lubricidade das amostras de B20, B100 e óleo diesel são discutidos considerando-se os valores de lubricidade obtidos, os níveis recomendados mundialmente e os interesses segmentados sob a óptica (i) ambiental, (ii) dos usuários de motores Diesel e dos fabricantes (iii) automotivos e (iv) do Biodiesel.*

***Palavras-chave:** biodiesel; lubricidade; desgaste; motor Diesel; éster de soja*

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão, do gás natural e de hidroelétricas. Os problemas ambientais causados na produção e consumo destas fontes de energias, tais como o aquecimento global e a escassez do combustível fóssil, além da contaminação do solo por rompimentos de oleodutos etc., levam a humanidade à busca de fontes alternativas de energia. Com isto as energias renováveis estão sendo utilizadas como fontes menos poluentes, e com isto o Brasil vem ganhando liderança e domínio em pesquisas e desenvolvimentos de tecnologias para a produção e uso de bioenergia (Folquenin, 2008).

O uso da mistura biodiesel + diesel, promovida pelo governo brasileiro desde 2008, além de minimizar a poluição ambiental, devido ao uso de combustível fóssil, pode promover o aumento da distribuição de rendas, principalmente com a produção de oleaginosa e do biodiesel por pequenos produtores agrícolas. O produto biodiesel deve ser destinado apenas para utilização em motores Diesel, com a vantagem de ser livre de enxofre e de compostos aromáticos (Folquenin, 2008).

O bom grau de eficiência do motor Diesel está intimamente ligado aos poluentes gerados durante a sua combustão. A combustão próxima do PMS (ponto morto superior) é possível com uso de injeção direta, porém uma falta de oxigênio local é inevitável e com isso é gerado a fuligem, entretanto o aumento da pressão de injeção promove uma melhor preparação da mistura, reduzindo este efeito (Bosch, 2005). Além disso, o combustível diesel contém teores de

enxofre, e durante a sua combustão são gerados SO_2 e massa de particulados (sulfatos na fuligem), os quais também são responsáveis pela contaminação de filtro de particulados e catalisadores de desnitrificação. Sabe-se, todavia, que a introdução de combustíveis ambientalmente compatíveis, dessulfurizados por hidrogenação, provoca vários problemas, como é o caso do desgaste para as bombas de injeção, pois a lubrificação torna-se insuficiente e para isto é necessário a adição de corretores de lubrificidade, dentre eles, o éster de ácido graxo, ou seja, o biodiesel (Bosch, 2005).

O presente estudo trata da determinação e avaliação da lubrificidade de três óleos: B20 e B100 de ésteres etílicos de soja e o diesel convencional (sem adição de biodiesel), utilizando-se um equipamento oscilante de alta frequência (High Frequency Reciprocating Test Rig, HFRR), com objetivo de fornecer valores de diâmetro médio da escara de desgaste (WSD), os quais são comparados com os valores recomendados mundialmente. Os resultados são discutidos nos aspectos: (i) ambiental, (ii) dos usuários de motores Diesel e dos fabricantes (iii) automotivos e (iv) do Biodiesel.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Motor Diesel e Combustíveis

2.1.1. O Motor Diesel

O motor Diesel é um motor de combustão interna (MCI) que possui pistão alternativo com formação de interna de mistura (heterogênea) e auto-ignição. Durante o tempo de compressão, o ar de admissão é comprimido para 30 – 55 bar ou em motores aspirados naturalmente; ou 80 – 110 bar nos motores sobrealimentados, de modo que sua temperatura aumenta para 700 – 900 °C. Esta temperatura é suficiente para introduzir a auto-ignição no combustível injetado nos cilindros um pouco antes do final do tempo de compressão, quando o pistão se a próxima do ponto morto superior (PMS). Nos processos heterogêneos, a formação de mistura é decisiva para determinar a qualidade da combustão que se segue e a eficiência com a qual o ar da combustão introduzido é utilizado e para a definição dos níveis disponíveis de pressão média efetiva (Bosch, 2005).

A alimentação de combustível tem a função de armazenar, filtrar o combustível necessário e oferecer ao sistema de injeção uma determinada pressão de alimentação em todos os regimes de funcionamento. Além disso, os sistemas de injeção são sensíveis às menores impurezas no combustível. Danos podem ocorrer acima de tudo por erosão de partículas e corrosão pela presença da água. O tempo de vida útil só é garantido contra os componentes de risco de desgaste a partir de uma determinada pureza mínima do combustível. Sendo assim, o motor Diesel utiliza um filtro que tem a função de reduzir a contaminação por particulados e proteger contra o desgaste, visto que o combustível diesel possui mais impurezas quando comparado à gasolina (Bosch, 2005).

2.1.2. Óleo Diesel

O óleo diesel é uma mistura de hidrocarbonetos (parafínicos, olefínicos, naftênicos e aromáticos), além de pequenas quantidades de moléculas de enxofre, nitrogênio, metais e oxigênio. Ele é classificado de acordo com suas propriedades, tais como: ponto de fulgor, ponto de fluidez, percentagem de água e de sedimentos, carbono residual, cinzas sulfatadas, temperatura de destilação, viscosidade, lubrificidade, e outras. A fração de aromáticos do diesel contém poliaromáticos (HPAs), os quais possuem elevada toxicidade para os seres humanos, afetam também organismos presentes no solo, água e plantas. O combustível diesel contém uma grande variedade de hidrocarbonetos individuais, com pontos de ebulição que variam de 180 °C a 370 °C. Sendo o produto da destilação graduada de óleo cru (Folquenin, 2008; Bosch, 2005).

O ponto de fulgor é a temperatura na qual as quantidades de vapor emitidas por um fluido de combustível para a atmosfera, são suficientes para permitir a combustão da mistura vapor-ar acima do fluido. Por considerações de segurança, o combustível diesel deve apresentar ponto de fulgor > 55 °C (Bosch, 2005).

A Viscosidade pode ser encarada como o atrito interno de um fluido provocado essencialmente pela interação entre as moléculas deste, ou seja, o transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular. Quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade que o fluido se movimenta. Para haver esse movimento faz-se necessário exercer uma força para que uma camada de fluido deslize ou escorregue sobre outra. O coeficiente de viscosidade cinemática ν é o quociente entre o coeficiente de viscosidade dinâmica e a massa específica, conforme $\nu = \eta/\rho$. Geralmente, as propriedades do biodiesel e especialmente sua viscosidade e propriedades de ignição são similares às propriedades do diesel (Rutz e Janssen, 2008).

Os combustíveis diesel com valores de densidade elevados causam aumento das emissões de particulados, enquanto que, com densidades mais baixas, estes diminuem o rendimento do motor. Combustíveis com baixa viscosidade podem provocar a perda de combustível por vazamento durante a injeção na câmara diminuindo a potência. Enquanto que a viscosidade significativamente mais elevada promove o aumento da pressão de pico de injeção em altas temperaturas em sistemas sem regulação de pressão, além de mudar o padrão de pulverização devida à formação de gotículas maiores (Bosch, 2005).

2.1.3. Biodiesel

O biodiesel é um combustível alternativo derivado de oleaginosas e graxas vegetais e animais que foram submetidas ao processo de transesterificação com metanol; todavia o etanol também pode ser usado no lugar do metanol, como é o caso do éster etílico de soja (SEE) produzido no Brasil. Entretanto os óleos vegetais puros, não submetidos à esterificação são muito pouco usados em motores Diesel com injeção direta. Eles ocasionam problemas consideráveis, principalmente devido à sua alta viscosidade e forte tendência a causar carbonização do bico injetor (Bosch, 2005; Maziero, 2007).

O éster metílico (ou etílico) pode ser usado em sua forma pura (B100) ou em até no máximo 5 % como aditivo de combustível diesel (B5). O uso de biodiesel também pode provocar problemas de funcionamento. A estabilidade de envelhecimento e (estabilidade de oxidação) e a eliminação da contaminação causada pelo processo devem ser asseguradas (Bosch, 2005).

O biodiesel é definido pela “National Biodiesel Board” dos EUA como derivado monoquíter de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis: óleos vegetais ou gordura animal. Sendo a sua utilização relacionada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (ciclo diesel). O produto biodiesel tem as seguintes características: (a) são virtualmente livres de enxofre e compostos aromáticos; (b) possuem alto número de cetano; (c) tem teor médio de oxigênio em torno de 11 %; (d) possui maior viscosidade; (e) elevado ponto de fulgor quando comparado ao diesel convencional; (f) possui mercado específico, diretamente associado às atividades agrícolas e; (g) tem preço de mercado relativamente superior ao diesel convencional. Enquanto combustível, o biodiesel necessita de algumas características técnicas que podem ser consideradas imprescindíveis: reação de transesterificação deve ser completa, acarretar ausência total de ácidos graxos remanescentes e o biocombustível de elevada pureza, sem traços de glicerina, de catalisador ou de álcool (Folquenin, 2008).

A produção de biodiesel é composta por seis etapas respectivas: preparação da matéria-prima; transesterificação; separação de fases e lavagem ácida ou básica; recuperação e desidratação do álcool e; purificação do biodiesel. A maior parte do biodiesel produzido atualmente no mundo é derivada da soja, utilizando metanol/etanol e catalisador alcalino em sua síntese, entretanto, todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos, podem ser transformados em biodiesel. Os óleos vegetais podem reagir quimicamente com o álcool para produzir ésteres, os quais recebem o nome de biodiesel (combustível) (Folquenin, 2008).

A produção de biodiesel não é viável economicamente, quando comparada a combustíveis diesel baseados em óleo mineral e deve ser amplamente subsidiada (isenção de imposto de óleo) (Bosch, 2005). Apesar de ter preço superior ao diesel convencional, o biodiesel é a solução atual para minimizar os problemas decorrentes do consumo do combustível diesel, no entanto a sua capacidade de produção é limitada, pois depende de áreas agricultáveis disponíveis, portanto substituirá parcialmente o petróleo. Atualmente o Brasil importa 6 bilhões de litros de diesel, custando em torno de 1,5 bilhões de dólares. A lei nº 11.097/2005 fez a Petrobras substituir de imediato 1/3 de sua importação, o que implica no beneficiamento econômico de muitas famílias de agricultores (Folquenin, 2008).

2.1.4. Misturas Biodiesel + Diesel

O Programa Nacional de Produção do uso de biodiesel foi lançado em 2005, pela lei 11.097/2005. De acordo com o Conselho Nacional de Política Energética, CNPE, a obrigatoriedade de adição de 2 % de biodiesel em diesel se iniciou em 2008. Os produtores de biodiesel também fizeram pressão para o governo brasileiro aumentar o teor de biodiesel no diesel imediatamente (Folquenin, 2008). Havia a perspectiva de oferecer o B5 em 2013, porém algumas cidades metropolitanas já o anteciparam para este ano de 2010.

A mistura biodiesel+diesel utilizada no presente trabalho foi o biodiesel B20, ou seja, 20% de adição do éster etílico de soja ao diesel convencional, biodiesel de soja (B100) e o diesel convencional, Fig. (1). As amostras de combustível diesel e de éster de soja foram cedidas pelo Núcleo de Processamento Primário de Reuso de Água Produzida- NUPRAR/UFRN, e então foi obtida pela mistura B20 de éster de soja.

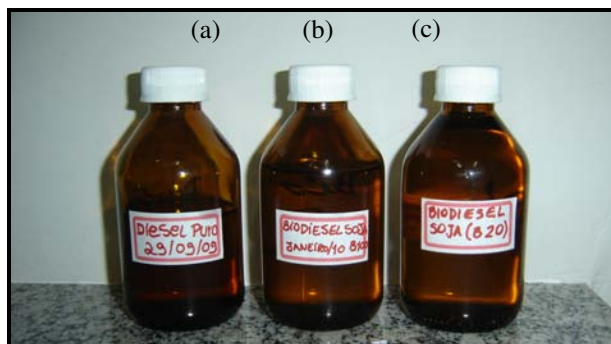


Figura 1: Combustíveis utilizados no ensaio de lubrificidade HFRR. (a) diesel convencional; (b) B100 de soja e; (c) B20 de éster de soja.

As amostras de combustíveis possuem as seguintes características físico-químicas apresentadas na Tab. (1).

Tabela 1. Características físico-químicas para os fluidos combustíveis analisados.

Combustíveis	Massa Específica (Kg/m ³)	Viscosidade Cinemática (cSt)	Número de Cetano	Corrosividade ao Cobre	Potencial de Hidrogenação (pH)	Ponto de Fulgor (°C)
Diesel Convencional	821	3,04	51	1a	5	36
Biodiesel de Soja	882	4,94	58	2c	4	72
B20 de Soja	834	4,12	60	1b	5	39

2.2. O Ensaio de Lubricidade HFRR

Segundo a norma ASTM D-6079 – 04, a lubricidade é um termo qualitativo para descrever a habilidade de um fluido para oferecer atrito e desgaste das superfícies em movimento relativo sob carga. Assim, a lubricidade pode ser entendida como a característica de um combustível ou lubrificante que causa uma diferença no atrito sob condições de lubrificação de uma camada limite quando os demais fatores do sistema, exceto o próprio combustível ou lubrificante, são mantidos constantes. Sendo assim, uma ótima lubricidade está relacionada a baixos valores de atrito (Kadjas; Harvei; Wilusz, *apud* Joaquim, 2007).

Quando duas superfícies em contato deslizam uma sobre a outra, a interação entre suas asperezas é responsável por gerar as forças de contato que se opõem ao movimento (conhecidas como forças de atrito), que têm parte de suas energias dissipadas na forma de calor, ruído e desgaste dos materiais envolvidos no contato. Se entre as superfícies houver um material servindo de interface entre o contato das superfícies e agindo de modo a diminuir estas forças de atrito, diz-se que o deslizamento é lubrificado (Hutchings, *apud* Joaquim, 2007).

O material lubrificante caracteriza-se por ter uma tensão de cisalhamento menor que a dos materiais das superfícies envolvidas e sua presença faz com que haja um afastamento entre elas, de modo que a combinação destes dois fatores evita a deformação plástica das asperezas seguida por cisalhamento, que seria a responsável por um desgaste acentuado das superfícies e um elevado coeficiente de atrito entre elas (Hutchings, *apud* Joaquim, 2007; Santana, 2009).

Em alguns sistemas lubrificados, o lubrificante pode não prevenir completamente o contato entre as asperezas, entretanto, também pode reduzir a resistência da formação de junções. Em outros casos, o lubrificante separa as superfícies completamente e nenhuma junção é formada. Portanto, os possíveis tipos de lubrificação são definidos de acordo com a espessura do filme lubrificante, e também em função da possibilidade ou não de haver contato entre os elementos do par, por rompimento localizado e momentâneo do filme lubrificante. (Hutchings, *apud* Santana, 2009).

Existem três regimes de lubrificação: Lubrificação Limítrofe; Elastohidrodinâmica (filme parcial e completo) e; Hidrodinâmica. Na Figura (2) são apresentados os regimes citados através da Curva de Stribeck, a qual relaciona o coeficiente de atrito em função do parâmetro λ (razão entre a espessura de filme lubrificante e a rugosidade média do material).

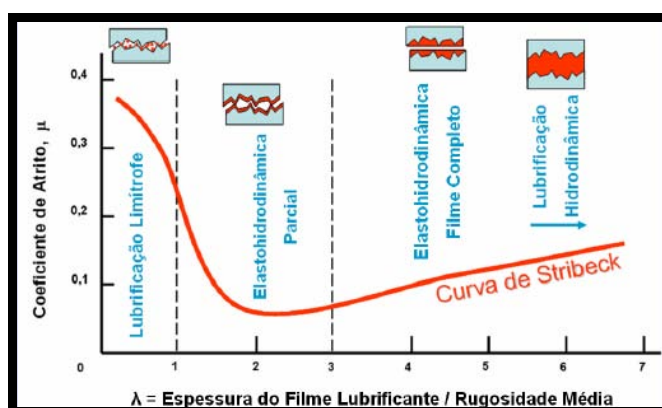


Figura 2 – Regimes de lubrificação representada pela curva de Stribeck (Santana, 2009).

A lubricidade foi avaliada através de ensaios em uma máquina HFRR pertencente ao GET – Grupo de Estudos de Tribologia e Integridade Estrutural da UFRN. Neste equipamento, a quantidade de 2 mL de combustível ou óleo deve ser adicionada a um recipiente que contém o par tribológico em contato (esfera, 66>HRC>58, Ra=0,05 µm, contra disco torneado, lapidado e polido, 210>HV_{0,03}>190, Ra=0,02 µm, ambos de aço AISI E-52100), submetido a um ensaio HFRR, de deslizamento alternado de amplitude 1 mm e frequência 50 Hz, durante 75 minutos. Após este tempo, a esfera é sacada do locus de ensaio e o excesso de óleo removido com papel absorvente. As dimensões da escara de desgaste formada na superfície da esfera são avaliadas em um microscópio óptico com ampliação de 100 vezes.

A média aritmética dos diâmetros maior (x) e menor (y) da elipse da escara é o número que descreve o desgaste da esfera, a quem se associa o grau de lubrificidade do combustível. Este número é chamado de WSD (Wear Scar Diameter) pela norma ASTM D 6079-04. Valores WSD altos indicam um maior desgaste da esfera e, portanto, um fluido com menor lubrificidade e vice-versa (Joaquim, 2007).

Na Figura (3) é apresentado o diagrama esquemático do equipamento HFRR, detalhando-se o posicionamento do material a ser avaliado e os principais componentes da máquina de ensaio.

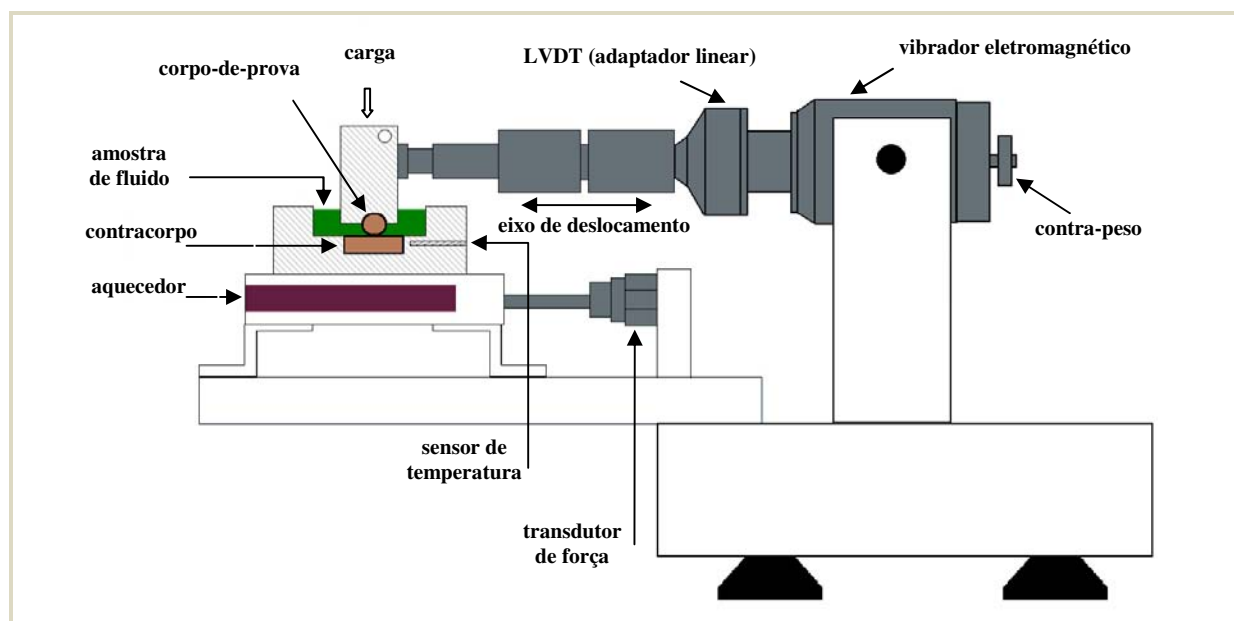


Figura 3. Diagrama esquemático do ensaio no equipamento de lubrificidade HFRR.

A Figura (4) apresenta o disco e a esfera posicionados nos respectivos suportes e a configuração do contato tribológico no equipamento HFRR.

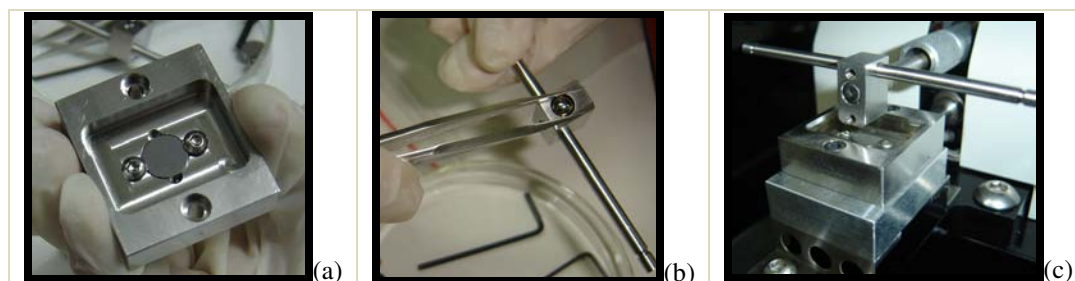


Figura 4. Posicionamento do disco e da esfera nos suportes (a) e (b), respectivamente, e configuração do contato tribológico no equipamento HFRR (c).

No plano laboratorial, para cada fluido combustível (diesel, soja B100 e B20), foram realizadas sete determinações, segundo as condições apresentadas na Tab.(2) (ASTM D-6079), verificando também a repetitividade dos dados de coeficiente de atrito, percentual de filme interfacial, temperatura e diâmetro médio da escara de desgaste (WSD).

Tabela 2. Condições de ensaio – Norma ASTM D-6079 (60 °C).

Volume do fluido (mL)	$2 \pm 0,2$
Comprimento do golpe (mm)	$1 \pm 0,02$
Frequência (Hz)	50 ± 1
Temperatura do fluido (°C)	60 ± 2
Umidade relativa (%)	30
Carga aplicada (N)	$2 \pm 0,01$
Duração do ensaio (min)	$75 \pm 0,1$
Área superficial (cm ²)	6 ± 1
Velocidade (m/s)	0,1
Distância de Deslizamento (m)	450

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura (5) são apresentados os gráficos com as curvas de temperatura, porcentagem do filme e coeficiente de atrito para os ensaios realizados com o biodiesel de soja B100 e B20 e diesel convencional com as respectivas imagens da escara de desgaste obtidas por microscopia óptica, ampliação 100 vezes.

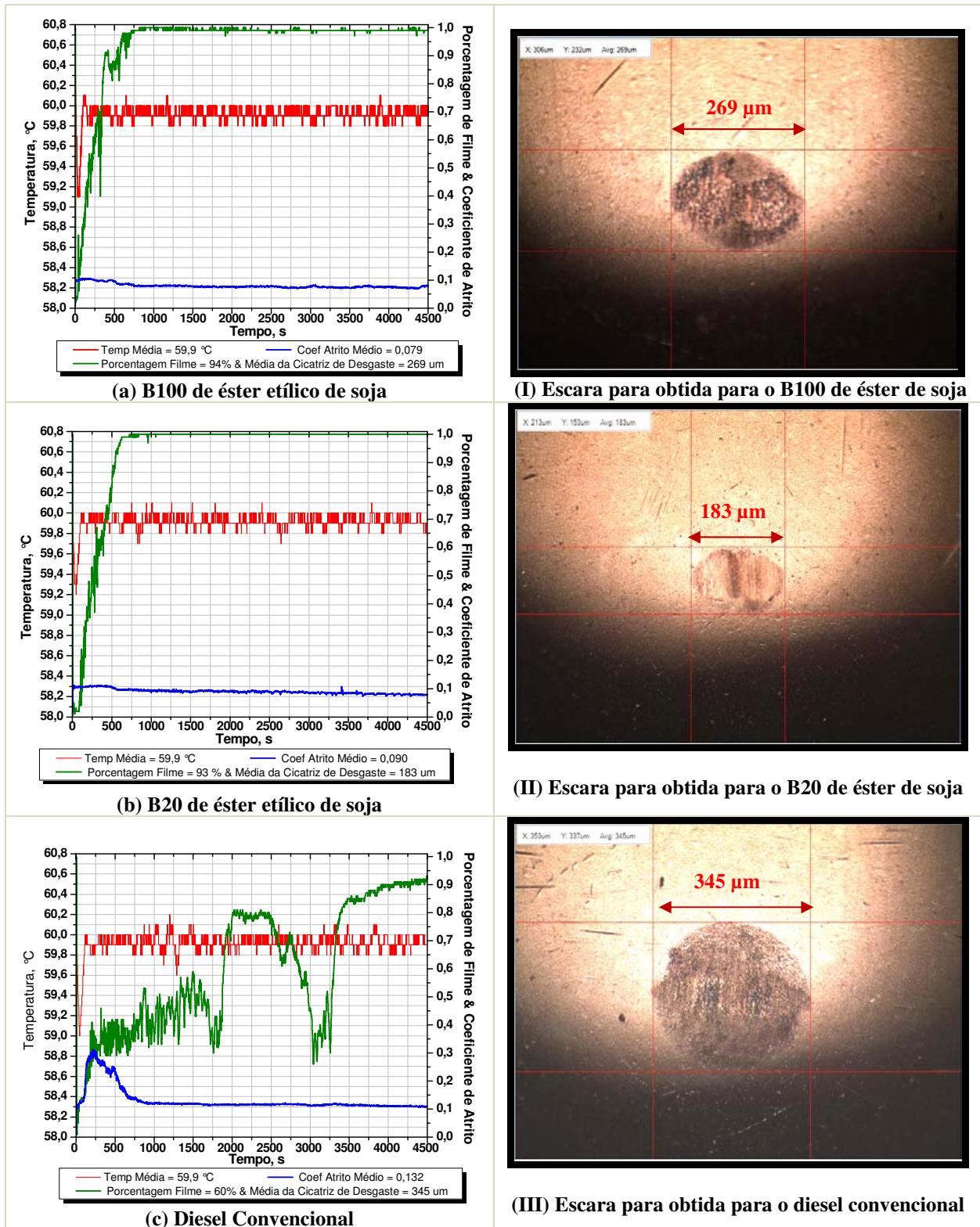


Figura 5. Gráfico do ensaio de lubrificidade HFRR e imagem das escaras de desgaste correspondentes para o B100 (a,I) e B20 (b,II) de éster de soja e diesel convencional (c,III), ampliação: 100 vezes.

Ambos biocombustíveis B100 e B20 mostraram ter uma lubrificidade superior ao diesel convencional. Ao avaliar as curvas de porcentagem de filme interfacial para os fluidos em estudo, nota-se um comportamento similar entre o B100

(Fig. (5a)) e o B20 de soja (Fig. (5b)) com percentuais equivalentes (94 % e 93 %, respectivamente). Entretanto, pela análise das imagens de escara de desgaste (Fig. (5I-III)), a mistura B20 de éster de soja apresentou menor valor. Os resultados completos dos ensaios de lubrificidade HFRR para os fluidos analisados são apresentados pelos gráficos de temperatura na Fig. (6); percentual de filme interfacial Fig. (7) e; coeficiente de atrito, Fig. (8). O resultado do diâmetro médio da escara de desgaste (WSD) é apresentado na Fig. (9).

Na Figura (6) são apresentados os dados de temperatura no ensaio de lubrificidade contendo as sete determinações para os fluidos B100 e B20 de soja e diesel convencional. Observa-se que, para este nível de dados, a dispersão é elevada e ocorre para todos os fluidos analisados contendo valores médios de temperatura de $59,92 \pm 0,1$ °C.

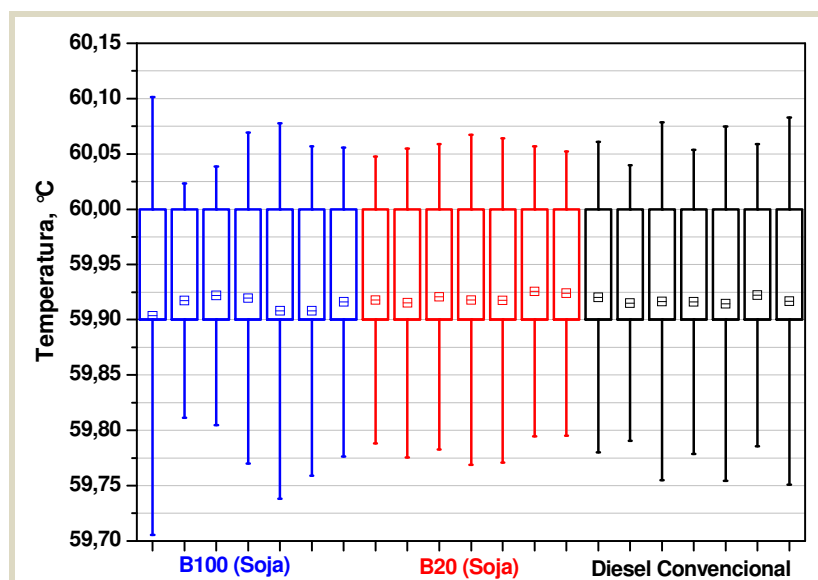


Figura 6. Dados de temperatura do ensaio HFRR para os fluidos combustíveis B100 e B20 de éster de soja e diesel convencional.

De acordo com o gráfico da Fig. (7), a média do percentual do filme de diesel (58 ± 1 %) é menor que os demais biocombustíveis de soja B100 (93 ± 2 %) e B20 (93 ± 1 %). O percentual elevado do B100 e B20 de soja pode indicar alta resistência ao contato direto esfera-disco, sugerindo que o filme hidrodinâmico parcial destes combustíveis é suficientemente elevado.

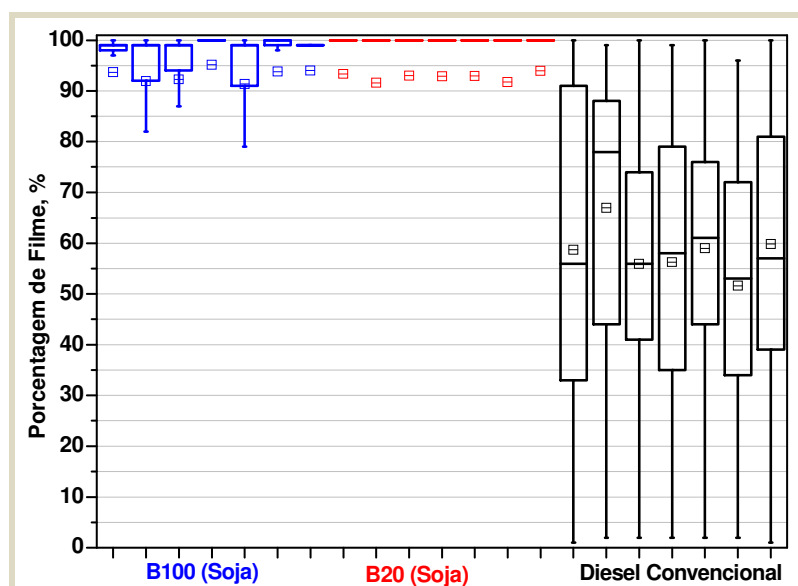


Figura 7. Gráfico do percentual de filme interfacial para o B100 e B20 de soja e diesel convencional.

Na figura (8) é ilustrado o gráfico com as médias do coeficiente de atrito de cada combustível estudado. Os valores médios correspondentes para o diesel ($0,125 \pm 0,005$), B100 ($0,080 \pm 0,001$) e B20 ($0,089 \pm 0,002$) foram calculados a partir da soma de cada valor médio do coeficiente de atrito obtida ao final do ensaio. Pode-se verificar que o diesel obteve maiores coeficientes de atrito que os biocombustíveis B100 e B20 de soja. Uma vez que o percentual de filme do

diesel foi menor (58 %), é possível que a condição de baixo filme hidrodinâmico parcial favoreça um contato esferadisco maior, e consequentemente, o atrito será maior, uma vez que o filme serve como uma barreira entre os corpos-de-prova esfera e disco.

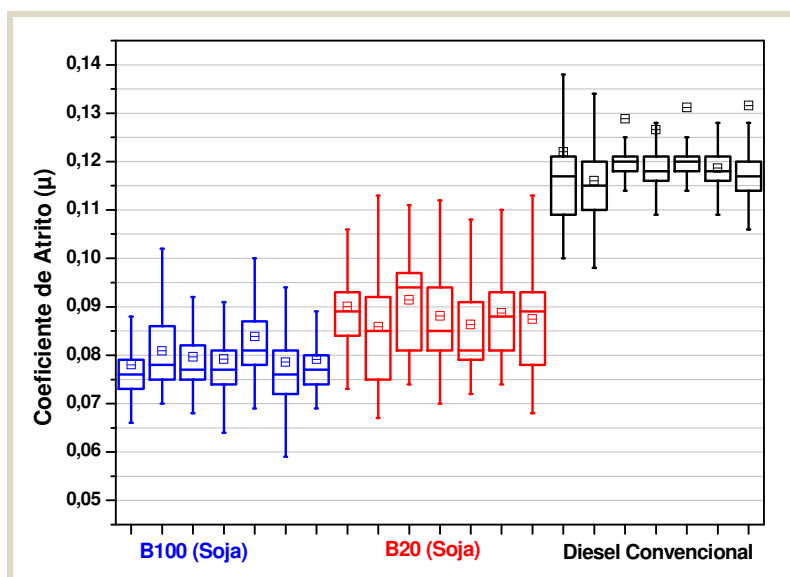


Figura 8. Gráfico do coeficiente de atrito dos combustíveis estudados.

Na figura (9) são apresentadas as médias de diâmetro de escara de desgaste (d_e) para o diesel ($345 \pm 15 \mu\text{m}$), e para os biocombustíveis de soja B100 ($269 \pm 35 \mu\text{m}$) e B20 ($181 \pm 6 \mu\text{m}$). De acordo com as análises dos gráficos anteriores, já era esperado que o diesel obtivesse escara de desgaste superior aos demais fluidos analisados, uma vez que o percentual de filme foi o menor e o seu coeficiente de atrito maior, sugerindo maior tempo de contato esfera-disco, provocando o desgaste dos mesmos.

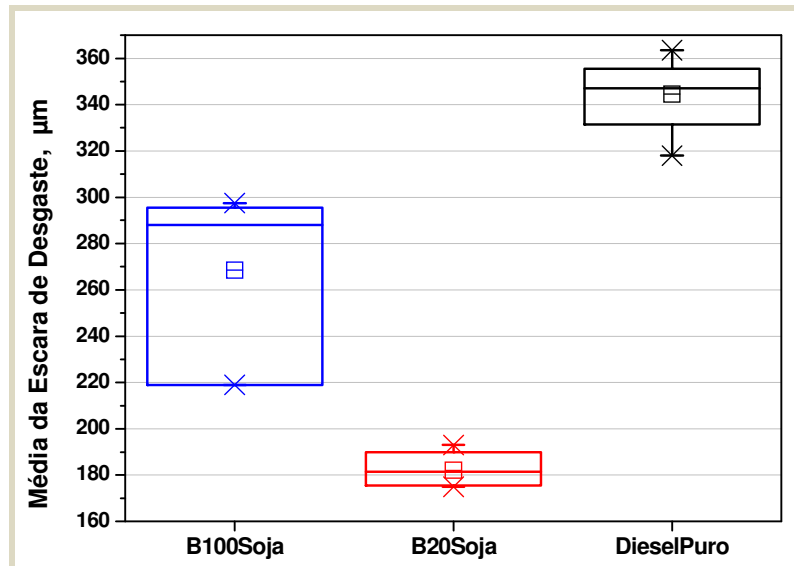


Figura 9. Média da escara de desgaste calculada para o diesel, B100 e B20 de soja.

A escara de desgaste é a parte mais importante e que caracteriza a lubrificidade da amostra de combustível analisada, com isto, observa-se que a mistura diesel-biodiesel e biodiesel de soja obtiveram melhor lubrificidade. Nota-se uma diferença perceptível entre as escaras geradas. A adição de 20 % de soja ao diesel promoveu um melhor resultado de lubrificidade (menor escara). Mesmo com o diâmetro da escara de desgaste superior ao do B20, o B100 apresentou escara de desgaste menor que no diesel convencional. Para corrigir esta desvantagem em relação ao B20, pode ser utilizados corretores de lubrificidade para o biodiesel de soja.

Os valores de diâmetro da escara de desgaste calculados para todos os combustíveis estudados se encontram dentro dos padrões aceitos pela norma ISO 12156-1 ($d_e < 460 \mu\text{m}$). Sabe-se que apenas misturas de até 8 % de biocombustível podem ser adicionadas no motor Diesel, sem a necessidade de efetuar mudanças em sua estrutura, porém, a adição de

percentuais cada vez maiores de biodiesel ao diesel convertem-se em vantagens tanto econômicas (fabricantes de biodiesel), quanto ambientais (redução nos níveis de poluição por gases de escape). Tanto os motores mais antigos quanto os mais modernos podem ter maior aumento de vida útil através do uso de combustíveis renováveis. No entanto, segundo Santos et al. (2007), o diesel mineral apresenta um poder calorífico maior que o biodiesel de soja, evidenciado pela quantidade de combustível necessário ser menor para se atingir a potência desejada. Sendo assim, espera-se que o aperfeiçoamento tanto do ponto de vista químico-físico do biodiesel quanto do ponto de vista estrutural dos motores pode elevar ainda mais os ganhos provenientes do uso do biodiesel como combustível habitual.

4. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados de escara de desgaste, porcentagem do filme do combustível e atrito no contato esfera-disco, o diesel se apresenta com o que oferece menor desempenho de lubrificidade. Apesar do biodiesel de soja B100 obter os melhores resultados com relação ao coeficiente de atrito e porcentagem de filme, a sua escara de desgaste foi em média maior que a do B20. Portanto, a mistura diesel + biodiesel a 20 % de éster etílico de soja possui maior lubrificidade dentre os combustíveis analisados.

Sendo a lubrificidade das misturas diesel + biodiesel maior que para o diesel mineral puro, fica claro que efetuando-se as devidas correções a nível de projeto de motor e das características físico-químicas do biodiesel, mais fácil será para atingir a meta de 20 % ou mesmo de 100 % de biodiesel, desde que a demanda de biodiesel seja suficiente para fornecimento do B20 em todo o país.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao departamento de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM/UFRN) e ao suporte técnico dos responsáveis e técnicos dos laboratórios da UFRN: Grupo de Estudos de Tribologia e Integridade Estrutural e ao professor Eduardo Lins do Núcleo de Processamento Primário de Reuso de Água Produzida- NUPRAR/UFRN.

6. REFERÊNCIAS

- Bosch, Robert, 2005, “Manual de Tecnologia Automotiva”, 25ª edição, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.
- Folquenin, E.K.F., 2008, “Validação das Análises Físico-Químicas Exigidas pela ANP para Misturas Diesel – Biodiesel”, Dissertação. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- Hutchings, I.M., 1992, “Tribology - Friction and Wear of Engineering Materials”. 1ª edição, Ed. Edward Arnold, London, Inglaterra, 273p.
- Joaquim, C.R.O., 2007, “Verificação do comportamento da lubrificidade do óleo diesel veicular com adição de etanol”, Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Maziero, J.V.G.; Corrêa, I.M., Úngaro, M.R., Bernardi, J.A., Storino, M., “Desempenho de um motor diesel com óleo bruto de girassol”, R. Bras. Agrocência, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 249-255, 2007.
- Rutz, D., Janssen, R., 2008, “Biofuel Technology Handbook”.
- Santana, J.S., 2008, “Avaliação Tribológica dos Polímeros NBR, PTFE e PTFE Grafitado em Contato com Aço AISI 52100”, Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Santos, D.C., Peixoto, L.B., Torres, E.A., 2007, “Análise de Emissões e de Consumo Específico de um Motor Diesel Operando com Biodiesel de Soja e de Óleos e Gorduras Residuais”. Salvador: UFB. 4p. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/uso/2.pdf>>. Acesso em 26 de maio de 2010.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

LUBRICITY OF DIESEL FUEL AND SOYBEAN BIODIESEL (B20 AND B100)

Aline Cristina Mendes de Farias, alinecmfarias@ufrnet.br¹
Jaciana Silva de Santana, jaciana_santana@yahoo.com.br¹
Janaina Silva de Santana, santana.js@ufrnet.br¹
Ademir Oliveira da Silva, ademiros@ufrnet.br^{2,3}
Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br^{1,2}
João Telésforo Nóbrega de Medeiros, jtelesforo@yahoo.com^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

²Departamento de Eng. Mecânica – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

³Departamento de Química – UFRN, Av. Sen. Salgado Filho, S/N, Lagoa Nova – Natal/RN

Abstract: Environmental pressures to improve air quality and reduce global warming intensifies goals legally protected with decreasing levels of vehicle emissions and the development of engines / vehicles and fuels should be compatible with such environmental requirements that vary from country to country. The reduction of sulfur to 50 ppm in diesel by 2009 provided the minimization of pollutants in the environment, but also, worse lubrication, resulting in possible increased rate of engine wear and reduced service life of injection system for diesel. With the function of increasing the lubricity of diesel fuel, biodiesel it is added in order to restore the lubricity necessary to meet the proper functioning of the injection system and the Diesel cycle engines. In Brazil, the use of B5 was brought forward from 2013 to 2010. ASTM D-6079 method and the scan diameter are used by the ANP to designate the lubricity of Biodiesel. According five major European manufacturers of equipment for fuel injection diesel and biodiesel, lubricity is an important criterion to ensure a good "running-in" of the diesel engine in the first provision, which requires a fuel with good lubricity characteristics (wear scar diameter, WSD < 400 μm), tolerating, in subsequent supplies, WSD < 460 μm (ISO 12156-1). This work is dedicated to determining and evaluating the lubricity of three oils: B20, B100 (soybean) and conventional diesel, using a sliding probe switched high frequency (High Frequency Reciprocating Test Rig, scan diameter). The results of these tests lubricity of samples B20, B100 and diesel fuel are discussed in terms of lubricity values obtained, the recommended levels and interests worldwide targeted in the optical (i) environmental, (ii) users of diesel, (iii) automotive manufacturers and (iv) of Biodiesel.

Keywords: biodiesel, lubricity, wear, Diesel engine, soybean biodiesel.